

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO



Tesis:

**Exposición a compuestos orgánicos volátiles por gasolineras en áreas urbanas
de Baja California**

que

Presenta:

Marco Antonio García Zarate

Director de tesis: Dra. María Evarista Arellano García

Miembros del comité

Dra. Mariana Villada Canela

Dra. Christine Alysse Von Glascoe

Dra. Oliva Torres Bugarín

Dr. Margarito Quintero Núñez

Ensenada, Baja California, Octubre 2016

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS
FACULTAD DE CIENCIA
FACULTAS DE CIENCIAS MARIANA

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

TESIS

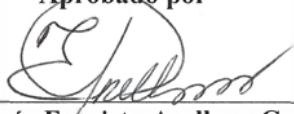
**Exposición a compuestos orgánicos volátiles por gasolineras
en áreas urbanas de Baja California**

Que para obtener el grado de
DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

PRESENTA

MARCO ANTONIO GARCÍA ZARATE

Aprobado por



Dra. María Evarista Arellano García
Director de tesis



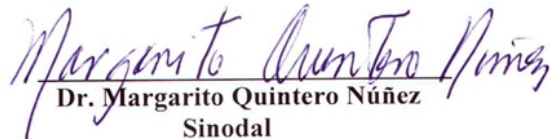
Dra. Mariana Villada Canela
Sinodal



Dra. Christine Alysse Von Glascoe
Sinodal



Dra. Oliva Torres Bugarín
Sinodal



Dr. Margarito Quintero Núñez
Sinodal

DEDICATORIAS

A mi esposa, cómplice y amiga **Ma. de Jesús**, por estar conmigo en todo momento, sólo
tengo que decirte GRACIAS y Te Amo

A mis hijos **Antonio de Jesús y María José**, quien durante estos años, tuvieron paciencia
y entendieron que este logro a pesar de mis ausencias sería de ellos también y **Marco**
Antonio y Doña Tere que donde quiera que estén siempre serán parte importante de este
éxito. Siempre los llevaré en mi corazón,

y a mis dos Familias por su apoyo

Agradecimientos

A la Dra. María Evarista Arellano García, directora de esta Tesis Doctoral, le agradezco su inestimable labor de dirección, su apoyo, consejo y sus orientaciones, pero sobre todo su amistad, cariño y comprensión. Gracias.

A la Dra. Mariana Villada Canelo, Dra. Christine Alysse Von Glascoe, Dr. Margarito Quintero Núñez y Dra. Olivia Torres Bugarín, por las sesiones de discusión, los consejos y críticas, pero sobre todo por el apoyo y su pronta disposición, siempre y en cualquier momento, a ayudarme.

También quisiera hacer patente mi agradecimiento a Dr. Ricardo Eaton González, MC Patricia Aceves Calderón, Dra. Ileana Espejel Carbajal, Dra. Concepción Arredondo García y Dr. Luis Walter Daesslé Heuser por las valiosas aportaciones que me hicieron para mejorar la presente investigación y por su amistad.

A todos mis compañeros en especial a Dra. Natalia Rodríguez Revelo, MC Jacobo Santander Monsalvo, MC Miguel Antonio Flores Galván, MC Idalia Yazmin Castañeda Yslas, Dr. Oscar A. Jiménez Orocio y MC Danaé Galván que me han escuchado y animado en los momentos más difíciles, y a todos y todas las que han sufrido los largos meses que ha durado este trabajo, los cambios de humor, las discusiones sin sentido, y las vacaciones sin salir... por todo ello, gracias

A mi hermana Sandra Luz por su cariño, paciencia, comprensión y apoyo desde siempre, inculcándome que todo lo que sueño es posible realizarlo.

A CICESE de manera especial a Dr. Anatoli Khomenko, quienes constantemente me brindo todo su apoyo y amistad

A CONACYT por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Doctorado

RESUMEN

La exposición a compuestos orgánicos volátiles, como el benceno, tolueno y xileno (BTEX), tienen diversos efectos sobre la salud en hombres, mujeres y niños que pueden ser ligeras molestias tales como cefaleas, mareos y náuseas, padecimientos psiconeurológicos severos hasta procesos de mutagénesis, o carcinogénesis, debido a la capacidad que tienen estos compuestos de interactuar con los ácidos nucleicos. Se muestran evidencias de la asociación entre el aumento de riesgos para la salud en la población por la presencia de estaciones de servicio (ES) en las zonas urbanas del estado de Baja California. Este estudio constituye una primera aproximación en la evaluación de la problemática que representa las emisiones de las ES, específicamente de BTEX. La investigación mide y analiza algunos de los efectos en salud por la exposición prolongada a solventes orgánicos en población ambientalmente expuesta a estas sustancias, en función de varias unidades de análisis: el volumen de ventas, la densidad poblacional, la distancia a las gasolineras y la densidad de éstas en la mancha urbana. Se propone una metodología relativamente sencilla y de bajo costo utilizando para ello técnicas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten realizar análisis espaciales de las emisiones a la atmósfera de benceno para establecer las zonas de vulnerabilidad urbana a riesgos para la salud. Se encontró que cuando los niños acuden a la escuela que se localizan en las zonas urbanas de alta vulnerabilidad, en comparación con los niños fuera de la zona de amortiguamiento, tienen mayor riesgo genotóxico y citotóxico como lo evidencia el ensayo de micronúcleos en mucosa bucal, que es un biomarcador para medir el daño en el ADN. Otros efectos sobre la salud que se identificaron son los trastornos neuroconductuales o neurocomportamentales asociados a la exposición a solventes orgánicos, específicamente a los BTEX y/o sus mezclas utilizando el Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) en población adulta, lo que reflejó una diferencia significativa en dichas alteraciones en la población expuesta. En lo que respecta a la normatividad mexicana, al analizar los distintos instrumentos a nivel, nacional y local en comparación con regulaciones internacionales, que en México estas regulaciones no son del todo claras, ni siquiera con relación a la distancia para la protección de los habitantes. Ante todas estas evidencias, se requiere profundizar en estrategias que permitan en el desarrollo de políticas públicas para el control de compuestos orgánicos volátiles, que permitan mitigar los impactos de las emisiones de las estaciones de servicio a nivel ambiental, social pero sobre todo para el cuidado de la salud presente y futura de las personas en las zonas urbanas.

Palabras: Alteraciones, Neuroconductual, Solventes Orgánicos, Neurotóxico, Riesgo tecnológico, exposición a riesgos, cartografía de riesgos, SIG.

Índice de Contenido

CAPITULO I.....	6
Estructura de la tesis	6
1.1 Introducción	7
1.2 Objetivo General:.....	12
1.3 Objetivos Específicos:	12
1.4 Justificación	13
1.5 Marco Conceptual.....	14
CAPITULO II	15
2.1 Medio Ambiente y Riesgo Ambiental.....	15
CAPITULO III.....	18
Aspectos Metodológicos.....	18
3.1 Base de Datos	18
3.2 Instrumento:	19
3.3 Sistema de Información Geográfico (SIG).....	20
3.4 Técnica de Micronúcleos.....	20
CAPITULO IV	22
4.1 Análisis de las emisiones de contaminantes en las zonas urbanas por las gasolineras desde la perspectiva de las políticas públicas.	22
4.2 Artículo publicado: Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México.	35
4.3 Capítulo de libro: Emisiones de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México	45
4.4 Participación en evento: Exposición a BTEX en población escolar por proximidad geográfica con gasolineras.....	63
4.5 Artículo publicado: Risk scenarios, based on the IFLH of benzene, in the population near gas station of three cities in Baja California, Mexico.	70
4.6 Manuscrito sometido: Intra-urban mobility in the estimations of risk scenarios by BTEX emissions	78
4.7 Manuscrito sometido: Análisis de elementos necesarios de una normativa específica para reducir riesgos para la salud por emisiones de gasolinas.....	96

4.8 Manuscrito en proceso a ser sometido: Biomonitorización citogenética de niños de primaria expuestos a BTEX por gasolina por análisis de micronúcleos de las células epiteliales bucales en Ensenada, B.C. México.....	135
Capitulo V	159
Discusión general y conclusiones	159
Recomendaciones	164
Bibliografía:	166
Anexos.....	175

CAPITULO I

Estructura de la tesis

El documento que se presenta contiene cinco capítulos. El primero esboza una introducción en la que se plantea una descripción del objeto del estudio, su propósito, así como el objetivo general y los específicos; también se agrega la justificación del tema y los supuestos de los que fue necesario partir. En el segundo se presenta la delimitación del concepto de Medio Ambiente y Riesgo Ambiental, que se toma como punto de partida de este trabajo. El capítulo tres trata de las estrategias metodológicas a las que fue necesario apelar para lograr los objetivos, donde se describe el tipo de investigación, el proceso de conformación de la base de datos, el desarrollo del instrumento de síntomas psiconeurológicos, la metodología para sistematizar la información en un sistema de información geográfica y finalmente la técnica para determinar riesgo genotóxico y citotóxico a partir de células de mucosa bucal.

El cuarto capítulo contiene los resultados de la presente investigación. El primer subcapítulo es un artículo que fue enviado a la revista Frontera Norte bajo el título “Análisis de las emisiones de contaminantes en las zonas urbanas por las gasolineras desde la perspectiva de las políticas públicas”, el estado del arte de las emisiones de las gasolineras en la legislación mexicana. El segundo producto es un artículo publicado en la revista Salud Ambiental que se denominó: “Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México”. Otro producto fue un capítulo de libro publicado con el nombre de “Emisión de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México” en ECORFAN Ciencias Naturales y Exactas, ISBN-CL 978-607-8324-17-0. Luego se presenta una participación en el 2º Congreso Nacional AMICA 2015, la cual tuvo el mérito suficiente para quedar publicada en memorias en extenso bajo el ISSN: 2448-6434, que se tituló “Exposición a BTEX en población escolar por proximidad geográfica con

gasolineras”. El siguiente fue un artículo publicado en idioma inglés en el Journal of Earth and Environmental Sciences, que lleva por título “Risk scenarios, based on the IDLH of benzene, in the population near gas stations of three cities in Baja California, México”, donde se detalla cómo se calculó el factor para la gasolina con ISSN: ISSN 2315-778X. El sexto producto es un artículo enviado a la revista Global Journal of Environmental Science and Management que lleva por nombre “Intra-urban mobility in the estimation of risk scenarios by BTEX emissions”, el cual se encuentra actualmente en revisión por pares, después de haber sido aceptado por el editor. Un producto más que se encuentra en proceso de corrección es el artículo “Biomonitorización citogenética de niños de primaria expuestos a BTEX por gasolinera por análisis de micronúcleos de las células epiteliales bucales de Ensenada B.C.”, que será enviado a la revista Environmental Health Perspectives. El octavo y último producto, que se encuentra también en revisión en la Revista Legislativa es “Análisis de elementos necesarios de una normativa específica para reducir riesgos para la salud por emisiones de gasolineras”.

En el capítulo cinco se presenta una conclusión general de todo el trabajo desarrollado para finalmente delinear las recomendaciones pertinentes, así como esbozar algunas perspectivas a futuro.

1.1 Introducción

El desarrollo de las ciudades, el crecimiento demográfico, la mejora de la calidad de vida de los seres humanos, entre otras razones, implican la intensificación de los procesos industriales y actividades comerciales para satisfacer la demanda de bienes y servicios, y como consecuencia la producción de emisiones al ambiente son mayores. Existe preocupación general por preservar y cuidar el ambiente que se ve reflejada en un sinnúmero de medidas de saneamiento ambiental ya sea físicos, químicos y/o biológicos, sin embargo, la contaminación del medio ambiente continua aumentando. En el presente trabajo se analiza el impacto que producen las estaciones de servicio que suministran gasolina a los vehículos tanto de servicio privado como público, como fuentes de contaminación del medio ambiente y cómo estas emisiones repercuten en la salud de las personas que trabajan como

despachadores de gasolina y en la población ambientalmente expuestas a este tipo de emisiones por residir en las cercanías de las gasolineras.

Dentro del estado de Baja California, la comercialización de los derivados de petróleo se realiza a través de estaciones de servicio(ES), que está concesionada por Petróleos Mexicanos (PEMEX), a los comercios conocidos en general como gasolineras. Junto a los beneficios que conlleva la distribución de la gasolina al consumidor final, paralelamente también se tienen efectos negativos en las zonas urbanas (Bosque, 2006), debido a las fugas de compuestos orgánicos volátiles que se desprenden a la atmósfera, entre los que se encuentran el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, que tienen sus riesgos e impactos en general y en las zonas urbanas de Baja California en particular (Calvo, 1997 y 2001).

Durante el proceso de carga de gasolina a los automóviles, los automovilistas, trabajadores y vecinos están sometidos a riesgos por la absorción de benceno, principalmente por vía respiratoria y subcutánea, porque al abrir el tapón, inmediatamente emanan vapores de gasolina y en la medida que el combustible llena el depósito, se libera una cantidad significativa de estos vapores, lo que representa grave amenaza para la salud, especialmente para las personas sensibles, que son aquellas que tienen mayor vulnerabilidad como los niños, las mujeres embarazadas y las personas inmunodeprimidas (Luovsky, 2002, Landrigan, 2002; WHO; Alves, 2007; Suh,2000, Bowen, 2006; Saarela,2003).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que en la actualidad se usan cada año, aproximadamente siete millones de sustancias químicas que tienen efectos adversos en la salud y esta cifra continúa aumentando (Olmos, 2011; Meyer, 1999; Prüss-Ustün, 2011; O'Donoghue, 1985). CITA. De éstas, alrededor de setenta mil sustancias son utilizadas comúnmente en los diversos procesos productivos, como lo es formación de productos y formulaciones industriales, de manera individual o combinadas, de las cuales sólo cuatro mil han sido investigadas apropiadamente desde el punto de vista toxicológico, determinándose que aproximadamente dos mil de ellas, se sospecha son carcinogénicas y sesenta han sido confirmadas como carcinógenas en humanos (IARC, 1983; EPA, 2002; Costa, 2006; Seidler , 2007; Díaz Padrón, 1999; Braatveit, 2007; Holz, 1995). Sin embargo,

todas ellas fueron introducidas sin medir el impacto que estas acarrearían al medio ambiente y a la salud.

La gasolina es una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles, constituida de 236 compuestos diferentes. Uno de los componentes de la gasolina más estudiado y peligroso es el benceno, que es un hidrocarburo aromático utilizado como aditivo en las gasolinas. El benceno es considerado por la EPA (Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos) y la IARC (International Agency for Research on Cancer) como un agente carcinógeno del grupo 1, lo cual significa que existe suficiente evidencia científica para probar una relación positiva entre la exposición a éste tóxico y el desarrollo de cáncer en el hombre y algunos animales (Harper, 1993). Existen numerosas referencias a la toxicidad de los combustibles en varios estudios. Uno de los principales factores determinantes para considerar efectos en la salud, es el tamaño de las partículas (PM), debido al grado de penetración y permanencia que ellas tengan en el sistema respiratorio. La mayoría de las partículas cuyo diámetro es mayor a cinco micrones (5 μm) se depositan en las vías aéreas superiores, en la tráquea y los bronquios (Dockery, 1993; Tsai, 2012; Berhane, 2016; Pope, 2002).

Aquellas cuyo diámetro es inferior a 1 micra contienen un gran número de sustancias químicas genotóxicas y/o mutagénicas, que pueden causar daño en el ADN y promover la formación de tumores malignos. En el caso específico del benceno, las regulaciones establecidas por la Occupational Safety & Health Administration (OSHA), limitan la exposición laboral a un máximo de una parte por millón de partes de aire (ppm) de benceno, como promedio durante una jornada laboral de ocho horas; por otra parte, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 2012), en múltiples estudios en muchos países durante más de tres décadas han evidencia que el benceno, producen múltiples efectos genotóxicos en el nivel de la célula madre hematopoyética resultando en cambios cromosómicos en los seres humanos, causando leucemia linfocítica aguda, leucemia linfocítica crónica, mieloma múltiple y linfoma no Hodgkin (IARC, 1987; ATSDR, 2007; Ruchirawat, 2007; WHO, 2010; Tunsaringkarn, 2013; Pelallo, 2010)

Los estudios ocupacionales de los trabajadores expuestos a altos niveles de benceno han demostrado que el benceno causa leucemia, comúnmente conocido como cáncer de la médula ósea. Los estudios epidemiológicos demuestran un incremento de la leucemia basada en la intensidad por exposición al benceno como Atkinson y col. (2001), quienes indican en el informe técnico del Instituto Australiano de Petróleo, que los trabajadores con una exposición de alta intensidad entre 3.49 a 4.8 ppm, tenían un riesgo 26 veces mayor de tener leucemia; las observaciones de éste estudio indican que la exposición intensa o aguda al benceno conlleva el mismo riesgo de exposición al benceno por acumulación y se basa en el estudio del riesgo por exposición acumulativa o crónica al benceno.

La toxicidad de los disolventes orgánicos y de los aromáticos en particular (benceno, tolueno, xileno) es ampliamente reconocida en la literatura desde hace varias décadas (Hogstedt y Lundberg 1992). Los hidrocarburos aromáticos afectan a los sistemas linfático, hematopoyético, hepático, renal y nervioso, además de causar efectos irritantes inmediatos sobre la piel y las mucosas (Chen, 2001, Scheutz, 2004). Se ha evidenciado que numerosas sustancias de uso industrial poseen efectos neurotóxicos con la aparición de síntomas tanto leves como severos, que pueden conducir hasta la muerte en algunos casos. Estas sustancias son capaces de afectar los neurotransmisores, las enzimas que provocan la síntesis o degradación de compuestos vitales, las membranas celulares, los procesos neurosecretores, así como también, atrofia cerebral con lesiones en el lóbulo temporal y el sistema límbico. La exposición prolongada a sustancias neurotóxicas ocasiona depresión del sistema nervioso central (SNC), produciendo daño cortical y/o subcortical, que se puede manifestar como un cuadro de demencia (Uribe, 2000).

Se ha determinado que la afectación en el SNC por exposición a COVS, ocasiona cambios significativos en cuanto a la conducta. En lo que se refiere al área cognoscitiva hay alteración en las habilidades de atención, concentración, memoria reciente, reducción del nivel de alerta, alteración de la capacidad de integración de la percepción y habilidades verbales; en cuanto al área neurológica se ven afectadas las habilidades sensitivas y motoras. También en lo que respecta al área afectiva y conductual se presentan síntomas como irritabilidad, apatía, depresión, e insomnio. Estos cambios en la funcionalidad del SNC, se

asemejan a los que son típicos de la tercera edad, aunque son producto de la etapa crónica de la intoxicación y pueden ocurrir independientemente del grupo etario. Estos síntomas pueden presentarse de manera muy sutil, hasta el punto de pasar desapercibidas por el trabajador o en el examen médico habitual (Maizlish, 1993; Mayor, 1993; Bellinger 2012). Son conocidas las diferencias biológicas entre hombres y mujeres al ponderar su esperanza de vida, pero en la investigación en neurotoxicología ambiental y ocupacional a menudo ignora la variable sexo como una característica que requiere atención, como puede ser la mayor proporción de tejido adiposo en mujeres con respecto a los hombres y la capacidad lipofílica de los solventes orgánicos presentes en la gasolina (Horowitz, 2001; Sikkema, 1993, Sikkema, 1992).

E Estudios epidemiológicos previos, hechos en México (Castillejos, 1992), han analizado los efectos de la contaminación del aire, y han encontrado asociaciones entre los efectos agudos de enfermedad respiratoria en la población general y la exposición a contaminantes atmosféricos. La comisaria europea de Medio Ambiente (Belgica), Margot Wallström, sostiene que en comparación con hace tan sólo 30 años, el número de niños que padecen asma y otras tantas alergias ha aumentado espectacularmente (Oller, 2004).

Una aplicación de esta investigación es vislumbrar las directrices a seguir para implementar un programa de vigilancia y de diagnóstico cuya finalidad sea generar estrategias oportunas encaminadas al mantenimiento de adecuadas condiciones de salud para los trabajadores en las estaciones de servicio. Asimismo, tales directrices deben considerar al menos el entorno de 150m con relación a la periferia que rodea a las gasolineras, donde los niveles de contaminación por BTEX (benceno, tolueno y xileno) son más elevados ya que por ser agentes de carácter lipofílico son nocivas para el ser humano (Morales, 2010).

La mayor parte de estos compuestos se generan en los procesos de carga y descarga de gasolina (Radian Internacional, 1996). En los últimos años, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas estadísticas asociadas, se han expandido al campo del análisis de la exposición y de la epidemiología (Bayliss, 1997). Esto ha permitido el desarrollo de varios tipos de modelos que, a partir de los datos de las estaciones fijas o de

mediciones propias, consiguen caracterizar la variabilidad espacial de la contaminación atmosférica a diferentes niveles geográficos, incluido el intraurbano (Jerrett, 2005).

1.2 Objetivo General:

Evaluar efectos psiconeurológicos (PNF), citotóxicos y genotóxicos por la exposición prolongada a solventes orgánicos en población ambientalmente expuesta a estas sustancias por presencia de estaciones de servicio en zonas urbanas de Baja California.

1.3 Objetivos Específicos:

1. Identificar los sitios de mayor exposición a COV por estaciones de servicio en las zonas urbanas de Ensenada, Tijuana, Tecate, Rosarito y Mexicali en Baja California con base en un sistema de información geográfica (SIG), para explorar escenarios de riesgo urbano.
2. Correlacionar los trastornos neuroconductuales o neurocomportamentales asociados a la exposición crónica ambiental y ocupacional a solventes orgánicos, específicamente a los BTEX y sus mezclas en personas adultas en las zonas urbanas de Ensenada.
3. Evaluar en niños escolares el riesgo genotóxico y citotóxico por emisiones de BTEX por proximidad de ES con los centros educativos.
4. Analizar las emisiones de contaminantes en las zonas urbanas de Baja California por las gasolineras desde la perspectiva de las políticas públicas
5. Proponer los elementos necesarios de una normativa específica para reducir riesgos para la salud por emisiones de gasolinas

1.4 Justificación

Debido a la compleja naturaleza de la contaminación del aire, es necesario identificar las fuentes de emisión, así como del desarrollo de métodos para reducir el impacto sobre la salud ocasionado por la exposición a los contaminantes (Radian International, 1996).

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) provienen en su mayoría de los procesos de combustión en vehículos e industrias y de las denominadas emisiones fugitivas de los depósitos de combustible de los vehículos (CORPAIRE, 2005). En las gasolineras se generan emisiones fugitivas de COVs que contribuyen directamente a la contaminación atmosférica y que pueden representar un riesgo para la salud de los trabajadores y de los pobladores próximos.

Estas gasolineras son sitios puntuales de alta contaminación tóxica, debido a que en ellos se manipulan combustibles (gasolina y diésel), los cuales contienen otros componentes o impurezas como plomo, benceno, tolueno y xileno (BTX). Estas últimas sustancias forman el motivo del presente estudio por ser muy tóxicas para la salud humana (Gisbert, 1998, Weisel, 1996).

Se han encontrado varias investigaciones específicamente sobre afecciones como daños crónicos en riñón, disminución de las capacidades motoras y degradación de la capacidad de restauración del ADN, en personas expuestas a las emanaciones de las estaciones de servicio (Pranjic et al, 2003).

En México, generalmente no se brinda protección a los trabajadores que laboran en las estaciones de servicio, y los ambientes de trabajo no tienen sistemas que permitan extraer los vapores tóxicos que se liberan en ellos. Además, muchos de estos locales tienen una infraestructura inadecuada. También, no se han encontrado estudios publicados enfocados en el análisis de la exposición ocupacional de trabajadores a BTX durante el dispensado de combustibles. Sin embargo, ésta es una condición que requiere atención para poder prevenir

efectos adversos a corto, mediano o largo plazo y al mismo tiempo disminuir los costos derivados de los cuidados médicos asociados a estos efectos en los trabajadores.

1.5 Marco Conceptual

Esta investigación se enfoca en el riesgo para la salud humana por exposición a vapores de gasolina. Se compone de la estimación del impacto potencial de peligros químicos, físicos, biológicos o psicosociales sobre una población humana específica bajo un conjunto de condiciones ambientales, como de la valoración, implementación y seguimiento de procedimientos, métodos y estrategias que favorezcan la aplicación de instrumentos de la política ambiental que busquen reducir o mitigar las afectaciones sobre la salud de una población, que pueden estar vinculadas al daño genotóxico.

CAPITULO II

2.1 Medio Ambiente y Riesgo Ambiental

La administración ambiental, las industrias, y el público en general, incrementan su interés en los impactos que sus actividades pueden llegar a tener en sus zonas de influencia. Esta situación contribuye al que las normativas cada vez son más sensibles a los aspectos relacionados con el destino de las sustancias que son emitidas por los procesos productivos (Erickson, 1999).

Antes de tratar la contaminación del aire como problema ambiental urbano, es necesario considerar brevemente el contexto físico en el que se desenvuelve el ecosistema planetario. La tierra como ecosistema, está "formado por un grupo de poblaciones diversas e interactuantes que viven dentro de ciertos límites regionales", en donde cualquier cambio generado en uno de sus componentes tiene consecuencias para todos los seres vivos (Fried, 1991).

Según los resultados de investigaciones psicológicas, Nisbett (2001) considera evidente que las diferencias sociales y culturales entre grupos humanos no sólo corresponden a sus creencias sobre diferentes aspectos del mundo, sino también a su sistema metafísico, su epistemología y, en un nivel más profundo, los procesos cognitivos y la forma según la cual los miembros pertenecientes a esos grupos abordan el conocimiento del mundo.

Las percepciones del medio ambiente, han sido abordadas desde el ámbito psicológico, antropológico y social, y el objetivo de éste es permitir conocer cuál es el grado de conocimiento e información de la población en temas ambientales, el cual que puede ser explicado a través de un proceso cognoscitivo por el cual captamos la realidad; esto implica reconocer al ambiente físico inmediato a través de los sentidos, conocimiento y de las creencias que el sujeto tiene acerca de su entorno.

Se podrían diferenciar tres procesos: el primero de captación, que comprende el contacto con el medio y la detección, el segundo de selección que discrimina, reconoce e identifica lo captado y el tercero de organización, donde se forma un juicio sobre el fenómeno y se decide respecto a la intención de modificar ese juicio (Seoánez, 1997; Aragonés, 1991). En consecuencia, la percepción se refiere a un momento específico y una situación determinada y está directamente relacionada con la práctica de cada individuo.

El término de Medio Ambiente siempre aparece asociado como un conjunto en el que unas partes actúan sobre otras y del que interesa considerar el comportamiento global, que no suma de las partes, ya que, de las interacciones entre las mismas, surgen las propiedades emergentes que están ausentes en el estudio de las partes por separado (Pascual, 2007).

La percepción del riesgo involucra las creencias, las actitudes, los juicios y los sentimientos, además de un amplio rango de valores sociales y culturales y las disposiciones que la gente adopta, hacia los peligros y sus beneficios (Pidgeon, 1992), en el sentido en que la percepción del riesgo se convierte en el centro de los desacuerdos entre técnicos-expertos y de la sociedad en general. Los conceptos de riesgo tienen un elemento en común entre éstos, la distinción entre acciones posibles y acciones que se pueden elegir, cada una de las cuales está llena de consecuencias positivas o negativas. En este sentido, el riesgo contiene tres elementos fundamentales: los resultados que tienen un impacto sobre lo que la gente valora, la posibilidad de ocurrencia, y la interacción de ambos elementos (Renn, 2008).

Es posible reconocer el concepto que todo mundo tiene, en primera instancia sobre estos términos. Por ejemplo, riesgo y peligro se usan en el lenguaje cotidiano como sinónimos, teniendo como fondo implícito la necesidad de seguridad. El amplio uso del término riesgo en su actual ámbito científico-técnico es relativamente reciente, pero el riesgo como palabra ha sido usado por siglos y su significado ha cambiado a lo largo del tiempo. Para comprender, se debe entender el concepto de riesgo como lo define Beck Ulrich (2002), es el enfoque moderno de la previsión y control de las consecuencias futuras de la acción humana", en consecuencia, hemos transformado el concepto absoluto "peligro" en un

concepto relativo de "riesgo", que incluye la probabilidad de que se materialice el peligro y el control de éste”.

El análisis de riesgo enfocado a las posibles fuentes de peligro, estará orientado a una posible situación socio-industrial en la que una gran parte de la población es expuesta a posibles impactos industriales (USEPA 2001), instancia cuya gestión y prevención le compete al estado. A partir de esta noción, el análisis de riesgo se divide en evaluación de riesgo y manejo de riesgo. La evaluación de riesgo es el uso de los datos y observaciones científicas para definir los efectos a la salud causados por la exposición a materiales o situaciones peligrosas (NAS 1983). Estos peligros se constituyen en riesgos de daños, una vez identificados aquellos receptores que nos interesa proteger, por lo que la aproximación por criterio de riesgo ambiental es una herramienta que permite evaluar los posibles riesgos tanto para la salud humana como para los recursos ambientales.

CAPITULO III

Aspectos Metodológicos

El diseño de esta investigación se ubica dentro del campo de la epidemiología ambiental (Priestly, 2015). Corresponde a la modalidad de un estudio de cohorte transversal, basado en una investigación descriptiva de campo, que tiene como objetivo central, lograr la descripción o caracterización de los problemas de salud de una población dentro de un contexto particular, a partir de los elementos disponibles dentro del mismo, sin modificar dicho contexto. El estudio abarca la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o proceso de los fenómenos, buscando especificar las propiedades importantes de personas, comunidades o grupos sometido a análisis. Los estudios transversales se utilizan fundamentalmente para conocer la prevalencia de una enfermedad o de un factor de riesgo. Esta información es de gran utilidad para valorar el estado de salud de una comunidad y determinar sus necesidades.

3.1 Base de Datos

La elaboración de la base de datos consistió en suministrar toda la información recabada a un sistema de información geográfico (SIG) con apoyo del software QGIS 2.14.0, con base a los reportes proporcionados por PEMEX de las ventas anual para los años 2010, 2011 y 2012 en el estado de Baja California por cada estación de servicio y los datos de las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) recuperadas del sitio del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2010).

Se consideraron un total de 509 franquicias de PEMEX, distribuidas en la zona urbana del Estado de Baja California para los municipios de Ensenada, Playas de Rosarito, Tijuana, Tecate y Mexicali, con lo que se generó una base de datos con las correspondientes

características geográficas y ambientales de cada gasolinera. Éstas se ubicaron geográficamente para construir los planos base, permitiendo desarrollar mapas de ubicación de la zona de estudio señalando la cantidad de hospitales, gasolineras, centros de estudio de los niveles preescolar, primaria, secundaria y preparatoria, así como los templos, comercios e industrias que en su mayoría son maquiladoras.

Al generar el mapa de densidad de población, necesario para la estimación de la exposición de la población se superpuso al de concentraciones. Para evaluar el riesgo de exposición se combina la información sobre la distribución de población con los datos de concentración de la emisión a la atmosfera del COVS (Beckx C, 2009a; Cheng W, 2004; Landulfo E., 2007). De los valores obtenidos se tomó como indicador las emisiones de benceno ya que dentro de los BTEX es el que tiene una mayor toxicidad. El valor obtenido se divide sobre 365 días, para determinar la emisión por día de COVS. Al no considerar la tasa de degradación en la atmosfera ni la dirección de la pluma, el resultado de la emisión se multiplicó por la constante del factor de emisión (FE)

3.2 Instrumento:

Se empleó el instrumento: Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) para evaluar los efectos neurotóxicos de las sustancias químicas e identificar tanto síntomas neurológicos, como manifestaciones en las esferas cognitivas y afectivas, siendo un método fácil, práctico, rápido, económico y de gran validez. Asimismo, se empleó un cuestionario de síntomas subjetivos de toxicidad (Hanninne y Lindstrom 1987), con un enfoque orientado básicamente hacia alteraciones de la esfera afectiva.

Los resultados se analizaron mediante tablas simples y gráficos de barras, seguido por el análisis e interpretación a cada una de las respuestas contenidas en el cuestionario dirigido a los empleados de las estaciones de servicio y también a la cédula de entrevista dirigida a los propietarios y/o administradores, como a las vecinos en un radio de influencia de 300 m de la fuente puntual (Estación de Servicio).

3.3 Sistema de Información Geográfico (SIG).

Los mapeos de investigación de la salud son de utilidad para comprender la relación funcional entre la salud y sus características espaciales intrínsecos tales como la ubicación, el tipo de vivienda, ubicación a la fuente de contaminación y de modelos socio-económicos (referencias). Por otra parte, este tipo de mapeo nos permite predecir las zonas vulnerables con problemas a la salud y de este modo proponer estrategias para su prevención o remediación. La geografía médica y la cartografía espacial son básicas para la descripción y análisis de las condiciones de salud de la población; con el uso de estas herramientas nos permite hacer un trazado de las enfermedades transmisibles por vectores, enfermedades infecciosas y enfermedades asociadas por la contaminación ambiental, así como de la descripción de patrones espaciales de mortalidad y morbilidad.

El uso de métodos de SIG para examinar el impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública, así como para estudios epidemiológicos y de vectores de enfermedades, tiene alrededor de dos décadas que son utilizados como herramienta que permite determinar indicadores confiables. En el análisis de estudios recientes revelan que el énfasis ha sido sobre todo en modelos de dispersión, llamados modelos de segunda generación ADMS-Urban, que son herramientas de modelado de alta resolución para abordar los problemas de contaminación del aire en las grandes áreas urbanas, ciudades y zonas rurales, hoy en día se utilizan técnicas de interpolación, tales como IDW (ponderación por distancia), Kriging (variable regionalizada).

3.4 Técnica de Micronúcleos

El ensayo del micronúcleos permite la determinación de la actividad genotóxica en diferentes sustancias detectando retraso, roturas cromosómicas, pérdida cromosómica y apoptosis. Permite evaluar el daño a nivel genético y es considerado un biomarcador de efecto. Actualmente se está empleando en la evaluación de las consecuencias genotóxicas de las exposiciones ambientales y laborales a mutágenos (Vaglenov y col., 2001).

Los primeros en adaptar el ensayo de micronúcleos a células humanas exfoliadas, fueron Stich y col. (1982) y Stich y Rosin (1983) y comunicaron que la exposición a carcinógenos aumenta la frecuencia de micronúcleos antes que los síntomas clínicos se hagan evidentes. Los micronúcleos se pueden originar de manera espontánea o como respuesta a la acción de determinados sustancias en el medio ambiente, resultando de la pérdida durante la división celular de fragmentos cromosómicos y/o cromosomas enteros (Fenech y Morley, 1985).

Para la evaluación de la genotoxicidad y citotoxicidad en células epiteliales exfoliadas, se tomó la muestra de mucosa oral mediante un suave raspado del interior de la mejilla durante 30 segundos, realizando extendidos sobre portaobjetos previamente higienizados y rotulados (Tolbert, 1992). Una vez en el laboratorio, los portaobjetos con muestras de epitelio bucal se sumergieron en etanol al 80 % en cubas de tinción durante 48 horas, después que las células se fijaron al portaobjetos, se tiñeron en orceína por dos horas y se lavaron. Se contra tiñeron con verde rápido durante 10 minutos, se lavaron en agua corriente y se dejaron secar al aire para posteriormente leerse al microscopio (Carl Zeiss) siguiendo los criterios descritos por Diler y Ergene (2010) y Bolognessi (2013).

Por lo mismo, el conteo de los micronúcleos puede ser automatizado con mayor facilidad que el análisis cromosómico en teoría, cualquier tejido en proliferación puede dar origen a micronúcleos, que es la condición fisiológica de los tejidos epiteliales, que se encuentran en permanente regeneración. Por estas razones el ensayo ha sido ampliamente utilizado para evaluaciones sobre contaminación y remediación ambiental, en la determinación de riesgo ocupacional, así como en la evaluación de riesgo por exposición ambiental a carcinógenos (Mudry, 2006).

CAPITULO IV

4.1 Análisis de las emisiones de contaminantes en las zonas urbanas por las gasolineras desde la perspectiva de las políticas públicas.

Las ciudades son el espacio donde se concentra la mayor parte de la población humana, por lo que en su territorio coexisten numerosos problemas ambientales, los cuales son generados a partir de las actividades del ser humano y a su vez, toman diversos grados de importancia con respecto a las culturas, los valores y la época en que se desarrollan los eventos. Es por esto que una perspectiva más integradora para el análisis de problemas ambientales en las ciudades puede hacerse desde las políticas públicas

La políticas públicas se reconocen como un conjunto de acciones intencionales, consistentes en la realización de objetivos considerados de valor para la sociedad o en la solución de problemas de interés o beneficio público y de acciones causales, por lo que se puede entender como un campo multidisciplinario de investigación, cuyo objeto es el estudio de problemas públicos que enfrentan las sociedades contemporáneas, influyendo de manera decisiva en la formulación y legitimación de la agenda pública a través de un proceso de interlocución y comunicación democrática entre sociedad y gobierno (Cruz, 2003; Aguilar, 2010; Gil, 2007, Gligo, 1997; Dye, 2008).

El primer paso en el análisis de las políticas públicas es el reconocimiento de un problema, y en este caso, se ha identificado que las emisiones de las gasolineras constituyen un problema ambiental en las zonas urbanas, sobre todo por la creciente demanda de combustible y de instalaciones que lo expenden.

La población más sensible a los efectos de la contaminación del aire son los niños y los ancianos. La morbilidad y la mortalidad de la población asociada a los contaminantes

generan altísimos costos sociales; dependiendo de a quién afecte, la contaminación reduce el ingreso del hogar al perderse días laborables o aumenta el gasto y el tiempo en cuidar a los familiares enfermos, desviando recursos escasos de otros usos. Se ha demostrado que las inversiones en la reducción de las concentraciones de contaminantes del aire, conlleva a un beneficio mucho mayor en términos de bienestar, salud y costos sociales.

El trasvase de gasolina a los automóviles como un problema ambiental para analizar desde la perspectiva de política pública

La gasolina es una mezcla compleja y variable de hidrocarburos alifáticos y aromáticos de bajo peso molecular; entre ellos el más importante, bajo el punto de vista toxicológico es el benceno ya que en concentraciones elevadas, puede afectar a la salud humana, razón de la preocupación por la degradación del medio ambiente en los últimos años en la cuestión ambiental. Esta situación ha llevado a los gobiernos a poner en práctica una serie de programas cuya finalidad es reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, evitando así los deterioros de la calidad del aire, mediante el establecimiento de unos límites máximos de emisión. En este sentido, EE.UU. fue el primer país en aprobar una legislación sobre emisiones de vapores de gasolina procedentes de las operaciones de descarga, almacenamiento y distribución desde los años setenta.

La contaminación del aire es un problema que normalmente se analiza en dos escalas de impacto: las de impacto a escala global que son los gases de efecto invernadero y los destructores de ozono estratosférico y la segunda es a escala local, que son los causantes de la baja calidad del aire en centros urbanos. La contaminación del aire a escala local, tiene implicaciones sobre la calidad de vida de la población circundante, cuyas fuentes de emisión generan un conjunto de contaminantes que han sido descritos por sus efectos sobre la salud humana y el ambiente, entre los que se encuentran el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos (compuestos orgánicos volátiles), los óxidos de azufre, el material particulado y el ozono troposférico (Miller, 1994; Nebel, 1999). Reducir las concentraciones de contaminantes del aire urbano significa reducir de manera significativa

las emisiones de dichos contaminantes y conlleva un beneficio mucho mayor en términos de bienestar, salud y costos sociales.

Investigadores del Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS, por sus siglas) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como la EPA han estudiado variables relacionadas con derrames de la gasolina durante el llenado de los tanques subterráneos, pérdida de los vapores mediante los tanques de ventilación subterránea, emisiones que provienen de los motores de los vehículos, las prácticas particulares de los trabajadores, el tiempo de dispensado, el volumen dispensado de gasolina durante la jornada laboral y la velocidad del viento (Hartle, 1993; Kovein y Cook, 1995; Lauwerys, 1983; Suh., 2000, Periago y Prado, 2005). Dentro de las principales alteraciones que se han encontrado se pueden mencionar: anemia aplásica, afección en la función del sistema nervioso central (SNC), edema pulmonar, hemorragia del tejido pulmonar y alteraciones citogenéticas en las células que produce la médula espinal, lo cual provoca que las células sean susceptibles al desarrollo del síndrome mielodiplásito secundario (también conocido como pre-leucemia o leucemia latente) y de la leucemia mieloide aguda (Lagorio, 1994; Bayliss, 1997; OPS, 2005; WHO, 2005; OSHA, 2004).

Los niveles de riesgo establecidos para el benceno como cancerígeno se basan en datos epidemiológicos de población ocupacional expuesta. En este sentido la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en 1996 un estudio que establece un riesgo de $6 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$; ésto significa que la exposición a $1 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$ de una población de un millón de personas durante toda su vida es susceptible a contraer leucemia. En Estados Unidos de Norteamérica (USA, por sus siglas en inglés), los niveles establecen un límite Umbral–Medio Ponderado en el tiempo: 0.5 ppm ($1.6 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$)

La falta de una cultura ambiental entre la población urbana propicia una tendencia al uso y consumo excesivo de bienes y servicios, que se observa principalmente entre los sectores socioeconómicos de ingresos medios y altos, en contraste con un amplio sector de la población que carecen de beneficios básicos del desarrollo, pero son los que soportan las consecuencias de el deterioro ambiental (Landa, 2008; Gutiérrez, 2007; García 1986; Leff

1993, 2000; Tudela 1995). Es por esto para que comprender los procesos demográficos, políticos y/o económicos que inciden en el deterioro ambiental resulta de gran importancia contar con estudios sobre la relación población-ambiente.

La economía ambiental tiene que desempeñar un papel importante en el diseño de políticas públicas para el mejoramiento de la calidad ambiental. El problema de diseñar políticas ambientales eficientes pareciera mostrar que no se está avanzando en esa dirección. Un análisis de la gestión ambiental en México permite observar un espectro de esfuerzos de múltiples instituciones de los tres órdenes de gobierno para atender las diferentes necesidades del tema ambiental y los recursos naturales. Es fácil caer en el conformismo de que cualquiera de los programas o políticas que se generen en los desordenados procesos políticos ambientales del país, represente alguna ayuda, o que éstos, seguramente, son mejor que nada. Estas políticas son llevadas a cabo por actores gubernamentales en unión con algunos actores sociales, lo cual estructura un modelo de simulación que aparenta ante la sociedad en general, ante los actores políticos y la comunidad internacional la atención de los problemas ambientales que se ha perpetuado en los últimos 30 años.

Ahora bien, la construcción de la política debe ser considerada como un proceso que inicia con la definición de un problema como público, para que éste pueda formar parte de la agenda (Aguilar, 1993). En la misma línea de pensamiento, una buena política pública se define como aquella en que las acciones y los flujos de información pueden estructurarse en objetivos políticos definidos democráticamente; en esta estructura se debe incluir la participación del sector público, privado y de las comunidades. También, si la política pública es de calidad, ésta deberá incluir contenidos, herramientas en general, definiciones y los cambios institucionales, así como la consideración de los resultados futuros (Lahera, 2004; Avalos; 2004)

Normatividad internacional, nacional y regional en materia de regulación de los combustibles

El régimen jurídico ambiental mexicano está limitado, en razón de que no existe una visión holística con relación a las cuestiones ambientales, situación que se agrava por la

disposición centralista del sistema político mexicano (Brañes, 2000). De esta manera, el sistema jurídico ambiental se caracteriza por su fragmentación, criterios ambiguos y en una distribución de tareas y responsabilidades institucionales, lo que limita la validez de la eficiencia de las políticas ambientales en los diversos espacios de gobierno. Esta situación se agrava por las diferentes competencias en las diversas leyes relativas a la cuestión ambiental. Por otra parte, el acceso a la justicia ambiental tiene que ver con la participación ciudadana para realizar ordenamientos y estrategias territoriales.

Las normas de calidad ambiental establecen un conjunto de condiciones ambientales que deben cumplirse para asegurar la protección ambiental y la salud de la población. Esto ha llevado, en muchos casos, a importar o adoptar normas de calidad ambiental de los países desarrollados, sin que se presenten estudios de factibilidad o validación previa en el cual se van a aplicar. Las políticas encaminadas al desarrollo, al crecimiento de los ingresos, pueden y deben ser orientadas a la protección del medio ambiente, con una estrecha colaboración entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo. Estos problemas afectan de manera desigual, según el grado de su desarrollo, de su economía y de las políticas ambientales que apliquen, pero siempre inciden en la salud de la población.

La carencia de personal técnico suficiente, recursos financieros, infraestructura y equipamiento para atender la complejidad de los problemas ambientales explica en términos generales la insuficiente capacidad de respuesta que presentan, ante los retos ambientales actuales, las instituciones ambientales de los tres órdenes de gobierno, a lo cual se suma la falta de leyes en una área determinada y la falta de voluntad política de los actores involucrados (Subirats, 2007).

La globalización ha permitido que los problemas del medio ambiente se regionalicen, por sectores de la población tanto global como regional, promoviendo una nueva geografía social y económica, denominada “geografía de la crisis ambiental”. Para el caso que nos compete, quizá podría llamarse la geografía de las emisiones de gasolina. En este sentido, se ha observado que en los últimos años las empresas de compra y venta de gasolinas y diésel al menudeo, han tenido un importante crecimiento en el País, sin disponerse de una

regulación homogénea para toda la República, al involucrar una serie de operaciones que implican riesgos potenciales.

Los combustibles tienen compuestos como Benceno, Azufre y Plomo en concentraciones bajas, pero al permanecer en el ambiente por periodos mayores a 12 horas y por su alta toxicidad, los convierten en un riesgo para el ambiente y para todos los seres vivos, porque son bioacumulables y/o biomagnificables en la biota. El grado de toxicidad dependerá del tipo de contaminante, la ocurrencia de la exposición (difusa, puntual) y la vulnerabilidad del lugar y de las personas que habiten en un entorno de al menos 300 m (Kales, 1997; Horton, 2003; Beltrán, 1996; Zagal, 1996; CENAPRED, 2001; Arcos , 2007; Rivera , 2006)

Llama la atención que en México la información oficial sobre obras y actividades que causan deterioro ambiental dentro de las zonas urbanas son insuficientes y desactualizadas, además constantemente las normas, reglamentos y los procedimientos de control no se cumplen adecuadamente. Como ejemplo de lo anteriormente mencionado, al revisar las hojas de seguridad de PEMEX para los tipos de gasolina Magna y Premium sobre el contenido de azufre y benceno de la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 (Tablas 1 y 2) así como lo establecido dentro de las diferentes normas oficiales mexicanas sobre los límites máximos y mínimos de contenido de estas sustancias en las gasolinas que se distribuyen dentro de la República Mexicana, se observa que los límites permisibles son más bajos para el centro de México que para el resto del País.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE LAS GASOLINAS, NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, DIARIO OFICIAL Lunes 30 de enero de 2006				
Propiedad	Unidad	Método de prueba(2)	Pemex Premium	Pemex Magna
Azufre,	ppm EN PESO	Determinación de S en productos de petróleo por espectroscopia de rayos X de fluorescencia por dispersión de energía. (ASTM D 4294-03) Determinación de azufre total en hidrocarburos ligeros (ASTM D 5453-05)	250 promedio 300 máximo. Octubre 2006: 30 promedio / 80 máximo	300 promedio 500 máximo ZMVM, ZMG, ZMM. Octubre 2008: 30 promedio / 80 máximo. Resto del país Enero 2009: 30 promedio/ 80 máximo
Número de octano (RON)		Número de octano Research de combustible para motores de encendido por chispa (ASTM D 2699-04a)	95 mínimo	Informar
Número de octano (MON)		Número de octano Motor de combustibles para motores de encendido por chispa (ASTM D 2700-04*)	Informar	82 mínimo
Índice de octano (RON+MON)/2		(ASTM D 2699-04*), (ASTM D 2700-04*)	92 mínimo	87 mínimo

Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, , DIARIO OFICIAL 30 de enero de 2006	
Pemex Premium	Pemex Magna
250 promedio 300 máximo Octubre 2006: 30 promedio/80 máximo	ZMVM, ZMG y ZMM: 500 máximo; Resto del país: 1000 máximo ZMVM, ZMG, ZMM octubre 2008: 30 promedio/80 máximo Resto del País (2) Enero 2009: 30 promedio/ 80 máximo

92 mínimos, con la excepción de 91 mínimos para las siguientes TAD definidas en la Tabla 3: Cd. Juárez, Chihuahua y Parral de la Zona Noreste y Zona Pacífico Z4 (excepto Cd. Obregón y Hermosillo)	87 mínimo
---	-----------

Tabla 1. Especificaciones generales de la gasolina.

ESPECIFICACIONES ADICIONALES DE GASOLINAS POR REGION			NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, DIARIO OFICIAL Lunes 30 de enero de 2006				
			ZMVM	ZMG	ZMM	Resto del País (1)	
Contenido máximo de:	Unidad	Método de prueba	Premium y Magna			Premium	Magna
Aromáticos	% vol.	Tipos de hidrocarburos en productos líquidos de petróleo por absorción de indicador fluorescente (ASTM D 1319-03)	25	35	35	35	Informar
Olefinas	% vol.	Tipos de hidrocarburos en productos líquidos de petróleo por absorción de indicador fluorescente (ASTM D 1319-03)	10	13	13	15	Informar
Benceno	% vol.	Determinación de benceno y tolueno en gasolina terminada para uso en motores y aviación por cromatografía de gases (ASTM D 3606-04 ^a)	1	1	1	2	3
Oxígeno (2)(3)	% peso, máximo	Determinación de MTBE, ETBE TAME, DIPE y de Alcohol teramílico (ASTM D 4815-00 (2005))	2.7	2.7	2.7	2.70	No aplica
BTX	% vol.	Determinación de benceno y tolueno en gasolina terminada para uso en motores y aviación por cromatografía de gases (ASTM D 3606-04 ^a)	Informar				

OBSERVACIONES

- Para esta Tabla, se considera Resto del País toda la extensión del territorio nacional excluyendo las Zonas Metropolitanas del Valle de México, de Guadalajara y de Monterrey.
- (1) Informar además el tipo de compuesto oxigenante empleado y la concentración de oxígeno en la gasolina, expresada en por ciento en peso.
 - (2) Durante el periodo invernal (noviembre a marzo) se requiere que las gasolinas comercializadas en Ciudad Juárez presenten un contenido de oxígeno máximo de 2.7% en peso.
 - (3)

Tabla 2. Especificaciones adicionales de gasolina por región

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) emitió en octubre 2015 la norma emergente NOM-EM-005-CRE-2015, que determina la proporción de azufre que pueden contener los combustibles para uso automotor en todo el país, la cual va de un rango de 30 a 80 partes por cada millón de partículas en gasolinas ligeras, como la Premium y la Magna. Al hacer la comparación con la gasolina que se comercializa en Estados Unidos es de ocho a 10 partículas, y la de Europa, de 15 partes por millón. Para el caso de benceno y tolueno en las gasolinas Magna y Premium queda para ZMVM, ZMG y ZMM del 1 % de su volumen de venta y

quedando el resto del país 2 % para Premium y 3% para Magna de su volumen de venta (Tabla 2). El hecho de contar con un combustible que se caracterice por tener diferentes parámetros para las distintas zonas del país, establecidos en nuestra legislación en todo el territorio nacional es violatorio de derechos humanos como son el derecho a la vida, a la salud y a un medio ambiente sano tal como establece la Constitución Mexicana.

Las gasolineras y sus emisiones a la atmósfera: otro elemento de la política ambiental en materia de combustibles

Las estaciones de servicio normalmente denominadas gasolineras, generan emisiones difusas de compuestos orgánicos volátiles (COVS) derivadas de la emisión de vapores de gasolina que se liberan durante el abasto de los vehículos de motor que deben recuperarse para limitar las emisiones de vapores nocivos a la atmósfera. Entre los COVS generados se incluyen compuestos como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos), que pueden ser perjudiciales para la salud humana. La legislación es un componente esencial en cualquier estrategia ambiental la cual se encuentra plasmado bajo la idea de prevención y control de la contaminación ambiental en el artículo 73 fracción XVI constitucional que se refiere a la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes, que degrada al ambiente en su conjunto y/o a algunos elementos (Brañez, 2000, 2000b).

Hoy en día existen diferentes tecnologías para la recuperación de vapores, en la mayoría de los países Europeos, y en su totalidad en Estados Unidos, ya que bajo sus reportes la disminución en las emisiones se estima hasta un 85% (Division of Air Quality). Los beneficios obtenidos con la disminución en las emisiones de COVS en zonas urbanas influyen de manera positiva en el sector económico y salud. Finalmente en el beneficio referente al sector salud consiste en la reducción significativa de riesgos producto a la exposición a sustancias peligrosas en el caso de benceno ya que esto fue mencionado en párrafos anteriores los efectos referidos a su exposición a corto y largo plazo van desde problemas neurológicos hasta la manifestación de padecimientos crónico-degenerativos. Para que se logre una legislación ambiental deberá ser eficiente y eficaz, deberá de incluir leyes y regulaciones legales destinadas a proteger el medio ambiente, incluidas las normas técnicas en materia de

protección y el control de contaminación, es una de las funciones principales de la protección del medio ambiente (Peterson, 2008).

Los actores clave en el desarrollo de la propuesta para mitigar las emisiones fugitivas provenientes de la actividad desarrollada en las estaciones de servicio (Gasolineras), clasificados según su ámbito de injerencia, se observan en el Tabla 3.

Actores	Municipal	Estatad	Federal	Internacional
Funcionarios públicos	Secretario de desarrollo urbano y ecología,	Director de ecología general del estado, Director general de servicios médicos	Secretario de medio ambiente y recursos naturales, secretario de salud, comisionado federal, directora general del INECC.	
Agencias gubernamentales	SDUE, DAU, DPA, DOIUM, DSPM, CATASTRO, PROMUN, IMPLAN.	SIDUE, SPA, ISESALUD, Gob. BC	SEMARNAT, LGEEPA, NOM, PROFEPA, SSA, COFEPRIS, INECC	EPA, ATSDR
Instituciones de asistencia y comunidad científica	UABC, CICESE, COLEF	UABC, CICESE, COLEF		
Sector privado	PEMEX	PEMEX	PEMEX	
Organización civil	Aplica	NA	CEMDA, México haz algo, Respira México,	
ONG	Aplica	N/A	N/A	
Vecinos	Residentes			

Tabla 3. Actores potenciales identificados para el desarrollo de la propuesta para la mitigación de emisiones fugitivas provenientes de las estaciones de servicio.

La inspección y verificación son responsabilidad de los gobiernos estatales que las leyes y Normas se lleven a cabo en base a lo establecido en cada una de ellas por lo cual puede invitar a los municipios a participar en el diseño de las políticas de calidad del aire; este último es el más limitado (artículo 112 de la LGEEPA), debido a que solo puede emitir reglamentos generales para el cuidado del medio ambiente tomando en consideración las restricciones de la legislaciones federal y estatales. La historia está llena de casos en los cuales los diseñadores de políticas y los administradores públicos han concebido políticas que no funcionan. Al no ser efectivos en costos, acaban por ocasionar gastos enormes de dinero y por tener impactos mucho menores en la calidad ambiental, de lo que podrían generar con un mejor diseño. De

todo esto se deduce que es sumamente importante estudiar la manera de diseñar políticas ambientales que sean efectivas y eficientes. La falta de una visión de largo plazo, podría deberse a la ausencia de información; en los temas de transparencia y participación ciudadana, las organizaciones civiles necesitan ser fortalecidas para apoyar en la realización de nuevas propuestas que cuiden el medio ambiente dentro de nuestro sistema político para generar una fortaleza institucional necesaria para una sana gestión territorial y ambiental. En caso de no prestarle la atención a los diferentes problemas ambientales, con sus múltiples ramificaciones e implicaciones en todos los órdenes, continuarán creciendo en complejidad y en sus impactos negativos en la salud de la población, afectando severamente el potencial de crecimiento y desarrollo de México en el mediano y largo plazo.

A la fecha no existen normas oficiales mexicanas que regulen las concentraciones ambientales de BTEX; los actuales límites que establecen las normas oficiales mexicanas para los contaminantes pueden no ofrecer la protección necesaria para la salud de los habitantes en espacios abiertos y el medio ambiente. Falta capacidad y comunicación efectiva entre diversos órdenes de gobierno federales, estatales y municipales y el sector Salud (no se cuenta con proyectos que vinculen la información de calidad del aire con la de problemas de salud), para hacer cumplir las normas que fijan límites a las emisiones a la atmósfera. Además, no se tiene una política pública clara y efectiva para que la población pueda exigir que se le garantice su derecho a la salud y a un medio ambiente sano, en particular a los grupos vulnerables como los niños, los adultos mayores y las personas que ya presentan afectaciones a su salud. En México si bien se tiene poco tiempo en la implantación de programas y políticas públicas para el control y la prevención de la calidad del aire por contaminantes perjudiciales para la salud (Jacobson 2002); como es el caso de los compuestos orgánicos volátiles (BTEX) que por la alta toxicidad es importante informar a los tomadores de decisiones para que conozcan los niveles máximos y mínimos de exposición, para que estos cuenten con elementos que les permitan evaluar el riesgo de la población por la exposición a estos compuestos en el ambiente.

Es por esto la necesidad de implementar tecnologías para recuperar los vapores de gasolina que se desprenden durante el llenado de gasolina a los vehículos de motor en las estaciones de servicio y minimizar y controlar las emisiones con el fin de contribuir a la mejora

de la calidad del aire y disminuir las emisiones a la atmósfera de sustancias nocivas, para de esta manera mejorar la calidad ambiental en las zonas urbanas. Hoy en día existen diferentes equipos para la recuperación de dichos vapores, aplicadas en Europa y USA que se integran en las bombas de despacho denominados FASE II, los cuales capturan el 85% de los vapores de gasolina emitidos a la atmosfera para verificar la eficiencia de la captura de los vapores de gasolina de estos sistemas debe estar certificada por el fabricante que deberá de cumplir lo dispuesto por la normas técnicas o, en ausencia de dichas normas la normativa nacional pertinente que regule el país.

Figura 1 Criterios para la elección de la estación o estaciones en las que se deberá instalar recuperadores de Fase II.

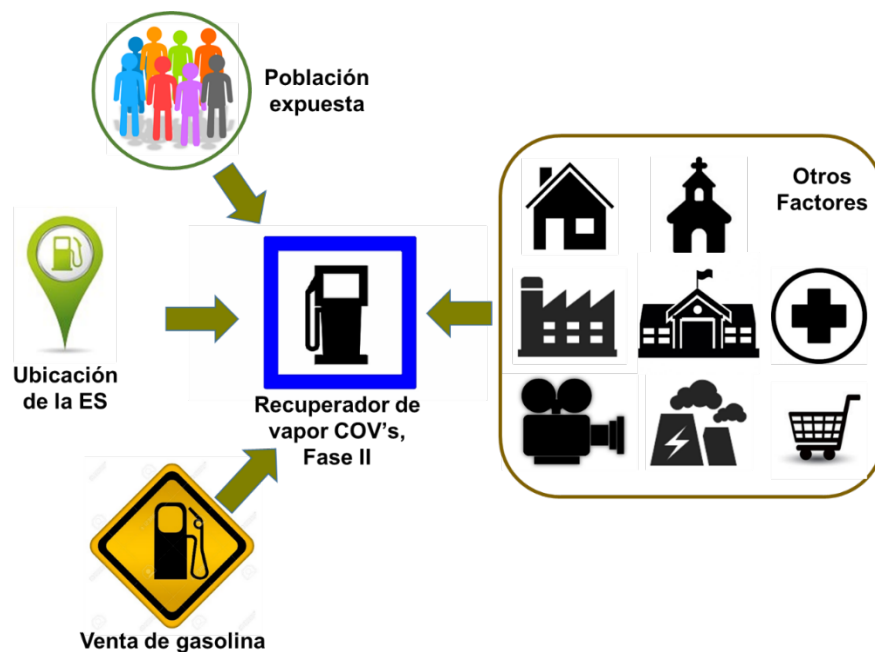


Figura 1. Criterios considerados para la selección de la ES en la que poner en marcha el proyecto Fase II

Teniendo en cuenta la población expuesta, la distribución de las ES y caudales anuales de consumo de gasolina en las distintas estaciones de servicio dentro de la mancha urbana, se mostrarán mapas espaciales de la distribución de las distintas estaciones de servicio y de los consumos totales de combustible por municipio.

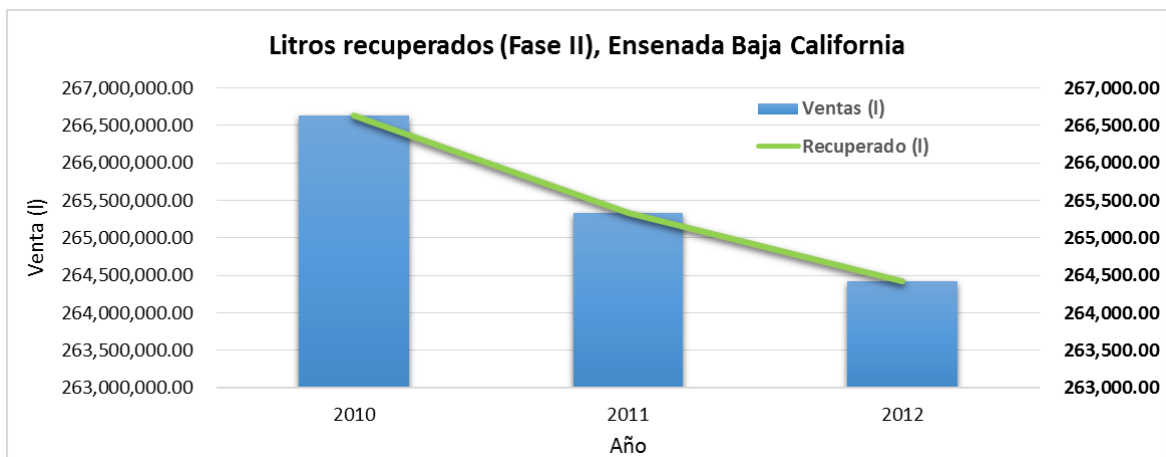


Figura 2. Vapores (l) recogidos en la fase de repostaje desde la manguera dispensadora al tanque de almacenamiento.

Tomando en cuenta estos datos, puede ser necesario que las actuales estaciones de servicio adapten a la infraestructura ya existente e instalen el equipo de recuperación de vapores (FASE II), las estaciones de servicio recién autorizadas pueden integrar el equipo de recuperación de vapores de gasolina durante la fase de proyecto y construcción. La eficiencia de la captura se deberá verificar al menos una vez al año, y si las pruebas presentan alguna inconsistencia, el propietario de la estación de servicio deberá remediarla en un plazo no mayor de 1 semana. Otra ventaja del sistema de recuperación de vapor, es que condensa los vapores recuperadores para que sean reutilizado de nuevo como gasolina y por tanto se puede suministrar y vender (Figura 2).

4.2 Artículo publicado: Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México.

En este capítulo se presenta el artículo “Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México”. En el que se describe la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV) presentes en la gasolina, como el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX), que se ha asociado con el aumento del riesgo a desarrollar cáncer en las personas que viven o trabajan en las proximidades de las estaciones de servicio. En este se propone una aproximación metodológica para estudiar la problemática que representan los COV en los individuos expuestos a los hidrocarburos. Los datos obtenidos indican que existe mayor presencia de COV en las zonas ubicadas en la cercanía de las fuentes puntuales de emisión y por ende con mayor exposición a factores tóxicos, utilizando para ello la tecnología SIG que permite realizar un análisis espacial de las emisiones de benceno a la atmósfera. En México no existe una legislación clara que proteja a los habitantes de las cercanías de las estaciones de servicio, por lo tanto se deben desarrollar programas para disminuir el impacto en la población a nivel ambiental, sanitario y social.

Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México

Qualitative map for analyzing the BTEX risk due to proximity to gas stations in the city of Ensenada, Baja California, Mexico

Mapa para análise qualitativa de risco por BTEX p ou proximidade com postos de gasolina na cidade de Ensenada, Baja California, México

Marco Antonio García Zarate^{a,c}, María Evarista Arellano García^{b,c}, Luis Walter Daessle Heuser^c, Mariana Villada Canela^c, Margarito Quintero Núñez^d

^a CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada). México.

^b Facultad de Ciencias, UABC (Universidad Autónoma de Baja California). México.

^c Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC. México.

^d Instituto de Ingeniería, UABC. Campus Mexicali. México.

Cita: García Zarate MA, Arellano García ME, Daessle Heuser LW, Villada Canela M, Quintero Núñez M. Rev. salud ambient. 2015;15(1):4-12.

Recibido: 14 de octubre de 2013. **Aceptado:** 18 de febrero de 2015. **Publicado:** 15 de junio de 2015.

Autor para correspondencia: Marco Antonio García Zarate.

Correo e: <http://www.cicese.edu.mx>

Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Tijuana-Ensenada km 103. 22860 Ensenada. Baja California. México.

Financiación: Beca Doctorado CONACYT-369745. Proyecto de Investigación Facultad de Ciencias-UABC- 400/481.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

La exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV) presentes en la gasolina, como el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX), por su capacidad cancerígena se ha asociado con el aumento del riesgo a desarrollar cáncer en las personas que viven o trabajan en las proximidades de las estaciones de servicio. En este trabajo se propone una aproximación metodológica para estudiar la problemática que representan los COV en los individuos expuestos a los hidrocarburos. Los datos obtenidos indican que existe mayor presencia de COV en las zonas ubicadas en la cercanía de las fuentes puntuales de emisión y por ende con mayor exposición a factores tóxicos. Con este trabajo se plantea un procedimiento sencillo para establecer las zonas vulnerables a riesgos tecnológicos dentro del área urbana por presencia de BTEX, utilizando para ello la tecnología SIG que permite realizar un análisis espacial de las emisiones de benceno a la atmósfera. Estos resultados quedarán al servicio de los organismos involucrados en la toma de decisiones. En México no existe una legislación clara que proteja a los habitantes de las cercanías de las estaciones de servicio, por lo tanto se deben desarrollar programas para disminuir el impacto en la población a nivel ambiental, sanitario y social.

Palabras clave: COV; solventes orgánicos; neurotóxico; riesgo tecnológico; exposición a riesgos; cartografía de riesgos; SIG.

Abstract

Due to their carcinogenic properties, exposure to volatile organic compounds such as benzene, toluene and xylene (BTEX) has been associated with an increased risk of developing cancer in people living or working near gas stations. This study puts forward a methodological approach to study the problems posed by VOCs on individuals exposed to hydrocarbons. The data obtained indicate that there is a greater presence of VOCs in the areas close to point sources of emission and, therefore, a greater exposure to toxic factors. This paper presents a simple procedure to establish which areas are vulnerable to technological risks within the urban area owing to the presence of BTEX by using GIS technology, which enables spatial analysis of benzene emissions to the atmosphere. These results will serve the agencies involved in decision-making. There is no clear legislation in Mexico to protect people living in the vicinity of gas stations. Therefore, programs should be developed to reduce their impact on the population at the environmental, health and social levels.

Keywords: VOC; organic solvents; neurotoxic; technological risk; risk exposure; risk mapping; GIS.

Resumo

A exposição a compostos orgânicos voláteis (COV) presentes na gasolina, como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX), pela sua ação cancerígena foi associada ao aumento do risco de desenvolver cancro, nas pessoas que vivem ou trabalham nas proximidades das estações de serviço. Neste trabalho propõe-se uma abordagem metodológica para estudar a problemática que os COV representam para os indivíduos expostos a hidrocarbonetos. Os dados obtidos indicam que há uma maior presença de COV em áreas localizadas na proximidade de fontes pontuais de emissão e, portanto, mais expostas a fatores tóxicos. Com este trabalho, é proposto um procedimento simples para a definição de zonas vulneráveis a riscos tecnológicos, dentro da área urbana pela presença de BTEX, utilizando a tecnologia SIG que permite uma análise espacial das emissões de benzeno na atmosfera. Estes resultados ficarão à disposição dos organismos envolvidos na tomada de decisões. No México, não existe uma legislação clara que proteja quem vive nas proximidades dos postos de gasolina, motivo pelo qual se devem desenvolver programas que visem diminuir o impacto na população a nível ambiental, sanitário e social.

Palavras-chave: COV; solventes orgânicos; neurotóxico; risco tecnológico; risco de exposição; mapa de risco; SIG.

INTRODUCCIÓN

Las operaciones que se desarrollan en las gasolineras exponen a una parte de la población a elevados niveles de contaminación, por las emisiones que se originan en el funcionamiento habitual de estas instalaciones urbanas. Los compuestos orgánicos volátiles (COV) constituyen el grupo de contaminantes más destacados por esta actividad, cuyas propiedades generales, tales como su carácter no iónico, reducido peso molecular y volatilidad, permite la absorción por todas las vías de exposición: respiratoria, cutánea e ingestión, afectando directamente a la salud¹. La mayor parte de estos compuestos se generan en los procesos de carga y descarga de gasolina², por lo que la evaluación del impacto ambiental (EIA) de la actividad es una herramienta de la política ambiental, cuyo objetivo es prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana. El conocimiento que se tiene de posibles fugas en gasolineras urbanas, pone de manifiesto que la presencia de estas instalaciones en los centros urbanos, tiene sus riesgos y sus impactos^{3,4}.

La gasolina se compone de más de 1000 sustancias, lo que la hace una de las mezclas más complejas a la que el hombre está expuesto y se compone de 25 a 30 % de compuestos aromáticos dentro de los cuales figuran el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX). Uno de los componentes de la gasolina más estudiado y peligroso es el benceno; este hidrocarburo aromático es uno de los mayores componentes de la gasolina ya que se utiliza como antidetonante⁵. El benceno es considerado por la Environmental Protection Agency⁷ y la International

Agency for Research on Cancer (IARC) como un agente carcinógeno del grupo 1, lo cual significa que existe suficiente evidencia científica para considerar una relación positiva entre la exposición a este tóxico y el desarrollo de cáncer en el hombre y algunos animales⁶. La toxicidad de los disolventes orgánicos y de los aromáticos en particular (tolueno, xileno, benceno, etc.) está ampliamente reconocida en la literatura desde hace varias décadas⁹.

Los hidrocarburos aromáticos afectan a los sistemas linfático, hematopoyético, hepático, renal y nervioso, además de causar efectos irritantes inmediatos sobre la piel y las mucosas¹⁰⁻¹³. De este conjunto de efectos, aquellos que se presentan sobre el sistema nervioso (SN) parecen ser los más conspicuos y, probablemente, los que más rápidamente se pueden detectar en situaciones de exposición continuada o crónica. Los estudios ocupacionales de los trabajadores expuestos a altos niveles de benceno han demostrado que el benceno causa leucemia y cáncer de la médula ósea; otros estudios epidemiológicos, demuestran un incremento de la leucemia basada en la exposición crónica al benceno¹⁴⁻¹⁶.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas estadísticas asociadas, se han expandido al campo del análisis de la exposición y de la epidemiología¹⁷. Esto ha permitido el desarrollo de varios tipos de modelos que, a partir de los datos de las estaciones fijas o de mediciones propias, consiguen caracterizar la variabilidad espacial de la contaminación atmosférica a diferentes niveles geográficos, incluido el intraurbano¹⁸, permitiendo valorar el potencial de riesgo en el territorio cuando se trata de ubicar en él usos de suelo y actividades para

valorar los espacios físicos y obtener entornos más seguros para la población¹⁹. Los estudios a largo plazo por la exposición al aire contaminado aumentan el riesgo enfermedades respiratorias, por la exposición BTEX^{20,21}. Un estudio llevado a cabo en el noreste de Inglaterra mostró que las personas que viven más cerca de las fuentes de contaminación del aire, tuvieron un incremento en casos de asma²². Estos resultados representan la primera aproximación espacial dentro de un problema de toma de decisiones al aportar las diferentes alternativas sobre las cuales se centrará el análisis del presente trabajo, por lo que se comprobó que con las herramientas incorporadas actualmente en los SIG, es factible crear aplicaciones y abordar problemas concernientes a la toma de decisiones espaciales. En segundo lugar, es posible escalar el sistema y generar aplicaciones que permitan abordar problemas tan complejos como se requieran, para el diseño de recomendaciones para el manejo de riesgos para la salud. El objetivo final es hacer un mapa cualitativo del riesgo, mostrar las áreas donde hay una probabilidad de que las personas estén más expuestas, y de esta manera se puedan generar estrategias oportunas que conlleven al mantenimiento de adecuadas condiciones de salud para los trabajadores en las estaciones de servicio, y para los del entorno que las rodea, especialmente para los residentes próximos que son susceptibles a contaminación de BTEX por exposición ambiental y ocupacional a mezclas de hidrocarburos que se emiten en estaciones de servicio expendedoras de gasolina en la zona urbana de Ensenada en Baja California.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Municipio de Ensenada, es uno de los cinco municipios del estado de Baja California, y el de mayor superficie de todo el país. Su distancia aproximada a la capital del estado (Mexicali) es de 300 km. Se encuentra localizado en las coordenadas geográficas siguientes: Al Norte: 32° 21' latitud norte, al Sur: 28° 00' latitud norte, al oeste: 112° 47' longitud este y al este: 116° 53' longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Playas de Rosarito, Tijuana, Tecate y Mexicali, al oeste con el Océano Pacífico, al este con el Municipio de Mexicali y el Golfo de California (Mar de Cortés), y al sur con el estado de Baja California Sur.

El municipio de Ensenada tiene una superficie de 52 482 km² lo cual representa el 73,13 % de la superficie del Estado que es de 71 446 km² y respecto al país representa el 2,6 %, ubicándolo como el más grande de los municipios de México²³.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en el censo del año 2010,

la población total del Municipio de Ensenada, era de 466 814 habitantes, de los cuales el 50,4 % correspondía a los hombres y el 49,6 % a las mujeres, representando el 16,9 % de la población del Estado de Baja California, (2 764 642 habitantes). La tasa de crecimiento anual de Ensenada es del 2,31 %.

Los vientos dominantes durante la mayor parte del año, provienen del noroeste y sureste, siendo especialmente notorios durante el invierno, con ligeras variaciones estacionales en verano de oeste a este, y algunos vientos ocasionales del este como la "condición santana" (cálidos y secos) principalmente durante el otoño²⁴. La evaluación de la exposición que aquí se propone, representa una modificación del método para la Evaluación de Salud descrito por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de las Enfermedades²⁵, que ha desarrollado niveles mínimos de riesgo (LMR) para los contaminantes que se encuentran comúnmente en sitios peligrosos. Esta guía de la salud es una estimación del nivel de exposición humana diaria a un contaminante por debajo del cual es poco probable tener efectos adversos para la salud. Los LMR se desarrollan para cada vía de exposición (por ejemplo, la ingestión y la inhalación) y la duración de la exposición (por ejemplo, agudos, menos de 14 días, de nivel intermedio, de 15 a 364 días, y crónica, los 365 días o más). La metodología está basada en la aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de simulación y de los modelos de localización-asignación en formato vectorial para lo cual se utilizaron los programas SIG PC ARC/INFO para la digitalización y ArcView para la visualización y creación de tabla de atributos (base de datos), el cual tiene la ventaja de que todas las funciones y los recursos de datos del SIG pueden ser utilizados. Por lo tanto, esta estrategia de integración puede proporcionar acceso a una interfaz de usuario consistente y estructurado de datos²⁶.

Se consideró un total de 37 gasolineras, distribuidas en la zona urbana de Ensenada y se generó una base de datos con las correspondientes características geográficas y ambientales de cada gasolinera las cuales se ubicaron geográficamente para construir los planos base.

Con los planos y la información obtenida se procedió al análisis del área en estudio para elaborar los mapas temáticos mediante el método de interpolación, que permite modelar variables espaciales, predecir su comportamiento, determinar sus radios de afectación²⁷⁻³⁰, así como, resolver problemas de decisión frente a procesos que afectan el comportamiento de ciertas variables, permitiendo escenarios sobre el presente o el futuro probable. El modelo determinístico seleccionado

fue realizado por interpolación por distancia inversa (Inverse Distance Weighting, IDW en sus siglas en inglés), asume que cada punto muestral tiene una influencia en su vecindad que disminuye con la distancia. Este método da más peso a los puntos más cercanos a la celda de la que se trata de obtener el valor que aquellos que están más alejados, porque maneja el concepto de tendencia y anisotropía, lo que conduce a un mejor y detallado análisis, además de ser un método relativamente sencillo, que utiliza pocos parámetros de decisión y su precisión estadística es aceptable.

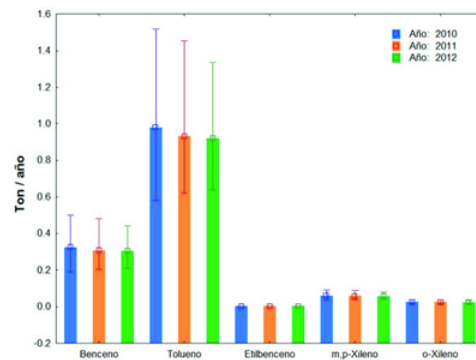
La clasificación de la vulnerabilidad se llevó a cabo a partir del método usado en la creación de mapas de riesgo, que consiste en asignar valores de ponderación a cada uno de los factores involucrados, para después resumirlos en valores de ponderación. Este mapa indica finalmente el lugar donde es factible encontrar problemas ambientales, y sus posibles niveles de gravedad asociados. La categoría ambiental se expresa territorialmente a partir de datos temáticos, los cuales describen los estados del ecosistema definidos por su calidad y cantidad de sus componentes y su funcionalidad y la emergencia de los atributos. La determinación de las emisiones de BTEX se realiza mediante un factor de emisión que se define como el volumen de materia prima o combustible de un determinado contaminante a la atmósfera, como resultado de actividades de la carga del combustible³⁷⁻³⁸. En muchos casos estos factores son valores medios de los datos disponibles y normalmente se asume que son representativos a largo plazo para todas las actividades clasificables dentro de una categoría específica, con la asunción de que existe una relación lineal entre las emisiones y el nivel de actividad asociada, dentro de un rango probable de trabajo. Como los factores de emisión son valores medios, el cálculo de las emisiones mediante su aplicación será probablemente diferente a las emisiones reales. Las emisiones reales solo se pueden conocer por medición directa en la fuente. De hecho, este es el procedimiento recomendable y preferido para la determinación de las emisiones. Sin embargo, es el método más costoso y normalmente sólo se utiliza para generación de políticas ambientales. Es aplicable a grandes infraestructuras en donde exista el equipamiento necesario para efectuar las medidas³⁹. Hoy en día existen diferentes fuentes de consulta para obtener un factor de emisión para determinado proceso, se recomienda el AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors⁴⁰⁻⁴¹. Como resultado del modelado de dispersión se obtuvieron valores de concentraciones para cada estación de servicio dentro de la zona urbana. Al generar el mapa de densidad de población necesario para la estimación de la exposición de la población se superpuso al de concentraciones. Los datos de densidad poblacional se obtuvieron del censo

de población del 2010 por parte de INEGI. Para evaluar el riesgo de exposición se combina la información sobre la distribución de población con los datos de concentración de la emisión a la atmósfera de COV⁴²⁻⁴⁴. La ventaja que presenta el estudio es que condensa información no sólo sobre las condiciones ambientales, sino también sobre la población afectada, categorizando las áreas urbanas en distintas zonas de la población: las zonas más críticas, son aquellas en las que el área de estudio tiene los valores máximos, especialmente para los datos del benceno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

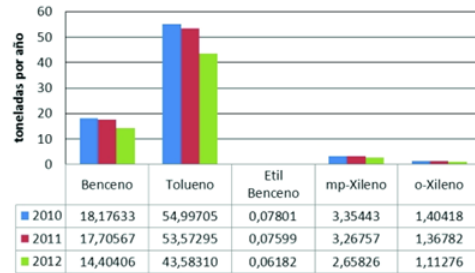
La concentraciones anuales de COV emitidos al ambiente por la presencia de las 37 gasolineras evaluadas en 2010, 2011 y 2012, se muestra en la figura 1. Para ellos se reportó que con las muestras 31-34 se dispensó mayor cantidad de combustible y se atendieron más vehículos, que con las muestras 1-3, respectivamente. Esto pudo haber afectado la diferencia entre las concentraciones de BTEX.

Figura 1. Resultados de las emisiones anuales de COV al ambiente por la presencia de gasolineras en la zona urbana



En la figura 2, se comparan los promedios de concentración de BTEX en los tres años de venta de gasolina. A partir de las concentraciones estudiadas, se observó que ha bajado la venta de combustible en general o un mayor consumo de diésel. Sin embargo, como el volumen de gasolina despachado influye notablemente en los niveles de concentración de benceno en aire, se analizó la relación existente entre esta concentración y el volumen de gasolina vendido por cada gasolinera.

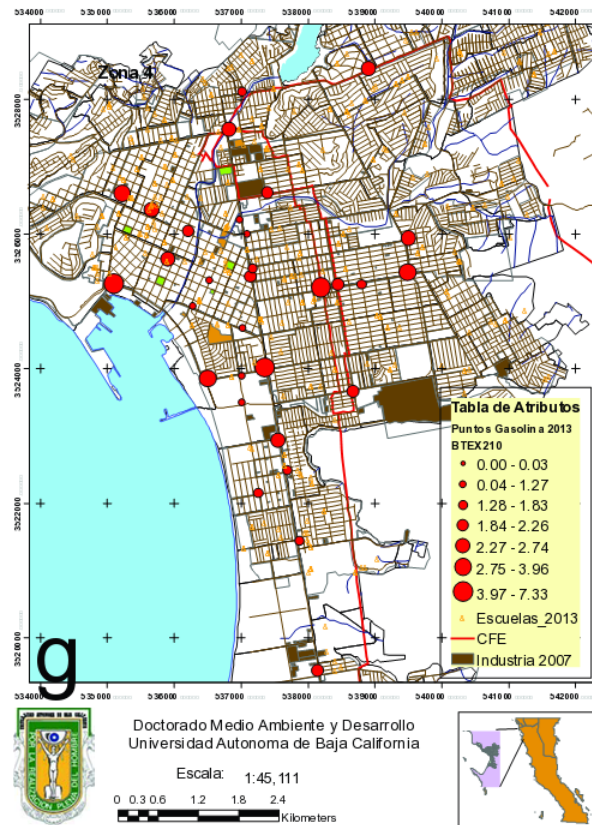
Figura 2. Concentraciones anuales de BTEX



polígonos de las estaciones de servicio como se muestra en la figura 3, reciben la influencia de forma directa e indirecta de las emisiones de BTEX producidas por las distintas gasolineras; la actividad fotoquímica contribuye a estos máximos valores que podrían afectar a la salud de la población, por la existencia de picos puntuales de inmisión, es decir, altas concentraciones en períodos muy cortos, de pocas horas, o facilitadas por las condiciones meteorológicas, y que resultarían en exposiciones puntuales elevadas, o bien por tener un efecto a largo plazo en la salud de la población, aun estando los niveles dentro de los límites admisibles.

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, las zonas urbanas alrededor de los

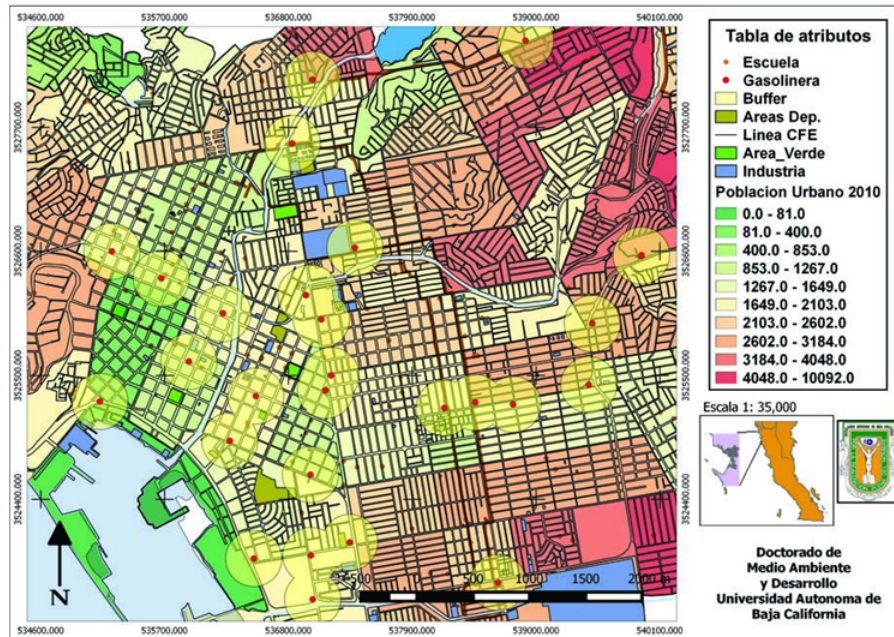
Figura 3. Resultados de las emisiones anuales de COV al ambiente por la presencia de estaciones de servicio en la Zona Urbana de Ensenada B.C.



El mapa resultante muestra el número de focos de riesgo (gasolineras y fábricas) con mayor concentración de BTEX. Es de notar, que tales puntos no han afectado a otras estaciones en gran medida, expresado en relación con el máximo de emisión que se ha encontrado en la región: 37 instalaciones peligrosas en las que se observan las áreas con diferentes niveles de

concentración con posibilidades de producir peligro en el entorno a cualquier punto de la zona urbana (figura 4), lo cual permite reconocer que existen múltiples zonas vulnerables a riesgo.

Figura 4. Zonas de Influencia por presencia de BTEX de las Estaciones de Servicio de la Zona Urbana de Ensenada B.C.



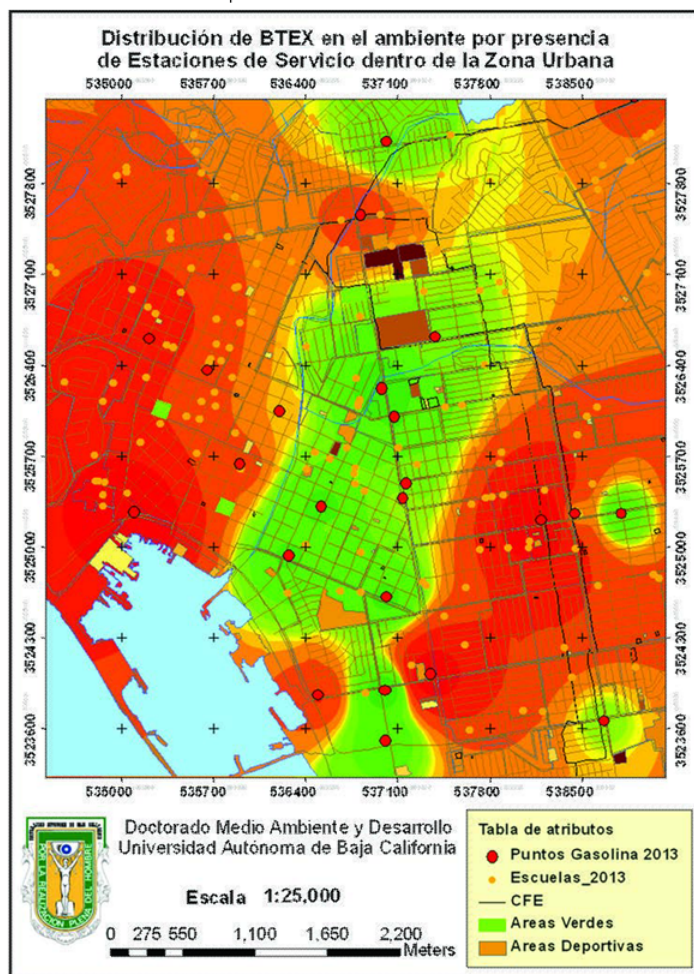
El 12,6 % de la población en Ensenada, reside dentro del radio 250 m de una gasolinera, lo que significa que estas personas están expuestas a concentraciones de altas a muy altas de BTEX, lo cual indica alguna posibilidad de ser afectado directamente en la salud.

El crecimiento urbano, los patrones de uso del suelo, la falta de regulaciones apropiadas para la edificación de las estaciones de servicio y el severo déficit de la infraestructura de saneamiento y los servicios básicos, combinados con el crecimiento poblacional, son entre otros, factores que aumentan la presión sobre los

recursos, exponiendo a una proporción cada vez más creciente de la población de las ciudades a riesgos para la salud.

Al aplicar la escala de colores índices utilizados por la Environmental Protection Agency⁷²⁵ para los niveles de concentración de BTEX, en todas las estaciones ubicadas en la zona urbana de Ensenada, fue factible identificar que existen múltiples zonas vulnerables a riesgo (figura 5).

Figura 5. Distribución de la contaminación por BTEX dentro de la zona urbana de Ensenada B. C.



Se ha identificado que las altas emisiones de BTEX en las gasolineras de Ensenada pueden deberse a la falta de un sistema adecuado para retirar y recuperar los vapores en las bombas de despacho de gasolina de las 37 estaciones de servicio que actualmente operan y no tanto en el trasiego de combustible de las pipas a los tanques de almacenamiento.

Las zonas expuestas a algún riesgo tecnológico ocupan una porción importante de zona urbana. Esto parece indicar que la mayor parte de los puntos del

territorio están expuestos sólo a una o unas pocas instalaciones peligrosas; únicamente en unos pocos casos se produce una alta concentración con más de 2 instalaciones peligrosas en el entorno de un lugar.

Los resultados muestran que mediante SIG y técnicas estadísticas multivariadas es posible analizar una serie de fuentes puntuales de emisión ubicadas espacialmente, para generar modelos predictivos con los cuales abordar problemas concernientes a la toma de decisiones espaciales en cuanto a permisos de los sitios idóneos

para construcción de emplazamientos urbanos.

Estos resultados representan la primera aproximación espacial dentro del problema de toma de decisiones, que permite explorar las diferentes alternativas de solución al problema de las emisiones; también se advierte que es posible escalar el sistema y generar aplicaciones acordes a las necesidades de cada usuario, lo que permite abordar problemas tan complejos como se requieran.

CONCLUSIONES

Este trabajo permite abrir una línea de investigación en el campo de la contaminación atmosférica y sus efectos sobre la salud, tomando en cuenta que las estaciones de servicio son importantes fuentes fijas de contaminación de tipo industrial cercanas a la población.

La población que habita alrededor de las estaciones de servicio de gasolina se encuentra expuesta a niveles variables de contaminación de BTEX de forma continua. La contaminación generada por la presencia de gasolineras puede relacionarse con el incremento de las patologías respiratorias.

Este trabajo se ha realizado con el objetivo de transferir resultados del ámbito técnico-académico al ámbito político y de toma de decisión en relación a la situación concreta o preventiva frente a la gestión del riesgo en salud.

El SIG es una herramienta muy útil de planificación territorial, ya que permite obtener resultados considerando numerosas variables, que además de establecer múltiples escenarios que permiten una modelación más completa para el análisis de problemas específicos.

Los hallazgos sugieren la necesidad de políticas ambientales para reducir la contaminación industrial y la exposición a la población, en el momento de autorización de la instalación de estaciones de servicio, y buscar soluciones que ayuden a mantener el equilibrio ambiental dentro de la mancha urbana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Galbraith D, Gross SA, Paustenbach D. Benzene and human health: A historical review and appraisal of associations with various diseases. *Crit. Rev. Toxicol.* 2010;40 (Suppl 2):1-46.
2. Radian International. "Manuales del programa de inventarios de emisiones de México: Vol. 3: Técnicas básicas de estimación de emisiones"; 1996.
3. Arnold SM, Angerer J, Boogaard PJ et al. The use of biomonitoring

data in exposure and human health risk assessment: benzene case study. *Crit. Rev. Toxicol.* 2013;43:119-53.

4. Calvo García-Tornel F. Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.* 1997; 10. [citado 18/02/2015] Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-10.htm>.
5. Calvo García-Tornel F. Sociedades y territorios en riesgo. *Cartography and Geographic Information Systems. Colección La Estrella Polar 31.* Barcelona: Serbal; 2001.
6. Jiang L, Zhong MS, Liang J et al. Application and benefit evaluation of tiered health risk assessment approach on site contaminated by benzene. *Huan Jing Ke Xue.* 2013;34(3):1034-43.
7. United States Environmental Protection Agency (USEPA). *Guideline on Air Quality Models.* 40 CFR Part 51 Appendix W. Washington: USEPA; 2005.
8. Harper CC, Faroon O, Mehlman MA. Carcinogenic effects of benzene as a major component of gasoline and jet fuels. In: Calabrese EJ, Kostecki PT, eds., *Hydrocarbon Contaminated Soils: Volume III.* Atlanta, Georgia: Lewis Publishers. 1993. pp. 215-41.
9. Hogstedt C, Lundberg L. Epidemiology of occupational neurobehavioural hazards. Methodological experiences from organic solvent research. *Rev. Epidemiol. Sante Publique*; 1992;40 Suppl 1:57-16.
10. Chen R, Semple S, Dick F et al. Nasal, eye, and skin irritation in dockyard painters. *Occup. Environ. Med.* 2001;58:542-3.
11. D'Andrea MA, Singh O, Reddy GK. Health consequences of involuntary exposure to benzene following a flaring incident at British Petroleum refinery in Texas City. *Am. J. Disaster Med.* 2013;8:169-79.
12. D'Andrea MA, Reddy GK. Health Effects of Benzene Exposure among Children Following a Flaring Incident at the British Petroleum Refinery in Texas City. *Pediatr. Hematol. Oncol.* 2014;31:1-10.
13. Scheutz C, Mosbaek H, Kjeldsen P. Bioremediation and biodegradation. Attenuation of methane and volatile organic compounds in landfill soil covers. Technical reports. Technical University of Denmark, Environment & Resources. *Environ Qual.* 2004;33: 61-71.
14. Gun R, Pilotto L, Ryan P et al. the Australian Institute of Petroleum Health Surveillance Program. Eleventh Report. The University of Adelaide. Adelaide: Australia; 2000.
15. Atkinson S, Coppock J, Fritschi L et al. Lympho-haematopoietic cancer and exposure to benzene in the Australian Petroleum Industry. Technical report and appendices. Monash and Deacon University. Melbourne: Australia; 2001. [citado 16/04/2015] Disponible en: http://www.aip.com.au/pdf/health/case_study.pdf.
16. Glass DC, Gray CN, Jolley DJ et al. Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology* 2003;14(5):569-77.

17. Bayliss D, Chen C, Jarabek A et al. Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. National Center for Environmental Assessment. Washington; U.S. Environmental Protection Agency: 1998.
18. Jerrett M, Burnett RT, Ma R et al. Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology* 2005;16:727-36.
19. Bosque SJ, Díaz CC, Díaz M et al. Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la Comunidad de Madrid. *GeoFocus* 2004;4:44-78.
20. Hertel O, De Leeuw FAAM, Raaschou-Nielsen O, et al. Human exposure to outdoor air pollution. [IUPAC Technical Report]. *Pure Appl. Chem.* 2001;73:933-58.
21. Jadsri S, Singhasivanon P, Kaewkunwal J et al. Spatio-temporal effects of estimated pollutants released from an industrial estate on the occurrence of respiratory disease in Map Ta Phut Municipality, Thailand. *Int J Health Geogr.* 2006;5:48.
22. Bhopa RS, Moffatt S, Pless-Mulloli T. Does living near a constellation of petrochemical, steel, and other industries impair health? *Occup. Environ. Med.* 1988;55:812-22.
23. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2010. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía; 2012.
24. Rivera-Ju LA. Niveles de Plomo en niños de 1 a 12 años en tres colonias de Ensenada, B.C., aspectos socioeconómicos, ambientales y legales, una propuesta de manejo de las fuentes de contaminantes. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California: México; 2002.
25. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public health assessment guidance manual (2005 Update). Atlanta: United States Department of Health and Human Services Public Health Service; 2005. [citado 16/07/2013]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/index.html>.
26. Bennett D A. A framework for the integration of geographical information systems and model base management, *International Journal of Geographical Information Science.* 1997;11(4):337-57.
27. Correa SM, Arbillá G, Marques MRC et al. The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. *Atmospheric Pollution Research* 2012;3(2):163.
28. Dickinson HO, Parker L. Quantifying the effect of population mixing on childhood leukaemia risk: the Seascale cluster. *Br. J. Cancer* 1999;81:144-51.
29. Dickinson HO, Hammal DM, Dummer TJB et al. Childhood leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma in relation to proximity to railways. *Br. J. Cancer* 2003;88:695-8.
30. Hystad P, Setton E, Cervantes A et al. Creating National Air Pollution Models for Population Exposure Assessment in Canada. *Environ. Health Perspect.* 2011;119:1123-9.
31. Karakitsios SP, Delis VK, Kassomenos PA, Pilidis GA. Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: estimation of the associated health risk. *Atmospheric Environment* 2007;41:1889-902.
32. Knox EG. Leukaemia clusters in childhood: geographical analysis in Britain. *J. Epidemiol. Commun. Health* 1994;48:369-76.
33. Knox EG, Gilman EA. Hazard proximities of childhood cancers in Great Britain from 1953-80. *J. Epidemiol. Commun. Health* 1997;51:151-9.
34. Morales Vargas R. Contaminación del aire y efectos tóxicos por partículas respirables (PM10) en el humo de madera en comercios de alimentos San José - Costa Rica. *Rev. Salud Pública, San José* 2003;12(2):16-28.
35. Morales Terrés IM, Doval Miñarro M, González Ferradas E et al. Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. *Journal of Environmental Management* 2010;91(12):2754-62.
36. Harrison RM, Leung PL, Somerville L et al. Analysis of incidence of childhood cancer in the West Midlands of the United Kingdom in relation to proximity to main roads and petrol stations. *Occup. Environ. Med.* 1999;56:774-80.
37. United States Environmental Protection Agency. Guide for compiling a comprehensive emission inventory. Washington, DC: US EPA; 1973.
38. United States Environmental Protection Agency. Air Quality Index. A guide to Air quality and your health. Washington: US EPA; 2003.
39. Baldasano JM. Guidelines and formulation of an upgrade source emission model for atmospheric pollutants. En: Power H y Baldasano JM eds. *Air Pollution Emissions Inventory*, Vol. 3, Southampton, UK: Computational Mechanics Publications. 1998. pp. 1-49.
40. United States Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors-Stationary Point and Area Sources. Durham, NC: US EPA Research Triangle Park; 1995. [citado 16/07/2013] Disponible en: nepisepa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=200051RB.TXT.
41. United States Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42. 5th Edition. Office of Air Quality Planning and Standards. Durham, NC: US EPA Research Triangle Park; 1995.
42. Beckx C, Panis LI, Arentze T, et al. A dynamic activity-based population modelling approach to evaluate exposure to air pollution: Methods and application to a Dutch urban area. *Environmental Impact Assessment Review* 2009;29:179-85.
43. Cheng W, Kuo Y, Lin P, et al. Revised Air Quality Index Derived from an Entropy Function. *Atmospheric Environment* 2004;38:383-91.
44. Landulfo E, Matos CA, Torres AS et al. Air Quality Assessment Using a Multi-Instrument Approach and Air Quality Indexing in an Urban Area. *Atmospheric Research* 2007;85:98-111.

4.3 Capítulo de libro: Emisiones de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México

En el capítulo se dan a conocer los resultados de la evaluación de las “Emisión de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México”. Donde se presentan los resultados de las emisiones de BTEX por la presencia de gasolineras dentro de la zona urbana, el objetivo de este estudio es diseñar indicadores de alerta temprana, de tipo preventivo, para identificar el daño potencial que representa la proximidad geográfica a fuentes puntuales de emisión de hidrocarburos para los individuos expuestos. La utilidad reside en que las instancias encargadas de la normatividad y la vigilancia ambiental puedan contar con indicadores relativamente de bajo costo, sencillos de formular y de monitorear. Se aplicó el Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) para evaluar el tipo y grado de afectación neurológica a una muestra de 370 personas en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. Los datos obtenidos se especializaron en un Sistema de Información Geográfica. Los resultados indican que existe una mayor presencia de BTEX en las zonas más cercanas a las gasolineras y se demuestra la gente que vive cerca de gasolineras y los empleados mismos presentan alteraciones clínicas, conductuales y psicofisiológicas por exposición a BTEX.

Ciencias Naturales y Exactas

Handbook T-II

Pérez García- Vicente

Mínguela Ramírez- José Jesús

Rodríguez Muñoz- José Luis

Directores

Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos

ECORFAN®

Emisión de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México

M. García, E.Arellano, L.Walter, I.Espejel, M.Villada, P.Aceves, M.Quintero.C.Von,C.Arredondo, R.Eaton

M. García, E.Arellano, L. Walter, I.Espejel, M.Villada, P.Aceves, M.Quintero.C.Von,C.Arredondo, R.Eaton

CICESE/Física Aplicada Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918 Zona Playitas Código Postal 22860 Ensenada, B.C. México,
 Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860,
 Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860,
 Universidad Autónoma de Baja California ,Instituto de Ingeniería, , Av. de la Normal S/N, Col. Insurgentes-Este, Mexicali, B.C. 21280,
 Colef, Escénica Tijuana-Ensenada Km 18.5, San Antonio del Mar, 22560 Tijuana, Baja California,
 Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas,, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860

margarci@cicese.mx

M. Ramos, V.Aguilera, (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -OECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

Human exposure to volatile organic compounds , such as benzene , toluene and xylene (BTEX) , has several short and long term health effects on men, women and children because these compounds have the ability to interact with the genome and the epigenome during the process of cell division in somatic and germ cells. Emissions of BTEX by the presence of gas stations in the urban area, has been associated with increased risk to the health of the population. The objective of this study is to design early warning indicators of preventive , to identify the potential damage that represents the geographic proximity to point sources of hydrocarbon emissions for exposed individuals. The utility is that the bodies responsible for the regulation and environmental monitoring can rely on relatively simple to make and monitor indicators inexpensive . Neurological Symptoms Questionnaire and Psychological (PNF) was used to assess the type and degree of neurologic involvement in a sample of 370 people in the city of Ensenada, Baja California, Mexico. The data obtained are specialized in Geographic Information System . The results indicate a greater presence of BTEX in the areas closest to filling stations and people living near gas stations and the employees themselves have clinical , behavioral and psychophysiological alterations by exposure to BTEX is demonstrated. Indicators derived from the questionnaire showed its effectiveness in Ensenada and is proposed as a simple procedure to establish the technological vulnerable to risks within the urban area by presence of BTEX areas. These results were delivered to the involved local and state authorities in decision -making, since due to the lack of clear regulations to protect the inhabitants of the vicinity of gasoline service stations in Mexico , such methodologies can implement and incorporate disinir legislation for environmental , health and social impact in environmental and occupationally exposed population.

15 Introducción

Se ha establecido que cerca de un 80 % de los padecimientos de salud en las personas, están relacionados con la contaminación ambiental, especialmente durante el periodo prenatal, perinatal y la infancia (Ribeiro 2003; Harare, 2006).

Una fuente importante de contaminación por compuestos orgánicos volátiles (COVs) son las gasolineras que generan emisiones fugitivas durante los procesos de carga y descarga de combustibles (Radian Internacional, 1996). Los efectos a la salud de los BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) son conocidos desde hace varias décadas (Hogstedt, 1992).

De todos ellos el benceno es el que se considera más peligroso por estar clasificado como un producto carcinógeno y genotóxico de categoría 1. No existe un umbral específico para la concentración de benceno por debajo del cual pueda considerarse que la salud humana no está en peligro.

Las regulaciones establecidas por la Occupational Safety & Health Administration de los E.U.A (OSHA, 1999), limitan la exposición laboral a benceno a un máximo de 1 ppm en promedio durante una jornada laboral de ocho horas.

Durante la última década se ha demostrado que la población expuesta incluso a bajas concentraciones de COV's muestran trastornos neurocomportamentales (Hunting et al., 1991; Savolainen, 1979).

Dicha exposición incluso provoca problemas más críticos de la salud pública como alteraciones neurotóxicas que se expresan inicialmente en cambios sutiles de la función psicológica y el comportamiento.

Una sustancia neurotóxica es capaz de interferir en la función normal del sistema nervioso central (SNC) y causar daño celular irreversible, muerte celular o ambas cosas. Los síntomas no se reconocen fácilmente por los métodos de diagnóstico clínico convencional ya que sus manifestaciones son expresiones de amplio rango de disturbios de la función neuro-psicológica, psicosis y otros desordenes afectivos, disminución de la memoria y pérdida de atención, fatiga y disturbios visuales.

La salud de las personas ha sido afectada en los últimos años como consecuencia de los avances tecnológicos y el desarrollo de las grandes urbes, permitiendo que surjan elementos ambientales asociados con la condición de salud. Las investigaciones realizadas en los últimos años acerca del efecto de los COV's, se han concentrado en sus efectos neurotóxicos, debido a la afinidad de estas sustancias con el tejido nervioso. Como resultado pueden producir diversos efectos en el sistema nervioso central y periférico, los cuales se traducen en alteraciones neuropsicológicas, afectivas y de la personalidad.

La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos del sistema nervioso (SNC), debido a su liposolubilidad que los hace afín a todos los tejidos con alta cantidad de grasa como son el cerebro o médula espinal, es posible deprimir al tejido nervioso en cualquier nivel (Chen, 2001; OMS, 1982; Edling et al., 1990; Greenberg, 1992; Costa, 2012; Meyer-Baron, 2008).

Las pruebas neuroconductuales o baterías de evaluación neuropsicológica son instrumentos que pueden ser aplicados por el especialista en salud ocupacional para tomar decisiones preventivas antes de que se produzcan lesiones irreversibles por exposición a BTEX. Los efectos tóxicos de estas sustancias químicas en el cerebro humano en desarrollo y sus mecanismos de acción no se conocen suficientemente y la infancia podría estar desprotegida ante su uso, solo parcialmente regulado (Grandjean, 2006).

Sin duda, es necesario generar un diagnóstico preventivo de las intoxicaciones crónicas mediante indicadores que permitan la detección del problema en estadios tempranos y así evitar que los daños al sistema nervioso se instalen y sean irreversibles (Hakkola, 1994). Esta es la razón por la que la necesidad de nuevos enfoques de precaución, que reconozcan la especial vulnerabilidad del cerebro en desarrollo y lleven a un mejor control de BTEX.

Dado lo anterior, el objetivo de este artículo es hacer un mapa cualitativo del riesgo, mostrar las áreas factibles a encontrar problemas ambientales, donde hay una probabilidad alta de que un desastre pueda ocurrir.

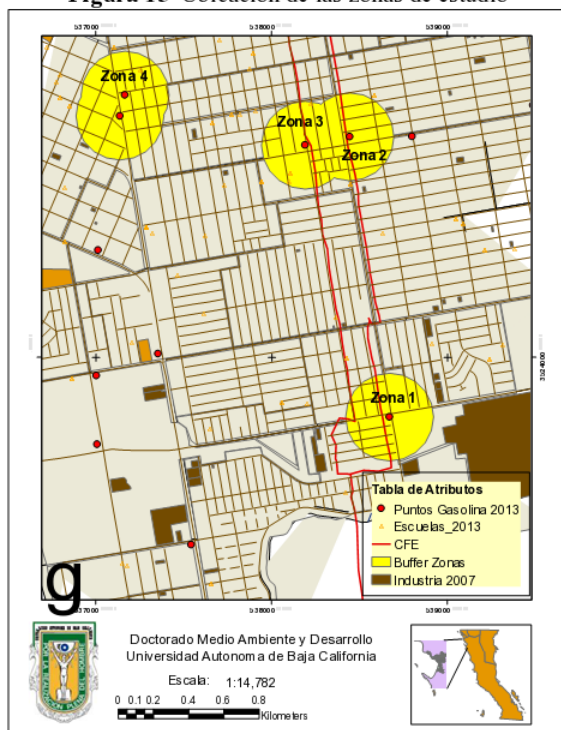
15.1 Metodología

Área de estudio y factores de emisión

El centro de población de la ciudad de Ensenada Baja California, México, está situado a 31 ° 52' de latitud norte y a 116 ° 37' de longitud oeste. Dicho centro de población, en general, se caracterizan por tener una topografía plana (pendiente < 30°) y con elevaciones hacia la zona Oriente. La temperatura promedio anual de la ciudad de Ensenada es de 17.1°C; con una precipitación promedio anual de 262.7 mm, y humedad relativa máxima de 69.8% y mínima de 43.9% (CNA, 2003). Los vientos dominantes durante la mayor parte del año, provienen del Noroeste y Sureste, siendo especialmente notorios durante el invierno, con ligeras variaciones estacionarias en verano de Oeste a Este y algunos vientos ocasionales del Este como la "condición santana" (cálidos y secos) principalmente durante el otoño (Rivera-Ju, 2002).

Hay 37 gasolineras distribuidas en la zona urbana de Ensenada, y como en todo el país, corresponden a una compañía distribuidora: PEMEX. Se seleccionaron cuatro estaciones de servicio para la evaluación de la población expuesta a hidrocarburos aromáticos como se señala en ubicación de los puntos de muestreo (Figura), como muestra representativa de Ensenada.

Figura 15 Ubicación de las zonas de estudio



Las emisiones de BTEX se calcularon con base en el procedimiento diseñado por la Environmental Protection Agency (EPA) utilizando los valores de factores de emisión durante el trasiego del combustible desde las pipas transportadoras hasta los depósitos de la gasolinera y de las bombas de gasolina hacia los tanques de los automóviles, dichos factores de emisión representan la tasa media a la cual se emite un contaminante a la atmósfera, durante ésta actividad (EPA, 1973).

El valor correspondiente a la totalidad de contaminante emitido se obtiene multiplicando el factor de emisión específico para una operación determinada, por la cantidad de material cargado o combustible utilizado en el proceso.

Hoy en día existen diferentes fuentes de consulta para obtener un factor de emisión para proceso en particular, como se puede consultar en el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, 1995a)

La Batería de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF)

El tamaño de la muestra se calculó a partir de las recomendaciones Hernández-Sampieri et al. (2006) y ascendió a 384 personas y se determinó con base en la población de Ensenada del censo 2010 que es de 279,765 personas (INEGI 2010) utilizando un nivel de confianza del 95%. Se aplicaron 370 cuestionarios de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) que fue diseñado por el Instituto de Medicina del Trabajo de Alemania por Schreider H., Baudach H., Kempe H., Seeber A., 1975 y estandarizado para población latina en su versión 3, por Almirall et al., (1983, 1987).

Estudia los sistemas funcionales de organización de la actividad psíquica del sistema nervioso central y el estado de salud.

El instrumento permite determinar mediante indicadores, los sistemas funcionales de organización de la actividad psíquica del sistema nervioso central y del estado de salud.

El cuestionario se aplicó cara a cara, el encuestador hizo las preguntas y anotó las respuestas. Se contó con un grupo de seis encuestadores a quienes se capacitó para que la aplicación fuera de manera similar.

Los sujetos a los que se aplicó el cuestionario se eligieron en un radio de 250m alrededor de la fuente de emisión de manera aleatoria por las calles de la ciudad hasta completar la muestra requerida, excluyendo a los sujetos menores de 15 y a los mayores de 90 años.

Si varios miembros de una familia se encontraban juntos al momento de la aplicación solamente se completó el cuestionario a un miembro de esa familia.

Los datos se capturaron y trabajaron en el paquete estadístico STATISTICA[®] 8.0.360.0 para Windows.

Análisis espacial

La evaluación espacial de la exposición que aquí se plantea para evaluar el impacto de posibles emisiones a la atmósfera desde las estaciones de servicio ubicadas dentro de la mancha urbana de Ensenada Baja California, representa una modificación del método para la Evaluación de Salud descrito por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de las Enfermedades (ATSDR, 2007).

Para la aplicación de los modelos de localización-asignación en formato vectorial se empleó el software Arc/Info[®].

Esta estrategia de integración con SIG proporcionará acceso a una interfaz de usuario consistente y estructurado de datos (Bennett, 1997).

Con los planos y la información obtenida se procedió al análisis del área de estudio formando una base de datos para los mapas temáticos con los datos epidemiológicos como lo proponen Elliott y Wartenberg, (2004).

La información requerida para ejecutar, se basó en la identificación física y por medio de imágenes del GOOGLE MAP[®] para la delimitación del área de estudio.

La cartografía de la enfermedad permite la visualización los patrones espaciales de la salud en una resolución definida una de las técnica de predicción espacial más empleada es el Kriging, dicha técnica nos proporciona una superficie que se aproxima a nuestros datos de contaminación en toda la zona de estudio y que intenta recoger las principales características del modelo estudiado.

El modelo Kriging, además de tener en cuenta la localización de los puntos observados (longitud/latitud), puede ser completado con el uso de covariables de interés, como pueden ser los datos meteorológicos (temperatura, viento), orografía, estructura urbanística (altura edificios, anchura de las calles), etcétera.

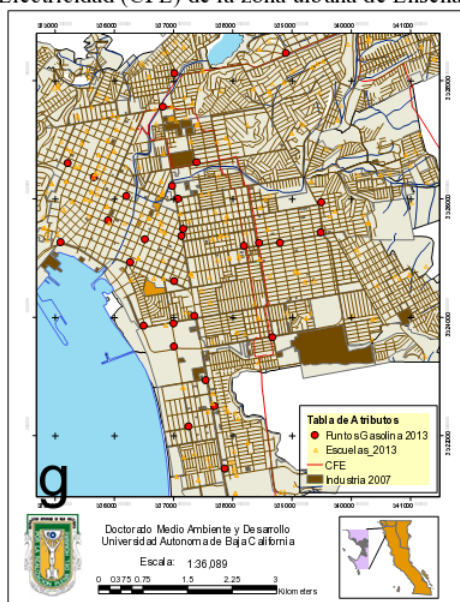
15.2 Resultados y discusión

Las 37 estaciones de servicio están ubicadas principalmente en zonas de alta densidad poblacional y tráfico vehicular, como se observa en la figura 2.

De manera especial destacan las siguientes estaciones de servicio para el 2012 por sus altos valores de emisión a la atmosfera de COV's: la estación EO2603 con una emisión ambiental de 7.2 t/a, la estación de servicio EO2604 con una emisión ambiental de 5.99 t/a, la estación EO2605 con 5.57 t/a y la estación No EO2425 con una emisión de 2.94 t/a.

Del análisis de las emisiones atmosféricas, depende que la metodología aplicada ha sido adecuada para alcanzar el objetivo propuesto; además, desde el punto de vista cartográfico, la representación por celdas y la desagregación de la información por el contaminante, se considera que ha sido de gran utilidad.

Figura 15.1 Muestra con puntos en rojo la ubicación de las estaciones de servicio que operan actualmente, con puntos más pequeños en naranja se indican los centros escolares, los sitios marcados en café corresponden industrias, las líneas en rojo señalan el cableado de alta tensión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de la zona urbana de Ensenada Baja California



Para este análisis, ya que permitió disponer de una visión generalizada de la situación urbana y al mismo tiempo observar con detalle el umbral del benceno como contaminante urbano.

Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF):

El resultado del Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) para el área de la población expuesta por la presencia de gasolineras se describe en la (Tabla 1).

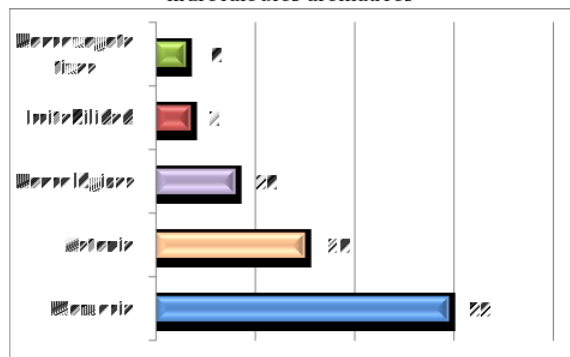
Tabla 15 Clasificación general resultados PNF
Clasificación General de los resultados de la prueba de
(PNF), por exposición a COV's

	N	%
Población evaluada	370	
Efecto Moderado	90	24.3
Efecto Sobresaliente	28	7.56

Como se puede observar en la Tabla 1 el 32% de la población ambientalmente expuesta a COV's que fue evaluada con el instrumento PNF, presenta efectos entre moderado y sobresaliente, lo que permite inferir que sí hay afectación por la inhalación de COV's en el medio ambiente.

La relación del aporte de cada función cognitiva evaluada con el instrumento aplicado a las personas que residen en las inmediaciones de las gasolineras, se describe en las Figura 3, en la cual se observa alteraciones severas de la concentración y la memoria, así como indicios de irritabilidad en el comportamiento de la población encuestada.

Figura 15.2 Resume las funciones cognitivas en orden de afectación por exposición ambiental hidrocarburos aromáticos



La información relacionada con las características demográficas de la muestra estudiada, que estuvo conformada por 370 personas, distribuidas en 4 zonas Figura 3 dentro de la mancha urbana de Ensenada B.C, de los cuales 170 (46 %) corresponden al sexo masculino y 197 (54 %) al sexo femenino.

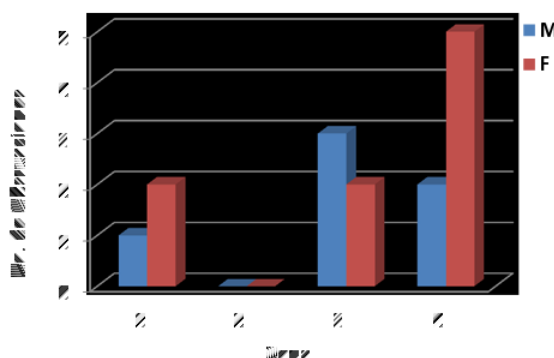
Las pruebas de concentración y atención, evalúa la capacidad para orientar y mantener la atención ya sea a estímulos visuales o auditivos. Esta capacidad es el precursor del aprendizaje y la memoria; esta prueba permite detectar los efectos debidos a la exposición a BTX en el rendimiento del comportamiento.

Todos los problemas anteriormente citados provocan disminución en la calidad de la salud ambiental, dentro de los problemas relacionados con la exposición de los habitantes, se muestra como un grupo de alto riesgo.

De las personas evaluadas del grupo muestra, presentan efectos de déficit de atención entre moderadamente y sobresaliente, que incluyen síntomas tales como: distraerse fácilmente, dificultad para recordar cosas sencillas (nombres, personas), falta de memoria, estar distraído, dificultad para concentrarse, que pueden comprometer alteraciones en el desempeño de funciones neurológicas atribuibles a posible contaminación o intoxicación.

Los valores de la población expuesta para la variable (K) con las características de moderado o sobresaliente se observan en la gráfica 4, la cual reflejó una diferencia significativa ante la presencia de alteraciones neuroconductuales en la población expuesta a BTX, por la presencia de estaciones de servicio dentro de la zona urbana, donde se evidenció una diferencia altamente significativa para la zona 3 y 4 siendo las zona la de mayor venta de gasolina en los últimos 3 años; cabe destacar que el ítem estudiado de concentración y memoria, resultó ser el más afectado, esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva, descrita por exposición crónica.

Figura 15.3 Frecuencias por zona y sexo para la variable K (alteraciones neuroconductuales) con puntajes de afectación sobresaliente



Se observa que hay diferencias significativas en esta esfera entre los grupos expuestos, incremento en la tasa de efectos adversos en el neurocomportamiento para el hombre. Tales efectos incluyen síntomas subjetivos reversibles como la irritabilidad, fatiga y quejas de memoria y también cambios persistentes de la personalidad o el humor y deterioro de la función intelectual (deterioro en la habilidad de aprendizaje, memoria y concentración; a esta patología clínica se le conoce como “síndrome orgánico cerebral” (Deschamps D, 1993) que afecta básicamente las funciones de la memoria operativa y la capacidad intelectual.

Estudios epidemiológicos con significancia estadística han demostrado incremento en los efectos del neurocomportamiento en la población y trabajadores crónicamente expuestos a BTX. En la revisión actual, en la bibliografía se encuentra una coincidencia en los hallazgos, en las alteraciones que se consideraban comprometidas dentro de las funciones cognitivas, tales como, la memoria a corto plazo y la memoria visual.

En síntesis, los efectos del neurocomportamiento secundarios a la exposición crónica ocupacional a los solventes aromáticos BTX y/o la mezcla de éstos, son alteraciones de la memoria y el aprendizaje.

Sin embargo, con respecto a la dosis o niveles necesarios para que se presenten alteraciones crónicas, es claro que se necesitan más estudios para confirmar estos resultados de detrimento en las pruebas de la memoria con la exposición al BTX a niveles bajos.

Para la Escala Astenia (A) que se refiere a manifestaciones tales como: no tener ánimos para trabajar, sentirse hastiado de todo, no tener interés para nada, lentitud de los movimientos, no tener energía y no querer saber nada de nadie, la cual es una verdadera epidemia de la época actual, representando el motivo de consulta principal en el 10 - 30% casos de atención clínica ambulatoria (Kremer A, 2002). Predomina con un rango entre 20 y 50 años, en nuestro país.

El grupo muestra se registra una diferencia por el tipo de afectación de astenia del 8%. A si mismo registra un indicador de astenia del 5% para hombres y de un 3% para mujeres, observando incremento en la tasa de efectos adversos neurocomportamentales para el hombre así como una presencia mayor en la zona 3. Este hallazgo en el comportamiento del grupo muestra, es relevante presencia de este tipo de síntomas en las exposiciones a neurotóxicos.

Escala Irritabilidad (E) en numerosos cuestionarios estandarizados y pruebas se han usado para evaluar el estado de ánimo y de la personalidad, es uno de los primeros aspectos donde funcionan los cambios debidos a neurotóxicos donde se puede observar irritabilidad; la depresión y la inestabilidad son los cambios de humor que se informa, que ocurren en las primeras etapas de neurotoxicidad. El grupo muestra se registra, un indicador de irritabilidad del 4% observando incremento en la tasa de efectos adversos neurocomportamentales, en relación a la magnitud de las tasas de incidencia por género, se observó que éstas fueron mayores en los hombres así como una presencia mayor en la zona 3.

Las concentraciones de COV's en el exterior de las viviendas en las cuatro zonas de estudio se representaron en mapas con objeto de identificar su distribución espacial para identificar mejor la distribución espacial de las concentraciones de BTEX se utilizó los rangos de concentración de benceno, lo cual permite identificar las diferentes concentración de BTEX a estos se les consideran tipo primarios (cuando están presentes tal como fueron emitidos).

Según su tamaño, las partículas se depositan cerca o a cierta distancia de la fuente de emisión. Si son muy pequeñas pueden mantenerse suspendidas y ser transportadas a grandes distancias. Cuando las partículas cuyo diámetro aerodinámico es $\leq 2,5 \mu\text{m}$ alcanzan fácilmente los bronquiolos terminales y los alvéolos, desde donde pueden ser fagocitadas por los macrófagos alveolares y atravesar la barrera alvéolo-capilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea.

Más recientemente se han descrito las partículas “ultrafinas” cuyo diámetro es aún menor ($\leq 0,1 \mu\text{m}$) y pueden pasar directamente desde los alvéolos al torrente circulatorio. Las partículas pueden contener compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos. Estos efectos son múltiples y pueden afectar a los diferentes órganos y sistemas con diversos grados de intensidad.

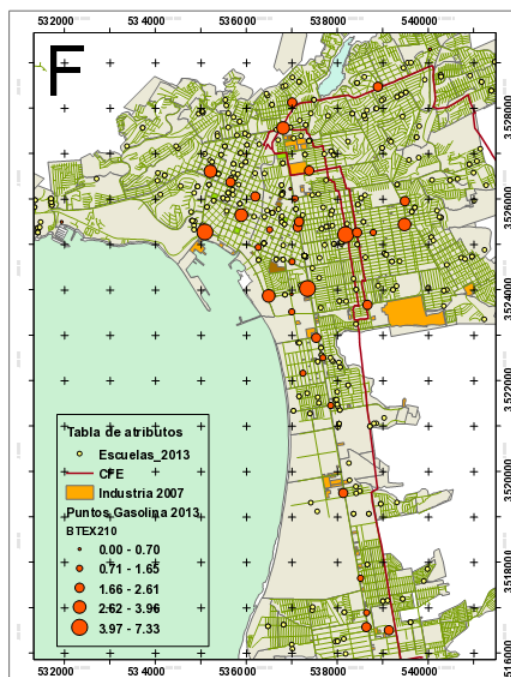
En resumen, la evidencia acumulada hasta ahora indica que los contaminantes atmosféricos son responsables de contribuir al aumento de la mortalidad general, de la mortalidad infantil, de la mortalidad de mayores de 65 años y de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas. Todos ellos son efectos indeseables para la salud de la población expuesta, de allí la importancia de lograr controlarla y eventualmente abatirla.

Los sitios de trabajo seleccionados, fueron escogidos teniendo en cuenta que se encontraban en el área de influencia de una estación de servicio, como de su volumen de emisión anual. Figura 15.4.

Con la información proporcionada de las ventas anuales del 2010, 2011 y 2012 por parte de la Subdirección Comercial, Gerencia de Ventas de Estaciones de Servicio de PEMEX Refinación y con el de Factor de Emisión para Estaciones de Servicio, se logra determinar la concentración promedio anual de exposición personal a benceno (CPEP) por estaciones de la Zona Urbana del Municipio de Ensenada. La CPEP fue significativamente mayor en la zona 3, en comparación con las restantes zonas de estudio, es por esto que se considera que el volumen de ventas anuales permite analizar la contribución de las gasolineras en la exposición personal a BTEX en la Zona Urbana de Ensenada, ya que de manera coincidente la población más afectada se localiza en la zona # 3.

En el figura, se muestra la comparación de la cantidad de emisiones al ambiente de BTEX en los diferentes establecimientos evaluados. Las concentraciones anuales de BTEX emitidas al ambiente por la presencia de gasolineras para los años 2010, 2011 y 2012, de los diferentes establecimientos evaluados. Para ellos se reportó que con las muestras 31 - 34 se dispensó mayor.

Figura 15.4 Concentraciones de benceno (t/a) emitidas al aire para 2013

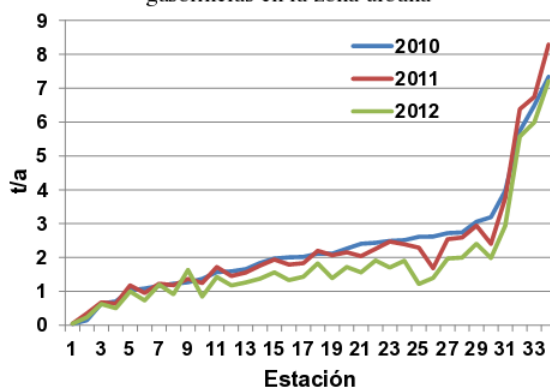


Cantidad de combustible y se atendieron más vehículos, que con las muestras 1-3, respectivamente.

La gasolina es una mezcla compleja y muy variable de hidrocarburos alifáticos y aromáticos de bajo peso molecular. Un grupo muy importante a considerar en la exposición laboral a estos vapores, es el componente aromático de bajo peso molecular (BTEX).

De entre ellos el más importante, bajo el punto de vista toxicológico, es el benceno ya que está considerado como un cancerígeno para el hombre por diversas organizaciones internacionales tales como la Agencia Internacional del Cáncer (IARC, 1987), The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2007).

Figura 15.5 Resultados de las emisiones anuales de COV's al ambiente por la presencia de gasolineras en la zona urbana



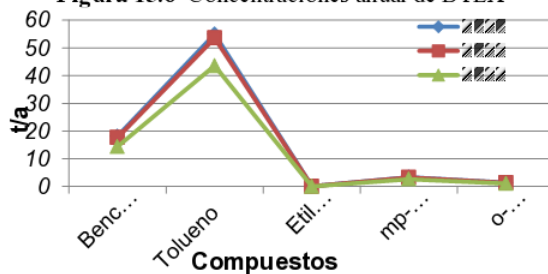
Este hecho también se ha puesto de manifiesto en trabajos realizados por diversos autores, los individuos que realizan la operación de despacho de combustible pueden estar expuestos a concentraciones muy elevadas de vapores de gasolinas.

Este hecho es particularmente importante en el caso de la exposición laboral del personal que realiza esta tarea a lo largo de toda la jornada laboral en estaciones de servicio, aunque recientemente también se han realizado estudios encaminados a estimar este riesgo para la población circundante a estas gasolineras (Egeghy, 2000).

En el figura 7 se muestra la comparación entre los promedios de concentración de BTEX por los tres años de venta de gasolina.

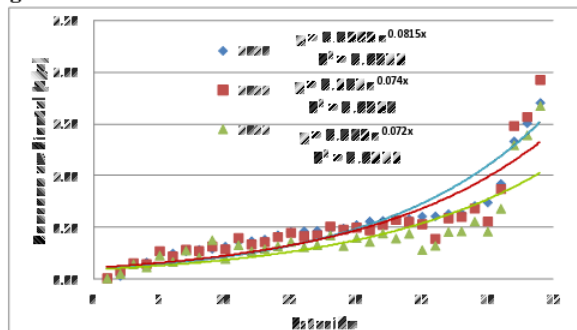
A partir de las concentraciones de benceno y de las variables de exposición estudiadas, se observó que ha bajado la venta de combustible en general o un mayor dispensado de diesel.

Figura 15.6 Concentraciones anual de BTEX



Las concentraciones de benceno en aire de 4 estaciones de servicio fueron superiores al promedio general, sin embargo como el volumen de gasolina despachado influye notablemente en los niveles de concentración de benceno en aire, se analizó la relación existente entre esta concentración y el volumen de gasolina vendido por cada gasolinera.

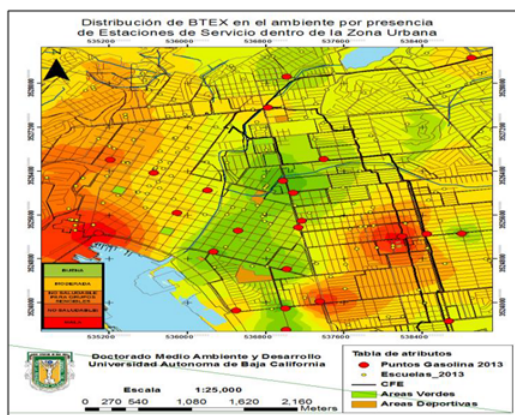
Figura 15.7 Relación entre concentración ambiental a benceno



En la Figura muestra el resultado del análisis de regresión no lineal tomando como variable dependiente los valores de emisión a la atmósfera en las 37 estaciones de servicio para los años 2010, 2011 y 2012, organizados de menor a mayor y tomado como variable independiente el volumen de ventas de cada gasolinera. Este análisis revela que aunque la venta de combustible ha bajado la emisión BTEX conserva el patrón año con año en las estaciones.

El mapa resultante Figura 9 permite reconocer que existen múltiples zonas de vulnerables a riesgo, para abordar problemas de evaluación multicriterio, los resultados dependerán de las metodologías empleadas y los datos que se incorporen al software para afrontar estos tipos de estudios.

Figura 15.8 Distribución de la contaminación por BTEX, dentro de la zona urbana de Ensenada Baja California



Estos resultados representan la primera aproximación espacial dentro de un problema de toma de decisiones al aportar las diferentes alternativas sobre las cuales se centrará el análisis por lo que se comprobó que, con las herramientas incorporadas actualmente en los SIG, es factible crear aplicaciones y abordar problemas concernientes a la toma de decisiones espaciales (García-zarate, 2013).

En los períodos de estudio, la correlación existente entre la concentración ambiental y el volumen expendido de gasolina fue estadísticamente significativa.

Con objeto de prevenir los riesgos derivados de esta exposición laboral se desarrollaron y fueron adoptados por algunos países, procedimientos concretos para minimizar el problema como el dotar a las mangueras de suministro de un ajuste flexible y hermético a la boca del depósito de combustible del vehículo, así como un doble trozo corto de tubería, una de las cuales conducía el combustible al depósito del vehículo mientras que la otra recogía los gases emanados del mismo, que el cierre hermético impedía que fueran a la atmósfera, para reconducirlos de nuevo al propio tanque.

15.3 Conclusiones

En estudios anteriores con poblaciones de sujetos expuestos a solventes neurotóxicos se ha confirmado en varias ocasiones que dicha exposición ha provocado déficit en tareas de atención, memoria de trabajo y de velocidad psicomotora. Lo que implica una correlación con los hallazgos reportados (Almirall, 2001; 2002), cabe destacar que el ítem estudiado de Concentración y memoria, resultó ser el más afectado, esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva, descrita por exposición crónica a solventes orgánicos (Maizlish, 1993).

En un intento por estudiar el estado de salud, la OMS acuña el término de salud ambiental y la define como “aquella que incluye tanto los efectos patológicos directos de sustancias químicas, la radiación y algunos agentes biológicos, así como los efectos (con frecuencia indirectos) en la salud y el bienestar derivados del medio físico, psicológico, social y estético en general, comprendiendo la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte”. (OMS, 2001).

Las alteraciones más comunes en los niños y jóvenes son los problemas de aprendizaje: atención, conducta, lenguaje, memoria, socialización, psicomotricidad, entre otros.

En la presente investigación se confirman el déficit anteriormente nombrado. La prueba aplicada en este estudio mostró ser consistente para diferenciar la neurotoxicidad de la población expuesta.

El presente estudio constituye una primera aproximación en la evaluación de la problemática que representa el uso de sustancias neurotóxicas, específicamente de BTEX, en el sector de estaciones de servicio y proporciona una importante base para la vigilancia epidemiológica.

Las calificaciones del Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológico PNF están asociadas a las alteraciones de salud en la esfera neurológica, neurofisiológica evaluadas, que reflejó una diferencia significativa ante la presencia de alteraciones neuroconductuales en la población expuesta con un 30%, lo que implica una correlación con los hallazgos reportados Almirall (2001), cabe destacar que el ítem estudiado de Concentración y memoria, resultó ser el más afectado, esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva.

Descrita por exposición crónica a solventes orgánicos, por lo cual se considera de gran importancia la aplicación de este cuestionario por ser sencilla y de fácil ejecución para detección precoz de alteraciones neurológicas.

Sin embargo, se debería ampliar este estudio a una mayor muestra poblacional que favoreciera con mayor claridad riesgos y afectación clínica, para una mejor toma de decisiones preventivas posteriores.

Se determinó que existe correlación entre la presencia de estaciones de servicio con alta facturación con la aparición de la sintomatología presente en la población estudiada, así como también con la edad.

Los principales efectos demostrados en este trabajo están dados por alteraciones del estado de ánimo como la depresión y la ansiedad, y los trastornos de la función cognitiva como lo son la pérdida o deterioro de la memoria reciente, la dificultad en la concentración y/o atención.

La Salud Pública tiene sus retos y sus responsabilidades importantes en cuanto a no solo mirar el fenómeno de la contaminación por BTEX como un problema ambiental registrado de manera simple. Se habla de un costo en los riesgos para salud cuando se puede evidenciar deterioro de la salud física y mental de poblaciones.

15.4 Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Benzene. Atlanta: *US Public Health Services*; 2007.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (2007) Documentation of the TLVs_ and BEIs_, 2007. Biological exposure index (BEI): ethylbenzene, hexane, toluene and xylenes. ACGIH, Cincinnati
- Almirall, Pedro; Mayor J; Rodriguez R; Del Castillo N. (1987). Manual de recomendaciones para la evaluación psicológica en trabajadores expuestos a sustancias neurotóxicas. *La Habana. Instituto de Medicina del Trabajo*.
- Almirall, Pedro; Hurtado. R. (1983). Aplicabilidad y confiabilidad de un cuestionario para conocer el efecto del plomo inorgánico sobre el psiquismo. *Revista Puertorriqueña de Psicología*. 1:5; 1983.
- Almirall Pedro.(2001). Neurotoxicología. Apuntes teóricos y aplicaciones prácticas. *Habana-Cuba. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores*.
- Almirall PJ, del Castillo NP, Mayor J. (2002). El PNF para la evaluación subjetiva en neurotoxicología. Un estudio sobre su validez en relación con las alteraciones neurológicas, neurofisiológicas y cognitivas. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*. 2002; 3(1-2):40-4.
- Bennett, D. A. (1997). A framework for the integration of geographical information systems and model base management, *International Journal of Geographical Information Science* 11(4): 337-357.
- Chen R, Semple S, Dick F, et al. (2001). Nasal, eye, and skin irritation in dockyard painters. *Occup Environ Med*; 58:542-3.

Comisión Nacional del Agua (CNA), (2003), "Plan de Manejo Integral del Acuífero del Valle de Maneadero, B. C.", *Subgerencia General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Desarrollo y Sistemas, S. A.*

Costa TL, Barboni MTS, Moura ALdA, Bonci DMO, Gualtieri M, et al. (2012) Long-Term Occupational Exposure to Organic Solvents Affects Color Vision, Contrast Sensitivity and Visual Fields. *PLoS ONE* 7(8): e42961.

Edling, C., Ekberg, K., Ahlborg Jr.G., Alexanderaon. R. (1990). "Long term follow up of workers exposed to solvents". *British Journal of Industrial Medicine*; 47:75-82

Egeghy, P.P. Tornero-Velez, R. Rappaport, S.M. (2000). Environmental and biological monitoring of benzene during self-service automobile refuelling. *Environ Health Perspect* 108:1195-1202.

Elliott P, Wakefield JC, Best NG, Briggs DJ. (2000). Spatial Epidemiology: Methods and Applications. *Oxford:Oxford University Press.*

EPA, 1973. U.S. EPA, "National Emissions Data System Control Device Workbook," *APTD-1570*, Research Triangle Park, NC, July, 1973.

EPA, 1995. Compilation of Air Pollution Emission, Factors (AP-42) – Volume I: Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina.

Greenberg MM. The central nervous system and exposure to toluene: A risk characterization. *Environ Res* 1997;72:1-7.

Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet*. 2006 Dec;368(9553):2167-78.

Hakkola N. (1994). "Neuropsychological symptoms among tanker drivers with exposure to solvents", *Occupational Medicine*, 44 (5):243-246

Hernández Sampier,R.Fernández Collado,C, Baptista Lucio,. C. Metodología de la investigación. *McGrawHill, México*, 1991,Pág.9-20

Hunting KL, Matanoski GM, Larson M, Wolford R. (1991). "Solvent exposure and the risk of slips, trips, and falls among painters". *Am J Ind Med* ; 20: 352-370.

Harari R, Harari H. (2006). Children's environment and health in Latin America. *Ann NY Acad Sci*; 1076: 660-77.

Hogstedt C., Lundberg L. (1992). Epidemiology of occupat neurobehav. Liozards. Methodological experiences from organic solvent research. *Rev. Epidemiol. Sante Publique* 40, Sppl. 1.

García-Zarate M. A., Arellano-García, M.E., R. Eaton-González. Castañeda-Yslas y G. González-Zepeda. (2013). Aplicación de SIG para detectar zonas de vulnerabilidad y riesgo por la ubicación de estaciones de servicio en la zona urbana. Caso estudio Ensenada, Baja California. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9 (1): 162-169

IARC (1987). "Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans". *An updating of IARC monographs. vol. 1±42, Suppl 7, Lyon, France.*

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). *Anuario de Estadística por Entidad Federativa*. INEGI–Aguascalientes, Ags. México. 594 p.

Kremer A. (2002). Astenia como motivo principal de consulta. En: Cámara MI, Romani A, Madoery C, Farias J (eds). *Avances en medicina 2002*. Buenos Aires: *Sociedad Argentina de Medicina*; p 287-98

Maizlish N, Feo O. (1993). Alteraciones neuropsicológicas en trabajadores expuestos a neurotóxicos. *Salud de los Trabajadores*. Jul;2(1):5-34.a.

Meyer-Baron M, Blaskewicz M, Henke H, Knapp G, Muttray A, et al. (2008). The impact of solvent mixtures on neurobehavioral performance: conclusions from epidemiological data. *Neurotoxicology* 29: 349–360.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), US. Department of Labor. OSHA standard -29 CFR 1910.1028 (7/1/1999), from *National Library of Medicine, HSDB: Benzene, CASRN: 71-43-2; 1999*

Organización Mundial de la Salud, (1982). Límites recomendados por razones de salud en la exposición profesional a determinados solventes orgánicos. *Serie de informes técnicos 664*. Ginebra, Suiza: *Editorial Gráficas Reunidas S.A.*; pp 28-43.

Radian International, Semarnap, 1996. México Emissions Inventory Program Manuals, *Volume III- Basic Emission Estimating Techniques*

Ribeiro H, Alves Cardoso MR. (2003). Air pollution and children's health in Sao Paulo (1986 – 1998). *Soc Sci Med*; 57: 2013-22.

Rivera-Ju, L.A. (2002). Niveles de Plomo en niños de 1 a 12 años en tres colonias de Ensenada, B.C., aspectos socioeconómicos, ambientales y legales, una propuesta de manejo de las fuentes de contaminantes. *Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México*. 69 pp.

Savolainen K, Riihimaki V, Linnoila M. (1979). "Effects of short-term xylene exposure on psychologic functions in man". *Arch Occup Environ Health*; 44: 201-211.

4.4 Participación en evento: Exposición a BTEX en población escolar por proximidad geográfica con gasolineras

Se presentan los resultados del análisis de la población escolar expuesta dentro de la zona urbana “Exposición a BTEX en población escolar por proximidad geográfica con gasolineras”. Una de las fuentes de emisión de estos contaminantes son las estaciones de servicios (ES) o gasolineras, que distribuyen gasolina al por menor para los automóviles, donde se producen emisiones por dos procesos: por el abastecimiento de las pipas en los tanques de almacenamiento y por la recarga de gasolina en los automóviles. Entre las emisiones de contaminantes más significativas de ES están los COVs, entre ellos benceno, tolueno, xileno, hexano, heptano, entre otras sustancias. La población más vulnerable y con mayor riesgo por inhalación de COVs son los niños de las escuelas cercanas a estos expendios, trabajadores y población circundante a la fuente de emisión. Los resultados de la investigación permitieron realizar un análisis integral de todos los indicadores, establecer comparaciones espacio-temporales y estratificar el riesgo por manzanas, para facilitar a tomadores de decisión o autoridades la implementación y/o modificación de políticas y programas de desarrollo urbano, la implementación de un sistema de monitoreo y un seguimiento enfocado en la mitigación y prevención de daños a la salud de los residentes de las zonas urbanas del estado.



EXPOSICIÓN A BTEX EN POBLACIÓN ESCOLAR POR PROXIMIDAD GEOGRÁFICA CON GASOLINERAS

García-Zarate Marco Antonio^{1,3}, Arellano-García María Evarista^{2,3,*}, Villada-Canela Mariana³, Santander-Monsalvo Jacobo³, Rodríguez-Revelo Natalia³

¹ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918 Zona Playitas Código Postal 22860 Ensenada, B.C. México. ² Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860. ³ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860.

*Autor de correspondencia: evarista.arellano@uabc.edu.mx

Resumen

En la zona urbana se generan diversos problemas por la contaminación atmosférica que concentra gran cantidad de compuestos químicos que afectan tanto a la salud humana como a la biota, los recursos hídricos y las estructuras expuestas al contacto atmosférico. Una de las fuentes de emisión de estos contaminantes son las estaciones de servicios (ES) o gasolineras, que distribuyen gasolina al por menor para los automóviles, donde se producen emisiones por dos procesos: por el abastecimiento de las pipas en los tanques de almacenamiento y por la recarga de gasolina en los automóviles. Entre las emisiones de contaminantes más significativas de ES están los COVs, entre ellos benceno, tolueno, xileno, hexano, heptano, entre otras sustancias. La población más vulnerable y con mayor riesgo por inhalación de COVs son los niños de las escuelas cercanas a estos expendios, trabajadores y población circundante a la fuente de emisión. Los resultados de la investigación permitieron realizar un análisis integral de todos los indicadores, establecer comparaciones espacio-temporales y estratificar el riesgo por manzanas, para facilitar a tomadores de decisión o autoridades la implementación y/o modificación de políticas y programas de desarrollo urbano, la implementación de un sistema de monitoreo y un seguimiento enfocado en la mitigación y prevención de daños a la salud de los residentes de las zonas urbanas del estado.

Palabras: vulnerabilidad socio-ambiental, planificación territorial, emisiones COV's, neurotóxico, riesgo tecnológico, exposición a riesgos, cartografía de riesgos en las zonas

Abstract

In urban areas, many problems are generated by air pollution that concentrates wealth of chemical compounds that affect both, human health and the biota, water resources and structures exposed to atmospheric contact. One of the sources of emissions of these pollutants are service stations (ES) or petrol stations, distributing retail gasoline for automobiles, where emissions occur by two processes: the supply pipes in storage tanks and by recharging gasoline in automobiles. Among the most significant pollutant emissions of VOCs are ES, including benzene, toluene, xylene, hexane, heptane, among other substances. The most vulnerable and most at risk from

inhalation of VOCs population are children from nearby schools to these outlets, workers and surrounding population to the emission source. The research results allowed for a comprehensive analysis of all indicators, spatio-temporal comparisons and risk stratification for apples, to provide decision makers or authorities the implementation and / or modification of policies and programs of urban development, implementing a system to monitor and track focused on mitigation and prevention of damage to the health of the residents of the urban areas of the state.

Key words: socio-environmental vulnerability, territorial planning, VOC emissions, neurotoxic, technology risk, risk exposure, risk mapping.

Introducción

En las últimas décadas, la contaminación atmosférica se ha convertido en uno de los principales problemas para la salud pública en las zonas urbanas, donde se concentra más de la mitad de la población mundial (Banco Mundial; Cohen 2005). Por su estado físico, cantidad y permanencia, los contaminantes orgánicos volátiles (COVs) presentes en el aire, afectan a las estructuras creadas por el hombre, la vegetación, la fauna, los seres humanos y de manera más severa a los niños (Wark 1998; Arnold 2013; Pauchard 2006).

El presente trabajo analiza riesgo para la salud de la población escolar, asociado a la exposición a benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX), que constituyen una parte de los COVs, emitidos por las estaciones que surten gasolina a los automóviles en las zonas urbanas de Baja California, México edificadas en las proximidades de centros escolares, utilizando para tal efecto un sistema de información geográfica (SIG) (OSHA 2004; ATSDR 2007).

Los BTEX, especialmente el benceno, son agentes no polares de carácter lipofílico con diversos efectos nocivos para la salud humana (Morales 2010; Bayliss 1997); en especial el benceno, es uno de los componentes de la gasolina que tiene baja tasa de excreción, efectos cancerígenos, mutagénicos y se les ha identificado también como disruptor endócrino (D'Andrea 2014; Arnold et al. 2013). Los padecimientos reportados por efectos del benceno son: anemia plástica, afección en la función del sistema nervioso central, edema pulmonar, hemorragia del tejido pulmonar y alteraciones citogenéticas en las células que

2º Congreso Nacional AMICA 2015

produce la médula espinal, lo que provoca que las células sean susceptibles al desarrollo del síndrome mielodisplásico secundario, también conocido como preleucemia o leucemia latente y de la leucemia mellitus aguda (Sans 1995; Bayliss 1997; Caprino 1998; Mehlman 2002; Steinemann 2008).

El control de las emisiones en zonas urbanas se ha enfocado en la normatividad de la industria y en la regulación de la circulación de automóviles en las grandes metrópolis como en la ciudad de México con los programas “hoy no circula” (Lacasaña-Navarro 1999), no obstante, a medida que aumenta el uso del automóvil en las ciudades, la emisión BTEX por el uso de gasolina se ha incrementado notablemente a pesar de que desde hace más de tres décadas se desarrollan iniciativas para reducir y mitigar sus volúmenes de emisión. En México la ubicación geográfica de las gasolineras no ha sido suficientemente atendida como un problema de salud ni de ordenamiento urbano. Debido a la compleja naturaleza de la contaminación del aire, se requiere de planes regionales para identificar las fuentes de emisión, así como del desarrollo de métodos para reducir el impacto sobre la salud ocasionado por la exposición a los contaminantes (Radian Internacional 1996; Gonzalez-Flesca 2002; Palmgren 2001; Srivastava 2005; Fernández-Villarenga 2005).

La mayor proporción de BTEX proviene de los depósitos de gasolina y también se genera en los procesos de carga y descarga de combustible (Radian Internacional 1996). En México, la composición de la gasolina ha sufrido cambios desde 1986, ya que a partir de ese año se inició el proceso de reducción de plomo, que actualmente alcanza una especificación de 0.3 g Pb/gal para el valle de México y de 1.0 g Pb/gal para el resto del país. Esta reducción trajo consigo el incremento de otros componentes para mejorar el octanaje, tales como butano y benceno, tolueno y xileno (Cruz-Otíz 1999; Leiva-Nuncio 1996).

Este trabajo se basa en estimaciones a partir de datos proporcionados por los diferentes sectores gubernamentales para las zonas urbanas de Baja California nivel de manzanas, lo que facilita la estratificación de un conjunto de elementos ambientales, tales como la determinación de la situación de salud en diferentes áreas, la generación y análisis de hipótesis de investigación, así como la identificación de grupos de población que se encuentran en diferentes niveles de riesgo con relación a la salud (Bennett 1997; Bosque 2004).

Se analiza la exposición a BTEX en la población circundante en relación a un radio de 300 m de la fuente de emisión, en este caso de las gasolineras dentro del estado de Baja California, tomado como base el estudio de Fromm *et al.* (2006), sobre la calidad del aire en escuelas, residencias y lugares públicos.

Según datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), a mediados del 2014, hay en México 33 millones 524 mil 563 menores de 15 años que representan el 28% de la población total, lo cual implica un reto para el Estado y Sociedad Mexicana. Los niños son más vulnerables a los posibles efectos en la salud, debido a que tienen una susceptibilidad mayor que los adultos, considerando factores como la proporción de su peso corporal, mayor frecuencia respiratoria, mayor capacidad de absorción intestinal y patrones de hábitos y juegos que

permiten más exposición; por otro lado, es importante considerar la inmadurez de sus órganos especialmente en su periodo de crecimiento y en el desarrollo de los sistemas corporales, donde la exposición se da desde el vientre materno (Lynge 1997; Caprino 1998; SSA 2004; WHO 2007; Tellerias 2008).

Materiales y métodos

Se tramitó el acceso a información geográfica a través las diferentes agencias gubernamentales como Petróleos Mexicanos (PEMEX), Consejo Nacional de Población (CONAPO), la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI). Con base en esta información se desarrolló una de tabla de atributos (base de datos) como lo sugiere Bennett (1997), con las coordenadas de ubicación las gasolineras y los centros educativos, en las diferentes manzanas de las zonas urbanas de los municipios del estado de Baja California: Playas de Rosarito, Tecate, Ensenada, Mexicali y Tijuana. Se incorporó al análisis los factores de emisión de BTEX para cada gasolinera. La determinación de las emisiones de BTEX se realizó mediante un factor de emisión que se definió como el volumen de materia prima o combustible de un determinado contaminante a la atmósfera, como resultado de actividades de la carga del combustible (EPA 2003). Como los factores de emisión son valores medios, estas emisiones estimadas son diferentes en alguna medida a las emisiones reales, las cuales sólo se pueden conocer por medición directa en la fuente. Hoy en día existen diferentes fuentes de consulta para obtener un factor de emisión para determinado proceso para los factores de emisión como lo recomienda la AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (EPA 1995; EPA 1995a). Como resultado del modelado de los factores de emisión de BTEX y su dispersión se obtuvieron valores de concentraciones para cada estación de servicio dentro de las zonas urbanas de los municipios estudiados.

Una vez elaborada la tabla de atributos, y a través de un sistema de información geográfica (SIG) se simularon diferentes escenarios de exposición y radios de influencia, mediante el programa Quantum GIS 2.4.0.

Con base en el análisis de los diferentes escenarios visualizados se crearon los planos base y posteriormente se elaboraron mapas temáticos mediante el método de interpolación, donde se modelaron variables espaciales, con la finalidad de modelar los flujos de BTEX, determinar sus radios de afectación y evaluar la población afectada en la zona urbana de los cinco municipios bajo estudio (Knox 1997; Karakitsios 2007; Hystad 2011). El modelo seleccionado fue realizado por Interpolación por distancia inversa (Inverse Distance Weighting, IDW por sus siglas en inglés), el cual asume que cada punto muestreado tiene una influencia en su vecindad que disminuye con la distancia.

La clasificación de la vulnerabilidad se efectuó asignando ponderadores a cada uno de los factores involucrados, para representar zonas de vulnerabilidad sobre los mapas temáticos.

Estos mapas indican finalmente el lugar donde es factible encontrar problemas ambientales por emisión de BTEX por las gasolineras y sus posibles niveles de riesgo asociados.

2º Congreso Nacional AMICA 2015

Resultados y discusión

En Baja California (BC) existen 509 franquicias de PEMEX, con mayor concentración en Tijuana, Mexicali y Ensenada con 199, 194 y 83 estaciones respectivamente, las 33 restantes están repartidas equitativamente entre Tecate y Playas de Rosarito. Se encontró que en las zonas urbanas de Baja California una estación de servicio atiende en promedio entre cuatro mil y seis mil habitantes. Al realizar el análisis de los escenarios geográficos, para cada municipio incorporando la ubicación de las escuelas, los factores de emisión y el radio de influencia de 300 metros alrededor de cada gasolinera, es posible encontrar que la distribución de estaciones de servicio dentro de las zonas urbanas se encuentran muy próximas a zonas habitacionales y escuelas de pre-escolar y primarias.

Tabla I. Estimación de la población escolar en riesgo de afectación con base en la distribución de las estaciones de servicio en el estado de Baja California.

Municipio	Total Escuelas	Total de alumnos	Escuelas dentro del radio de 300 m	Alumnos dentro del radio de influencia	% de alumnos en riesgo
Playas de Rosarito	158	29362	22	4115	14 %
Tecate	193	28620	15	4224	15 %
Ensenada	950	146614	60	15722	11 %
Mexicali	1440	285040	102	27364	10 %
Tijuana	1913	438188	222	32276	7 %
TOTAL	4654	927824	421	83701	57 %

Dependiendo de la ubicación de la estación de servicio y las emisiones liberadas a la atmósfera, su área de influencia puede llegar a cientos de metros. Un estudio realizado en España (Terres 2010) mencionó que el impacto de las emisiones se extienden hasta un radio de influencia de 200 m., en cambio en estudios hechos en las ciudades brasileñas, es común encontrar residuos de emisiones desde las fuentes de emisión en edificios dentro un radio de cobertura de 300 metros (Silva 2009; Santos 2013), condición que es común dentro de nuestro estado. Un estudio realizado en Grecia (Karakitsios 2007) indicó que las personas en las inmediaciones de las estaciones de servicio se encuentran entre un 3 a 21% de riesgo de padecer cáncer.

En este estudio al efectuar un *buffer* de 300 metros se determinó que más de la mitad (57 %) de la población escolar en el Estado se encuentra en riesgo (Tabla I).

En la Tabla I es posible detectar que los municipios con mayor población afectada son Tijuana, Mexicali y Ensenada en orden, aunque proporcionalmente son los municipios de Playas de Rosarito y Tecate donde el número de gasolineras se ubican fuera del radio de afectación.

El mapa temático Figura 1, muestra el caso de la localidad de Ensenada como un ejemplo de lo que sucede en todos los municipios de Baja California, la distribución de las escuelas

con respecto al radio de influencia de 300 metros de las gasolineras en las manzanas de, mostrando claramente que son alrededor de 60 centros escolares ubicados en este radio. Una cuestión importante a considerar son los volúmenes de emisión de cada gasolinera los cuales difieren de una a otra, y sobre todo en lo que respecta a los componentes de la gasolina y su peligrosidad para la salud.

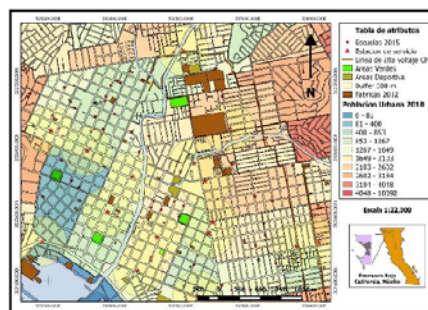


Figura 1. Escenarios de riesgo de la población escolar expuesta a emisiones de BTEX por las gasolineras en la zona urbana de Ensenada, B.C.

En el SIG se observa una amenaza derivada de la ubicación de estaciones de servicio a la zona urbana de Ensenada, BC, a los que se asocian los centros escolares. En los últimos años estudiantes escolares y población se han visto afectados por liberaciones de 870 t/a de COV's para el 2012. Las zonas se agruparon de acuerdo con el número de escuelas y colegios dentro de los radios establecidos.

Con la estimación del riesgo en salud, se pretende conocer la dosis aproximada del contaminante que está siendo absorbido por el individuo expuesto, para con esto estimar los efectos para la salud de los contaminantes de interés Figura 2. En la estimación, se utilizan la dosis de exposición, tomando en cuenta cuál o cuáles son las rutas de exposición y la concentración del compuesto en el medio contaminado.

Los resultados que se presentan a continuación no cuantifican la relación dosis respuesta de la población, ni estiman cuantitativamente el impacto, sino que ofrecen información sobre el nivel de riesgo que enfrentan los habitantes en función de la distribución espacial de los contaminantes. En el estado de BC existe una amenaza derivada de la ubicación de las ES como son las comunidades o poblados, a los que se asocian los centros educativos.

Tomando en cuenta las características que presenta el benceno, por ser un agente cancerígeno, es importante que durante el desarrollo de una nueva estación de servicio, se realice un estudio, donde debe dejar la mayor distancia posible entre las edificaciones aledañas y el área de venta de combustible, esto para disminuir las concentraciones de contaminantes, como lo muestra Figura 2 para el caso de Tijuana como un ejemplo de lo que ocurre en todo el Estado de Baja California con relación a las emisiones de Benceno.

2º Congreso Nacional AMICA 2015

Consideremos por tanto necesario, iniciar un proceso que permita cambiar la forma de expresar los indicadores económicos, demográficos, sociales y de salud y elaborar métodos que posibiliten análisis alternativo con las nuevas informaciones producida para generar nuevo conocimiento sobre la distribución geográfica del problema de salud y se evidencie a la medición de la desigualdad e inequidad en las diferentes zonas urbanas del estado.

Con las herramientas incorporadas actualmente en los SIG, es factible crear aplicaciones y abordar problemas concernientes a la toma de decisiones espaciales (García-Zarate 2013). En los periodos de estudio, la correlación existente entre la concentración ambiental por las ES y la presencia de escuelas fue estadísticamente significativa.

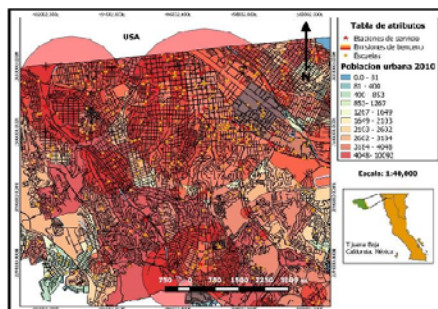


Figura 2. Distribución de la contaminación por Benceno, dentro de la zona urbana de Tijuana, Baja California.

Conforme la ciudad crece, la isla de calor (fenómeno que se produce en las ciudades y cuyo origen está en las estructuras urbanas) también lo hace y se produce además un efecto de retroalimentación, ya que mayores distancias suponen un incremento del uso del vehículo, con mayores emisiones de gases contaminantes, mayor consumo de combustibles fósiles y mayor producción de dióxido de carbono.

La información anterior nos indica que grandes grupos de población urbana están cotidianamente expuestos a COV's, siendo necesario estimar cuál es el riesgo que dichas exposiciones representan para la salud de la población.

Conclusiones

Existe una amplia evidencia científica mundial de la asociación entre daños a la salud humana y la exposición a la población de sustancias tóxicas a las cuales nos exponemos día a día. Los niños, adolescentes y las embarazadas son el sector de la población más susceptible a sufrir daño a la salud.

Existe información limitada sobre la exposición de la población mexicana a agentes cancerígenos en el aire, lo mismo sobre los posibles efectos relacionados al habitar alrededor de las ES donde se está expuesto a niveles variables de contaminación atmosférica de forma continua, por lo que a través de este trabajo se concluye que la polución generada por las emisiones a la atmósfera es un factor determinante en el incremento de las

patologías respiratorias donde la población infantil predominante en las mismas, presenta mayor vulnerabilidad al impacto ambiental de los contaminantes emanados a la atmósfera.

Sería conveniente identificar todos los proyectos sobre el impacto ambiental de las áreas urbanas existentes que de alguna forma incluyan valoraciones sobre la salud infantil por lo que es de suma importancia financiar proyectos para el cuidado del medio ambiente y la salud. Los resultados de estos estudios deberían aprovecharse para una mejor valoración de la influencia de factores ambiental en el desarrollo de los niños y por sus posibles alteraciones neurológicas en el desarrollo de sus etapas de crecimiento.

La mayor parte de la información que existe en América Latina, no cuenta con la información detallada para mejorar las condiciones ambientales de las áreas urbanas, por lo que hay que hacer investigación y obtener datos a nivel local que proporcionen a los gobiernos locales la información que necesitan para tomar decisiones en la planeación urbana.

Con el fin de proteger a la población infantil, se requiere establecer medidas de control de las fuentes emisoras de estos contaminantes así como en algunos casos de las rutas de exposición, para lo cual es necesario conocer a profundidad de qué manera contribuyen cada una en los valores de exposición. El benceno debe ser considerado tóxico prioritario que ponen en riesgo la salud de la población infantil.

Éstos resultados contribuyen con información de gran utilidad para contextualizar futuros estudios epidemiológicos que posibiliten una caracterización más detallada de la zona urbana en los cuales deberán considerarse, además de la exposición a contaminantes ambientales, otros factores que influyen en el desarrollo de patologías de la población expuesta.

Estos resultados ponen de relieve la necesidad de ampliar el concepto de justicia ambiental para incluir a los niños como una población vulnerable, lo que los hace particularmente dependientes de las políticas ambientales para proteger las escuelas, los niños de los niveles de contaminación del aire.

Es necesario desarrollar un sistema de vigilancia en salud pública específico en el estado, que combine la vigilancia de riegos y daños ambientales y humanos, con el fin de minimizar la exposición de vapores de gasolina a fin de proteger la salud de la población afectada y el medio ambiente. Para lo cual el sector salud, las autoridades ambientales, centros de investigación y universidades tienen que establecer un fuerte interfaz de colaboración interdisciplinaria para la realización de estudios de evaluación de riesgos antropogénico que afecta a la población expuesta.

Referencias

- Administración ocupacional de la seguridad y de la salud (OSHA). (2004). Medical surveillance guidelines for Benzene. U.S. Department of Labor.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). Toxicological Profile for Benzene. Atlanta: US Public Health Services

2º Congreso Nacional AMICA 2015

- Aksoy, M. 1988. Benzene Heterotoxicity. In Benzene Carcinogenicity; Aksoy, M., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, pp 59-112.
- Arnold, S. M., Angerer, J., Boogaard, P. J., Hughes, M. F., O'Lone, R. B., Robison, S. H., & Schnatter, A. R. (2013). The use of biomonitoring data in exposure and human health risk assessment: benzene case study. *Crit Rev Toxicol*, 43(2), 119-153.
- Barraza-Villarreal, A., J. Sunyer. (2008). Air pollution, airway inflammation, and lung function in a cohort study of Mexico City schoolchildren, *Environ Health Perspect* 116(6):832-8.
- Bayliss, D; Chen, C; Jarabek, A; Sonawane, B; Valcovic, L. (1997). Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. Asociación de Protección al Ambiente de Estados Unidos: Centro Nacional de la Evaluación del Ambiente.
- Bennett, D. A. (1997). A framework for the integration of geographical information systems and model base management, *International Journal of Geographical Information Science* 11(4): 337-357.
- Bosque S. J., Díaz C. C., Díaz M., Gómez D. M., González F.D., Rodríguez E., Salado G. M. (2004). Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la Comunidad de Madrid, *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 44-78.
- Caprino, Luciano and Giuseppina I. Togni. (1998). Potential health effects of gasolina and its constituents: A review of current literature (1990-1997) on toxicological data. *Environmental Health Perspectives* 106(3): 115-125. March.
- Cohen AJ, Ross Alexander H, Ostro B, Pandey KD, Kryzanowski M, Künzli N. (2005). The global burden of disease due to outdoor air pollution. *J Toxicol Environ Health A*. (68): p. 1-7.
- Consejo Nacional de Población. (2014) Situación Demográfica. www.conapo.gob.mx
- Correa SM, Arbilla G, Marques MRC, Oliveira KMPG. (2012). The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. *Atmospheric Pollution Research*; 3: 163-9.
- Cruz-Otíz, H. (1999). Elaboración de Gasolina en Pemex Refinación, in Octanaje. PEMEX.
- Curtis, L., W. Rea. 2006. Adverse health effects of outdoor air pollutants, *Environ Int* 32(6): 815-30
- Fernández-Villarreal, V., López-Mahía, P., Muriategui-Lorenzo, S., Prada-Rodríguez, D. (2005). Possible influence of a gas station on volatile organic compounds levels in the ambient air of an urban area. *Fresenius Environmental Bulletin* 14, 368e372.
- García-Zarate M. A., Arellano-García, M.E., R. Eaton-González, Castañeda-Yslas y G. González-Zepeda. (2013). Aplicación de SIG para detectar zonas de vulnerabilidad y riesgo por la ubicación de estaciones de servicio en la zona urbana. Caso estudio Ensenada, Baja California. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9 (1): 162-169
- Goldstein, B.D. (1977). Hematotoxicity in humans, *J. Toxicol. Environ. Health*, 2 (Suppl.), 69-105.
- Gonzalez-Flesca, N., Vardoulakis, S., Cicolella, A., (2002). BTX concentrations near a stage II implemented petrol station. *Environmental Science and Pollution Research* 9, 169e174
- Environmental Protection Agency, EPA. (2003). Air Quality Index. Aguide to Air quality and your health. Washington: EPA. (EPA-454/k-03-002)
- Fromm H, Dietrich S, Twardella D, & Heitmann D. (2006). Indoor air concentration of particulate matter (PM10 and PM2.5) in German schools. *Ecology and the Environment* 86: 393-98.
- Hystad P, Setton E, Cervantes A, Poplawski K, Deschenes S, Brauer M, van Donkelaar A, Lamsal L, Martin R, Jerrett M, Demers P. (2011). Creating National Air Pollution Models for Population Exposure Assessment in Canada. *Environ Health Perspect*, 119:1123-1129.
- Kampa, M. and E. Castanas. (2008). Human health effects of air pollution, *Environ Pollut* 151(2): 362-7.
- Karakitsios, S.P., Delis, V.K., Kassomenos, P.A., Pilidis, G.A., (2007). Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: estimation of the associated health risk. *Atmospheric Environment*; 41, 1889-1902
- Klassen, C.; Amdur, M.; Doull, J. (1986). Casarett and Doull's Toxicology, the Basic Science of Poisons. Klassen, C., Ed.; Macmillan Publishing Co.: New York.
- Knox EG. (1994). Leukaemia clusters in childhood: geographical analysis in Britain. *J Epidemiol Commun Health*; 48: 369-376
- Knox EG, Gilman EA. (1997). Hazard proximities of childhood cancers in Great Britain from 1953-80. *J Epidemiol Commun Health*; 51: 151-159
- Lacasaña-Navarro, Marina, Aguilar-Garduño Clemente y Romieu Isabelle. (1999). Evolución de la contaminación del aire impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud pública de México / vol. 41, no. 3*, 203-215
- Laden F, Neas L, Dockery D, Schwartz J. (2000). Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environmental Health Perspectives* 108: 94-97.
- Lacasana, M., A. Esplugues. (2005). Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects, *Eur J. Epidemiol* 20(2): 183-99
- Leiva-Nuncio, M., Salazar-Sotelo, D., Martínez-Bermúdez, M. (1996). Gasolina reformulada: Nueva opción para el público consumidor, in Octanaje. PEMEX.

2º Congreso Nacional AMICA 2015

- Lippman M, Ito K, Nadas A, Burnett R. (2000). Association of particulate matter components with daily mortality and morbidity in urban populations. *Research Report-Health Effects Institute* 95: 5-72.
- Lynge E, Andersen A, Nilsson R, Barlow L, Pukkala E, Nordlinder R, Boffetta P, Grandjean P, Heikkila P, Horte L.G. (1997). Risk of cancer and exposure to gasolina vapors. *Am J Epidemiol* 145:449-458.
- Maisonet, M., A.Correa. (2004). A review of the literature on the effects of ambient air pollution on fetal growth, *Environ Res* 95(1): 106-15.
- Mehlman, M.A. (2002). Carcinogenic effects of benzene: Cesare Maltoni's contributions. *Ann N Y Acad Sci.* 48-137.
- Morales I, Doval M., González E, Baeza E., Barberá J. (2010). Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings, *Journal of environmental management*.
- Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R., Skov, H. (2001). Benzene emission from the actual car fleet in relation to petrol composition in Denmark. *Atmospheric Environment* 1, S35eS42.
- Paucharda, A., Aguayob, M., Pefiaa, E., Urrutia, R. (2006). Multiple Effects of Urbanization on the Biodiversity of Developing Countries: The Case of a Fast-Growing Metropolitan Area (Concepción, Chile). *Biological Conservation*. 127, 272-281.
- Radian International. (1996). Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen IV. Desarrollo del Inventario de Fuentes Puntuales. Radian Internacional. 15 de agosto de 1996.
- Robert L. Pearson, Howard Wachtel & Kristie L. Ebi. (2000). Distance-Weighted Traffic Density in Proximity to a Home Is a Risk Factor for Leukemia and Other Childhood Cancers, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50:2, 175-180.
- Romieu, I., Meneses F. (1996). Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City, *Am J Respir Crit Care Med* 154(2 Pt 1): 300-7.
- Romieu I, Moreno-Macias H., London S.J. (2010). Gene by environment interaction and ambient air pollution, *Proc Am Thorac Soc.* May; 7(2): 116-22.
- Sans S, Elliott P, Kleinschmidt I, Shaddick G, Pattenden S, Walls P, Grundy C, Dolk H. (1995). Cancer incidence and mortality near the Baglan Bay petrochemical works, South Wales. *Occup Environ Med.* Apr; 52(4):217-24.
- Santos, M. D. A., Tavora, B. E., Koide, S., & Caldas, E. D. (2013). Human risk assessment of benzene after a gasoline station fuel leak. *Revista de Saúde Pública*, 47(2), 335-344.
- Silva, F.L.D., dos Santos, J.R., Moita, J.M., da Silva, R.L.G.D., Flumignan, D.L., de Oliveira, J.E. (2009). Determination of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in commercial gasoline from Piauí State. *Química Nova* 32, 56-U64
- SLY P D, FLACK F. (2008). Susceptibility of children to environmental pollutants. *Ann N Y Acad Sci*; 1140: 163-83.
- Srivastava, A., Joseph, A.E., More, A., Patil, S. (2005). Emissions of VOCs at urban petrol retail distribution centres in India (Delhi and Mumbai). *Environmental Monitoring and Assessment* 109, 227e242.
- SSA (Secretaría de Salud). (2003). Perfil de la salud ambiental infantil en México. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsana/e/fulltext/perfiles/mexico.pdf>
- Steinemann, A.C. (2008). Fragranced consumer products and undisclosed ingredients. *Environmental Impact Assessment Review* 29, 32e38
- Tellerías CL, Paris E. (2008). Impacto de los tóxicos en el neurodesarrollo. *Rev Chil Pediatr.*; 79 Supl (1): 55-63.
- Terres, I.M.M., Minarro, M.D., Ferradas, E.G., Caracena, A.B., Rico, J.B. (2010). Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. *Journal of Environmental Management* 91, 2754-2762
- US EPA. (1995). (The United States Environmental Protection Agency), *Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Stationary Point and Area Sources*. Research Triangle Park, NC, AP-42.
- US EPA. (1995). (United States Environmental Protection Agency) *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*. 5th Edition, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. 1995.
- Wark, K., Warner, C., Davis, W. (1998). *Air Pollution: Its Origin and Control* (3rd Edition). Berkeley: Prentice.
- Wigle, D. T., T. E. Arbuckle. (2007). Environmental hazards: evidence for effects on child health, *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 10(1-2): 3-39.
- WHO. (2007). World Health Organization. *Indoor Air Pollution From Solid Fuels and Risk of Low Birth Weight and Still Birth*. Geneva, Switzerland: WHO Press. (http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241505735_eng.pdf)

4.5 Artículo publicado: Risk scenarios, based on the IFLH of benzene, in the population near gas station of three cities in Baja California, Mexico.

En el capítulo se presentan los escenarios de riesgo en base al factor ILDH de dispersión de contaminantes “Escenarios de riesgo basados en el ILDH del benceno en población próxima a estaciones de servicio en tres municipios de Baja California, México” (Risk scenarios, based on the IDLH of benzene, in the population near gas stations of three cities in Baja California, México). Los hidrocarburos aromáticos por sus propiedades fisicoquímicas, son un grupo de sustancias que tienen diversos usos en la industria y se encuentran presentes en la gasolina que se usa como combustible para los automóviles. El uso automotriz es la actividad que está reconocida como una importante fuente de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVS), entre los cuales resalta el BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) cuyos efectos sobre la salud se consideran de gran impacto. Este trabajo pone de un procedimiento de evaluación de las consecuencias de los accidentes con sustancias peligrosas emitidas a la atmosfera, especialmente durante el abastecimiento de las pipas en los tanques de almacenamiento y por la recarga de gasolina en los automóviles. El procedimiento se basa en la identificación de escenarios de accidentes que podrían encontrarse en las estaciones de servicio (Gasolineras), seguido por un modelado de estos escenarios por medio de sistemas de información geográfico, bases de datos, factor de emisión de gasolina y IDLH (Riesgo de exposición al contaminante en el aire tal, que la exposición podría causar la muerte o efectos adversos para la salud). Por último, los resultados que se obtuvieron se identifican los efectos sobre la población circúndate a la fuente de emisión del contaminante. Los resultados de estos estudios pueden ser utilizados para una rápida estimación de accidentes consecuencias de un orden de magnitud.



Research Paper

Risk scenarios, based on the IDLH of benzene, in the population near gas stations of three cities in Baja California, Mexico

Accepted 29th August, 2015

ABSTRACT

For their physical-chemical properties, aromatic hydrocarbons are a group of substances greatly used in the industry. They are used in the gasoline to fuel automobiles. The automotive industry is known as a strong source of VOC (volatile organic compounds) emissions including BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, xylene) which can affect one's health. This paper presents an evaluation process of the consequences from accidents regarding harmful substances emitted to the atmosphere especially when supplying the gas storage tanks and filling car tanks. This procedure consists of identifying the different danger scenarios that could happen in gas stations, followed by the modeling of these through geographic information systems (GIS), data bases, gasoline emission factors and IDLH (the risk by exposure to the contaminant which can lead to severe health problems and even death). Finally, the effect on the population surrounding the source of the contaminant's emission is stated in the results. These results can be helpful for a rough estimation of consequential accidents in an order of magnitude.

Key words: Socio-environmental vulnerability, technological risk, risk mapping, GIS, COV emissions, BTEX.

García- Zarate Marco Antonio^{1,3}, Arellano- García, María Evarista^{*2}, Mariana Villada Canela², Víctor Wagner Barajas- Carrillo², Ricardo Eaton- Gonzalez², Christine Alysse Von- Glascoe³

¹CICESE, Ensenada- Tijuana highway #3918, Playitas, 22860 Ensenada, B.C. Mexico.

²Universidad Autónoma de Baja California, Km 103 Tijuana- Ensenada highway, Baja California 22860, Mexico.

³Colegio de la Frontera Norte, Esplanada Tijuana- Ensenada Km 18.5, San Antonio del Mar 22560 Tijuana, B.C. Mexico.

*Corresponding author. E-mail: evarista.arellano@uabc.edu.mx.

INTRODUCTION

The urbanization and ever-growing urban-industrial activity are aggravating environmental problems in cities of developing countries and increasing the vulnerability of urban residents to both natural and technological disasters (Kreimer, 1992). In a globalized economy, like the one we live in today in great part of the world, fuel is a crucial factor for the economic development of towns. These towns must carry enough distribution centers and gas stations to provide for their daily activities specially, regarding transport and mobility of goods and people.

The NIOSH (National Institute of Occupational Security and Health) defines the values of concentration of different substances in the atmosphere in which they become dangerous to life and health. These values are called Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH). The

values of concentration in the atmosphere are measured by the effects of an acute exposure of a human being, whether this can deteriorate one's health enough to cause gradual death. A list of these values can be found in a document at the Center for Disease Control and Prevention (CDC) (<http://cdc.gov/niosh/idlh/intrid4.html>).

This research uses the values given by the IDLH for benzene emitted during operations at the gas stations and incorporates a geographic information system to represent the risk scenarios and vulnerability in the population neighboring the gas stations in three cities of Baja California, Mexico.

Gasoline is the main fuel used for automobiles in urban areas. Therefore, the population is exposed to this complex mixture through air, dirt/dust, food and water. There are

many health effects this mixture can produce since there is benzene in it. This substance on its own is known to be genotoxic, carcinogen, haematotoxic, neurotoxic and acts as an endocrine disruptor (ATSDR, 2009).

A complex mixture is defined as a combination of compounds which can be partly characterized, qualitatively and quantitatively and can be found in different concentrations (ATSDR, 2004a). Gasoline is a complex mixture made up of carbohydrates, mainly aliphatic and some aromatic, of relatively low molecular weight. Its components are, in different proportions, aliphatic compounds C5 to C9 and aromatic compounds like benzene, toluene, ethylbenzene and xylene isomers (BTEX). The composition of gasoline in Mexico has changed throughout the years since 1986 when the lead reduction process began. The current specification is 0.08 g L⁻¹ for Valle de Mexico and 0.6 g L⁻¹ for the rest of the country. This reduction brought an increase on other components such as butane, benzene, toluene and xylene to improve the octane (Cruz- Ortiz, 1999; Leiva-Nuncio, 1996).

The operations in gas stations in Mexico are filed in a series of documents emitted by the three levels of government. The city level, though, is the one in charge of making these norms valid. As it happens in almost every environmental topic in Mexico, the interpretation of norms by the town council of the approximately 2456 Mexican cities and 16 metropolitan delegations of Distrito Federal, contrast with the international regulatory frameworks, federal laws, state laws and Civil Protection in matters of security and risk prevention.

Another important topic is the applicability of regulations in local gas stations such as the preventive measures set for gasoline leakage or drainage risks in the subsoil and surface as well as soil restrictions to protect the underwater soil. There are hardly ever any measures to regulate the emissions to the atmosphere that take into account the health of the employees and urban population surrounding these sites.

For all this, the civil protection law establishes that it is the governments of the three levels' responsibility to incorporate and make the Civil Protection National System work and also to encourage the development of projects, studies and investments necessary to broaden and modernize the coverage of measurement systems of different natural and anthropogenic phenomenon. These are made to avoid risks that can put the population's health and life in danger (Civil Protection General Law 2012, Sec.25). Determining risk zones and vulnerability of the population near the gas stations using indicators such as ILDH, of relatively simple application, can deliver minimal and maximal values of exposure for those people.

Currently, there are two types of gasoline in the market: Pemex Premium which contains a maximum of 2.0% in benzene volume, and Pemex Magna which has a maximum of 3.0% (SENER, 2011). One of the major issues internationally, within the urban areas, is the atmospheric

contamination (Nowak et al., 2006; OMS, 2006; WH, 2004; Leikauf, 2002) as a product of anthropogenic activity. Various authors like Samet and Krewski (2007), Delfino (2002) and Romieu et al. (2008), point to acute exposure to air pollutants as a factor that elevates significantly the death and morbidity rates (CAM, 2011) and public expenditure destined to treat related illnesses.

Up to this day, there aren't any studies that define parameters or limits to the maximum levels of benzene, ethylbenzene, toluene and xylene allowed in gasoline in the Mexican legislature. This paper attempts to analyze an approach to the estimation of risk, which is not only simple and fast but dense depending on the source of pollutant emissions in urban areas due to gas stations.

The health risks for the people who work filling car tanks at gas stations as well as the people exposed to this emissions through the environment are numerous (Atkinson, 2000; Khoder, 2007). Some have even categorized these emissions as carcinogenic like the BTEX group. In the BTEX group, benzene is the most dangerous compound due to its low excretion rates and high solubility. The hematotoxicity of benzene is manifested in the bone marrow and produces the progressive destruction of the myeloid and erythroid components. This translates to a decrease in platelets and erythrocytes in the blood (Adgate, 2004; WHO, 2004; EPA, 2000; Cianni, 2009; Wichmann, 2009; Massolo, 2010; Lacasaña, 2008; Snyder, 2002; Nordlinder and Bengt, 1997).

The use and application of the ILDH for decision making can improve the efficiency, effectiveness and transparency of the process. This can be interpreted by both experts and laypeople to make agreements since the decisions made using a multipersonal framework instead of a traditional unipersonal one (Nijkamp, 2000) are more effective.

METHODOLOGY

The contamination by heavy metals and aromatic hydrocarbons is a problem that has prevailed for some time but now it has become a main concern for its negative effect on water, soil, air, vegetation, animals and human health. The risk analysis is a tool used to estimate the level of potential danger of an industrial activity for people, the environment and goods in terms of quantifying the magnitude of damage and probability of occurrence. It intends to study, evaluate, measure and prevent malfunctions and breakdowns in the technical systems and operative procedures that can begin or trigger accidents (Gutierrez, 2004).

The methodology applied comes from a data base that feeds a geographic information system (GIS) using a QGIS 2.4.0 software, based on PEMEX's annual sales reports for 2010, 2011 and 2012 in Baja California for each gas station and the data from the basic geostatistical areas (BGEA) from the National Institute of Statistics, Geography and

Table 1. The amount of contaminants (VOC) emitted each year by the 509 gas stations and their total benzene effect in m³ per day (IDLH) in the state of Baja California.

Year	Magna (m ³)	Annual Tons (VOC)	Annual Tons Benzene	Benzene m ³ /día (IDLH)
2010	2015092.59	811.94	189.18	324523.94
2011	2108516.34	849.59	197.95	339569.53
2012	2175802.72	876.70	204.27	350405.78

Table 2. Shows population density within the 300m buffer at risk by the emissions in Baja California by gas stations.

City	Inhabitants (Year 2010)	Number of Gas Stations	Number of schools affected by GS	Percentage of risk by GS	Surface in km ²	Population density/km ²	Population density/GS
Ensenada	466814	83	29	35%	52482.40	8.89	5624.27
Mexicali	936826	194	68	35%	14541.00	64.43	4829.00
Playas de Rosarito	90668	17	7	41%	501.00	180.97	5333.41
Tijuana	1559689	199	94	47%	1234.00	1263.93	7837.63
Tecate	101079	16	9	56%	2687.00	37.62	6317.44
Total	3155076	509	207		71445.40		

GS: Gas stations

Information's site (INEGI, 2010).

A total of 509 PEMEX franchises, distributed in the urban areas of Baja California in Ensenada, Playas de Rosarito, Tijuana, Tecate and Mexicali, were considered to generate a data base with the corresponding geographic and environmental characteristics to each gas station. These were geographically pinpointed to map the base plane which allows the development of location maps of the area of study that show the amount of hospitals, gas stations, study centres for preschool level, elementary, middle school and high school, temples, businesses and industries which are mostly manufacturers there. After making the population density map, needed for the estimation of popular exposure, it was noticeable that it overlapped with the concentration. The information on population distribution and the data on the concentration of VOC emissions to the atmosphere are combined to evaluate the risk of exposure (Beckx, 2009; Cheng, 2004; Landulfo, 2007). Of all the values captured, the benzene emission was used as an indicator since, out of the BTEX, it is the one with greater toxicity. The value obtained is divided by 365 days to determine the daily emission of VOC. The result for the benzene emissions was multiplied by the emission factor (EF) constant and then divided by the IDLH value for benzene since the degradation rate in the atmosphere nor the direction of the plume were considered. The results were used to set the emission risk buffer in m³ per day of the gas station.

The calculations made during each stage are presented in the following paragraphs. The annual concentration of VOC emissions from the 509 gas stations evaluated in 2010, 2011, 2012 are shown in Table 1.

The determination of BTEX emissions is made from an emission factor called the raw material or fuel volume as a

result of fueling activities (USEPA, 1995; USEPA, 1995). Since emission factors are mean values, the calculation of emission through their application will most likely be different from real emissions. The real emission can be known only by direct measurement at the source. Actually, this is the recommended and preferred process to determine emissions. Nowadays, there are various sources of reference to attain an emission factor for a determined process. The AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factor (USEPA, 1995; USEPA, 1995) is recommended for emission factors and, with this, the buffer for population affected by the emission to the atmosphere by the gas stations in a radius of 300m can be determined. Data of the exposure limits set by the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH- USA) describes an upgraded method like data to determine the immediate danger to life and health.

RESULTS AND DISCUSSION

It is of great importance to distinguish between the process of evaluating environmental risks and the process of managing these risks in the decisions that authorities must make to keep citizens and the environment safe. Having a summary chart like the one shown in Table 2 is convenient in decision making. This must be achieved within the sustainable development framework relative to environmental protection and without affecting the security and well-being of the communities. These processes go hand-in-hand with the increasing levels of emissions to air and water and a high amount of hazardous waste. In Mexico, there is still not enough information on these processes and emissions or the risks associated with

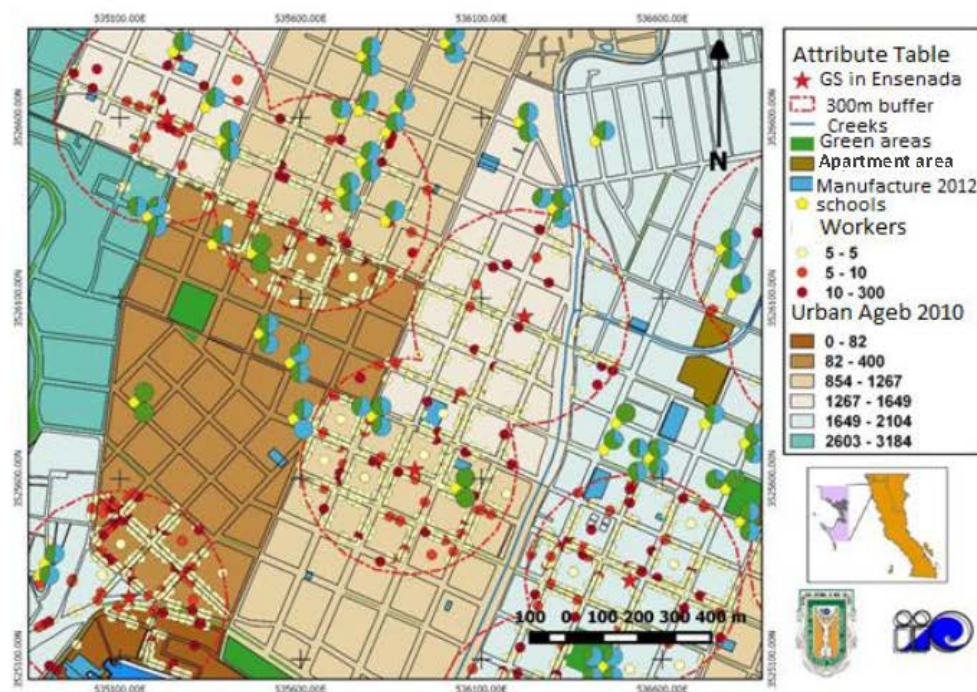


Figure 1. The red dots show the location of gas stations that are currently in service. The schools are marked with smaller yellow dots. The population density and commerce within the 300 m buffer in Ensenada, Baja California are shown with different colors.

public health and the environment

Since the effects on health caused by living near gas stations have not yet been well looked into, Breysse (2014) says that it is necessary to do so, especially since it has become common to build new gas stations without a previous strategic plan made by the authorities. These gas stations are still built near residential areas where the soil and water can be affected (Figure 1).

If the emission of pollutants to the atmosphere in urban areas in the state (Figure 2) is taken into account, we can prove that gas stations are a main source of atmospheric contamination.

Although humans in urban areas are exposed to a number of contaminants that act together and it is complicated to isolate the effects of each individual contaminant, various experimental studies have shown a series of effects in people's health caused by exposure to a certain contaminant. In Table 3, the effect of benzene in the population exposed can be seen. The negative effect may vary in relation to the population group dealt with. People less than 12 years of age and older people may be more susceptible to these effects (Guxens, 2014).

The exposure to contaminants can vary in time and concentration in a microenvironment. Since people spend most of their time indoors, their exposure to benzene is highly influenced by the concentration of this compound in the interior environment. Atmospheric contamination for a long period of time has been known to aggravate asthma and other respiratory problems. In child health, it can influence in the development of lungs and cause long lasting effects in respiratory health (Schwartz, 2014).

As a result of the dispersion model the values for ILDH concentration in m^3 per day were obtained for each of the gas stations in the urban areas of the state (Figure 3). In here, we define the area influenced which allows the recognition of pressure on the ecosystems altering the quality of air that contributes to the gradual deterioration of people's health who reside in the affected area. A control measure for the moving gases during tank filling to achieve the decrease the BTEX gases emitted to the atmosphere from the gas stations would be to install a gasoline vapor recovery system stage II (Gasoline Vapor Recovery). This system of recovery reaches an efficiency of 90%. This means that the total percentage of emissions to the

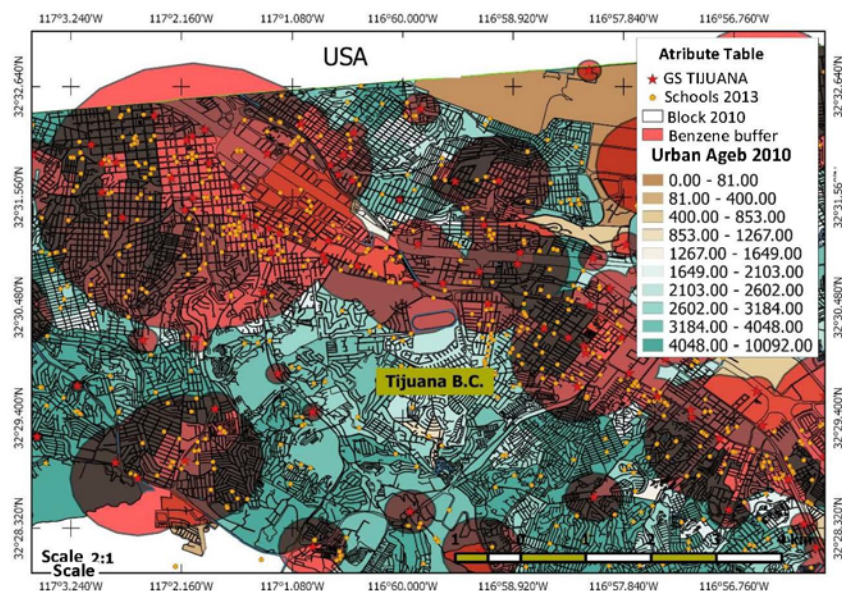


Figure 2. The atmospheric emissions ILDH m³ per day for Tijuana, B.C.

Table 3. Shows information on schools exposed near the gas stations within a 300 m buffer in urban areas of different cities of the state.

City	Total Schools	Number of schools affected by GS	Total students	Students within the buffer	Percentage of students at risk by the GS
Ensenada	950	60	146614	15722	11%
Mexicali	1440	102	285040	27364	10%
Playas de Rosarito	158	22	29362	4115	14%
Tijuana	1913	222	438188	32276	7%
Tecate	193	15	28620	4224	15%
Totales					

GS = Gas stations

atmosphere would be reduced significantly thereby helping to minimize the risks by gas stations in urban areas.

Conclusion

The origin of the levels of atmospheric contamination, and gas emission levels, in urban areas resides in gas stations.

The origin of the levels of atmospheric contamination by VOC in the state resides in gasoline consumption with benzene being the most harmful contaminant to human health.

The results obtained from the ILDH values for the state show a high risk to the population exposed. It is necessary to have better control of the exposure and conduct more studies to determine a better monitoring of air quality in urban areas.

All international policies tending towards improving the quality of air agree that a decrease of the contaminant's emission from gas stations is needed to guarantee improvement in the health of exposed population.

The strategies that include the participation of citizens, businesses and the federal and state government give the best results in decreasing emissions in the city.

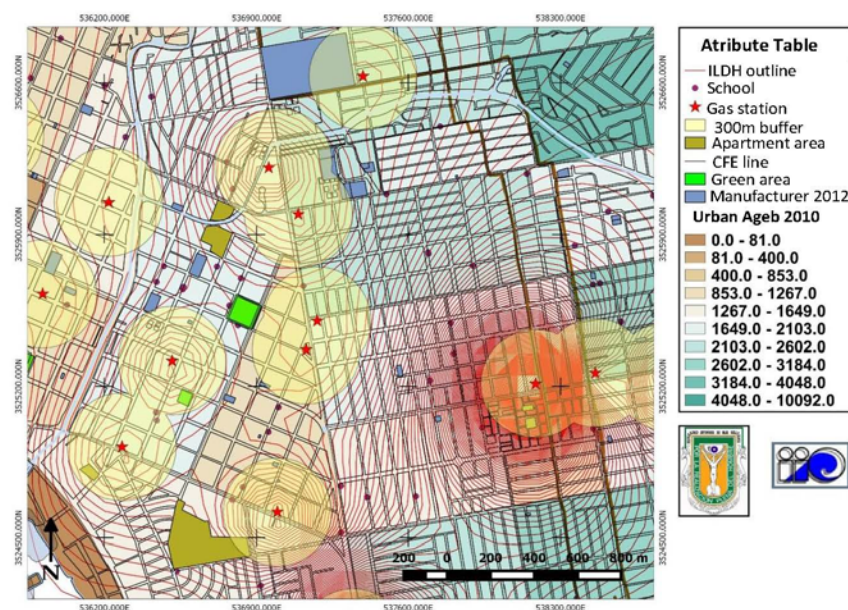


Figure 3. This figure shows that the benzene emissions produced when filling the car tanks come from the vapor from the tanks and from leaks.

Unfortunately, the handling of environmental impact not only depends on scientific, technical and technological studies but also, on environmental policies set by the authorities.

The implementation of a Technical Norm by the Baja California State Government for the functionality of gas stations is not only justified by a point of view of social responsibility by the Institution, but it can contribute to the improvement of urban development and air and life quality for the citizens of the state of Baja California.

REFERENCES

- Adgate JL, Eberly LE, Stroebel C, Pellizzari ED, Sexton K (2004). Personal, indoor, and outdoor VOC exposures in a probability sample of children. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 14(Suppl 1): S4-S13.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)(2007). Toxicological Profile for Benzene. U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA.
- Akinson RA (2000). Atmospheric Chemistry of VOCs and NOx. *Atmospheric Environment*, 34 (2000), pp. 2063-2101
- ATSDR (2009). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Minimal Risk Levels for Hazardous Substances (MRLs). URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp>.
- ATSDR (2004a). Toxicological profile for polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers (Update). Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Beckx C, Panis LI, Arentze T, Janssens D, Torfs R, Broekx S, Wets G (2009a). A dynamic activity-based population modelling approach to evaluate exposure to air pollution: Methods and application to a Dutch urban area. *Environ. Impact Assess. Rev.* 29:179-185.
- Cianni N, Müller A, Lespade P, Aguilar M, Matamoros N, Colman Lerner JE, Martín M, Chiapperini V, Bussi L, Massolo L, Wichmann F, Porta A (2009). Calidad del aire y salud infantil en áreas urbanas e industriales de La Plata y Ensenada, Argentina. *Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA* pp. 37-44.
- Cheng W, Kuo Y, Lin P, Chang K, Chen Y, Lin T, Huang R (2004). Revised Air Quality Index Derived from an Entropy Function. *Atmosph. Environ.* 38:383-391.
- Cruz-Otíz, H (1999). Elaboración de Gasolina en Pemex Refinación, in Octanaje. PEMEX.
- Delfino RJ (2002). Epidemiologic evidence for asthma and exposure to air toxics: linkages between occupational, indoor, and community air pollution research. *Environ. Health Perspect.* 110:573-89.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2000). Toxicological Review Phenol CAS No.108-95-2. Washington D.C. United States.
- Gerarde HW (1960). Toxicology and biochemistry of aromatic hydrocarbons. New York, NY: Elsevier Publishing Company.
- Gutiérrez V, Edgar, "Ingeniería de Riesgos en la Prevención de Accidentes", Guayaquil, Ecuador, 2004.
- Guxens M, Garcia-Esteban R, Giorgis-Allemand L, Forns J, Badaloni C, Ballester F(2014). "Air Pollution During Pregnancy and Childhood Cognitive and Psychomotor Development: Six European Birth Cohorts". *Epidemiology*.
- INEGI X (2010). Censo General de Población y Vivienda, México.
- Khoder MI (2007). Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo. *Atmosph. Environ.* 41:554-566.
- Kreimer AYM Munasinghe ed. (1992). Environmental Management and Urban Vulnerability. World Bank Discussion Papers No. 168, Washington, D.C.

- Lacasaña NM, González AB, Rodríguez BM, Daponte CA (2008). Evaluación de la exposición a BTEX en la población del campo de Gibraltar. Granada - España, Granada - España.
- Landulfo E, Matos CA, Torres AS, Sawamura Py Uehara ST (2007). Air Quality Assessment Using a Multi-Instrument Approach and Air Quality Indexing in an Urban Area. *Atmosph. Res.* 85:98-111.
- Leikauf GD (2002). Hazardous air pollutants and asthma. *Environ. Health Perspect.* 110:505-26.
- Leiva-Nuncio M, Salazar-Sotelo D, Martínez-Bermúdez M, Gasolina reformulada: Nueva opción para el público consumidor, in *Octanaje*. 1996, PEMEX.
- Ley General de Protección Civil (2012). en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf
- Massolo L, Rehwagen M, Porta A, Herbarth O, Ronco A & Müller A (2010). Indoor-outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in the atmosphere of industrial and urban areas. *Environ. Toxicol.* 25(4):339-349.
- Markus Hilpert, Patrick N. Breyse (2014). Infiltration and evaporation of small hydrocarbon spills at gas stations. *J. Contam. Hydrol.* 170:39-52.
- Nordlinder R, Bengt J (1997). Environmental exposure to gasoline and leukemia in children and young adults—an ecology study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Volume 70, Issue 1, pp 57-60
- Nijkamp PYRV (2000). Sustainability assessment of development scenarios: methodology and applications to Thailand. *Ecol. Econ.* 33:7-27.
- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, September 2007. U.S. Department of Health and Human Services.
- NRC (1986). Emergency and continuous exposure guidance levels for selected airborne contaminants. Vol. 6. Benzene and ethylene oxide. Washington, DC: National Academy Press, Committee on Toxicology, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Commission on Life Sciences, National Research Council pp. 7-33.
- Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry Urban Greening* 4:115-123.
- OMS (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA)(1998). Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances. Code of Federal Regulations. 29 CFR 1910.1000.
- Romieu I, Castro-Giner F, Künzli N, Sunyer J. 2008. Air pollution, oxidative stress and dietary supplementation: a review. *Eur. Respir. J.* 31:179-197.
- Samet J, Krewski D (2007). Health effects associated with exposure to ambient air pollution. *J. Toxicol. Environ. Health A.* 70:227-242.
- Snyder R. Benzene, leukemia (2002). *Crit. Rev. Toxicol.* 32:155-210.
- Schwartz J (2004). Air pollution and children's health. *Pediatrics* 113(4):1037-1043.
- SENER (Secretaría de Energía), (2011). Sistema de Información Energética. Disponible en <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController> (ultimo acceso Noviembre 25, 2011)
- US EPA (The United States Environmental Protection Agency) (1995a). *Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Stationary Point and Area Sources*. Research Triangle Park, NC, AP-42.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) (1995). *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*. 5th Edition, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.
- Weaver VM, Davoli CT, Heller PJ, Fitzwilliam A, Peters HL, Sunyer J, Murphy SE, Goldstein GW, Groopman JD (1996). Benzene exposure, assessed by urinary trans,trans-Muconic Acid, in urban children with elevated blood lead levels. *Environ. Health Perspect.* 104(3).
- WHO (2009). Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. W.H. Organization (Ed.), Fact Sheet
- WHO (2004). Guidelines for Drinking-Water Quality, third ed., vol.1. World Health Organization, Geneva.
- Wichmann FA, Busi LE, Gianni NF, Massolo L, Müller A, Porta A, Sly PD (2009). Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. *J. Allergy Clin. Immunol.* 12(3):632-638.

4.6 Manuscrito sometido: Intra-urban mobility in the estimations of risk scenarios by BTEX emissions

El capítulo se presentan los resultados del análisis de la “Movilidad intraurbana de la población en la estimación de escenarios de riesgo por emisiones de BTEX” (Intra-urban mobility in the estimation of risk scenarios by BTEX emissions). En el que se describe la movilidad de las personas dentro de las áreas urbanas constituye una variable necesaria en la modelación de escenarios de riesgo por contaminación atmosférica; su inclusión dinamiza los modelos estáticos al considerar a las personas dentro de la ciudad como una entidad que tiene complejos procesos de movilidad. Se propone una herramienta conceptual y metodológica mediante la cual es posible representar la contribución de los componentes sociales, económicos y territoriales así como los patrones de movilidad de las personas, en la delimitación de zonas de riesgo para la salud humana por la exposición a contaminantes.

En el caso de los compuestos orgánicos volátiles (COV) destacan el benceno, etilbenceno, tolueno y xilenos (BTEX) como sustancias presentes en las emisiones fugitivas de vapores en estaciones de servicio (ES). Dentro de la zona urbana la exposición a BTEX por proximidad residencial y otras instalaciones que favorecen la aglomeración intraurbana, puede tener impactos y efectos adversos sobre la salud. El modelo busca facilitar la focalización, identificación y priorización las zonas de riesgo por contaminación ambiental por BTEX. El artículo trasciende el ámbito conceptual, ofrece aspectos metodológicos e instrumentales para facilitar su aplicación en otras ciudades. Las agencias gubernamentales deben considerar estos resultados en el establecimiento de reglas y permisos y de procedimientos de ejecución para reducir la contaminación del medio ambiente, para el manejo del riesgo en un entorno complejo de una zona urbana.

Intra-urban mobility in the estimation of risk scenarios by BTEX emissions

García-Zarate Marco Antonio ^{1,2}, Arellano-García, María Evarista*², Mariana Villada Canela³, Patricia Aceves-Calderon ², Christine Alyse Von- Glascoe⁴, M. C. Arredondo Garcia ⁵

¹CICESE, Ensenada- Tijuana highway #3918, Playitas, 22860 Ensenada, B.C. Mexico.

²Science Faculty, Universidad Autonoma de Baja California, Km. 103 Tijuana – Ensenada Highway Baja California 22860.

³Oceanology Research Institute, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Tijuana – Ensenada Highway Baja California 22860.

⁴COLEF, Escenica Tijuana-Ensenada Km 18.5, San Antonio del Mar, 22560 Tijuana, Baja California.

⁵Marine Science Faculty, Universidad Autonoma de Baja California, Km. 103 Tijuana – Ensenada Highway Baja California 22860

*Author's correspondence address: evarista.arellano@uabc.edu.mx

Abstract

The population's mobility in urban areas is a necessary variable in the modeling of risk scenarios caused by atmospheric contamination. The inclusion of this concept makes static models more dynamic while considering people within a city to be an entity with complex mobility processes. We propose a conceptual and methodological tool to make the representation of the social, economic and territorial components, as well as the patterns in the population's mobility to delimitate risk areas for human health by exposure of contaminants. In the volatile organic compounds (VOC), benzene, ethylbenzene, toluene and xylene (BTEX) are amongst the most dominant substances in fugitive vapor emissions in gas stations (GS). In urban areas, the exposure to BTEX by residential proximity and proximity to other facilities, which cause intra-urban agglomeration, can impact and affect human health. This model seeks to facilitate the focalization, identification and prioritization of risk areas by BTEX environmental contamination.

Key words: VOC, technological risk, exposure to risks, DRI, risk mapping, SIG, BTEX.

Introduction

In the last few years, environmental pollution has become one of the most important matters worldwide. One of the branches of contamination is air pollution and corrective measure against public health problems [1]. Atmospheric contamination is defined as the presence of one or more pollutants or combination of these in the atmosphere. Atmospheric contamination can happen either by released gas or particulate matter which reduce both internal and external air quality. Some of these pollutant compounds can cause carcinogenic and non-carcinogenic effects on human health. The population is potentially exposed to this complex compound through air, dust, food and water. The effects of the volatile organic compounds (VOC) on human health due to gas stations (GS) may vary since they are made up of individual components that have genotoxic, carcinogen, haematotoxic, nephrotoxic, neurotoxic effects or act as endocrine disruptors [2].

Gasoline fume emissions are one of the main air pollutants in GS. Gasoline is a complex and variable compound of aliphatic hydrocarbons and aromatics low in molecular weight. The low-in-molecular-weight aromatics BTEX is a very important group to take into account when talking about exposing the population and workers to these fumes. Benzene is one of the most important components of the BTEX group, from the toxicological point of view, since it is considered carcinogen for humans. The presence of benzene from GS is due to the emissions that happen during distribution, loading and unloading and transportation of gasoline [3-7].

BTEX studies show that personal exposure usually exceeds the concentration of pollution in the air. The level of exposure to VOCs depends on the proximity to the source of emission, especially indoors where people spend up to 90% of their time [8-18].

The BTEX group affects the lymphatic, haematopoietic, hepatic, renal and nervous systems (NS). It also causes leukemia associated with benzene exposure [19-27]. Out of all these effects, those targeted towards the nervous systems seem to be the most conspicuous and are probably the quickest to detect in situation of continuous or chronic exposure. The pulmonary alveoli are the finest area of absorption through which most of these compounds reach the blood [28].

Research on the evaluation of health risks due to toxic substances by anthropogenic processes in the environment is low because there is a great amount of listed pollutants in clean air, air also has a varied chemical nature and its geographic distribution is heterogeneous. One way to approach the lack of direct measuring data is to estimate toxic concentrations in the air outdoors using dispersion modeling techniques that can be obtained from different types of spatial and non-spatial data from various sources.

The evaluation of health risks by pollutants can be studied from different disciplines [29-31] and it is a qualitative and quantitative process which objective is to assign values, magnitudes and probabilities to adverse effects on the health of people who are exposed to dangerous chemicals. Research on the evaluation of urban risks tends to consider that the population is confined in their homes the entire day. For all this, the necessity arose to design a methodology of evaluation of risk that includes the human population, their intra-urban mobility patterns as well as other components in their ecosystem all in one process [32]. Since the 1970's, intra-urban mobility has been explored [33] associating it strongly with urban transport. Furthermore, it was linked to life quality and sustainable transport once the concept of sustainable intra-urban mobility was proposed [34].

Some authors consider intra-urban mobility to be in accordance with two main factors: size and shape of the city. In bigger cities people make longer trips but in smaller cities, where movement is spatially limited, there are a greater number of shorter trips [35]. Other authors mention that in developing countries mobility depends on the population's capacity to attain a home near their working place [36].

In this paper, we propose that intra-urban mobility is not only related to transport but to the different processes of everyday life that take place in a city. These processes drive people to leaving their domiciles to head on to schools, hospitals, work, recreation centers and malls. Intra-urban mobility is dynamic in terms of schedules and itineraries. This produces agglomeration of the population in certain places at particular hours especially during the morning. Also, most people stay at home overnight except when work requires them to be out.

Processes such as work, education, healthcare, commerce and recreation make intra-urban mobility more dynamic and generate agglomerations that can modify static risk models by atmospheric contamination where there is danger of contamination.

The method of proposal consists of a conceptual model that links the characteristics of a contaminated place with the possible receptors whether it is values or goods that are susceptible to damage and the processes that relate them, such as infrastructure, people exposed and mobility.

When an evaluation of risk from exposure to a specific substance is done, we analyze the toxic properties of a particular substance and the conditions of human exposure to said substance. All this to make sure of the possibility that the people exposed will develop negative effects and to characterize the nature of the effects that can arise in the future. Demographic growth and industrialization modify and increase the quantity and properties of toxic substances in accordance to time, which must be taken into account in risk studies [37].

A risk map of a community or geographical area shows the places, buildings, homes, schools, sanitary facilities and other constructions where people could be affected in case of hurricanes, earthquakes, tsunamis, floods, volcanic eruptions, avalanches and other natural threats and technological or environmental disasters. To create a risk map we need to determine the areas and elements that are at risk within a community or geographical area and organize them in a system of indicators that lets us represent the risk and its management on a state level. This facilitates identifying the essential aspects that characterize them from an economic and social perspective. The spatial risk analysis does not resolve the negative political and social complications that take place in decision making. What improves is the capacity of scientists and decision makers to identify, evaluate, control and reduce risks associated with human related activities.

Methodology

The methodology proposed contemplates various phases, the first being the compilation of sources of information based on their utility to build a geographic information system (GIS). The second is a design of some indicators set out based on the elements wished to be represented in the risk model. Another phase is the representation of different risk scenarios based on danger, exposure and vulnerability to determine risk areas. A detailed description of each of these phases will be represented from the case on risk scenarios by BTEX exposure in urban areas in Ensenada, Baja California. The geographical information was taken from various governmental agencies like Mexican Petrol (PEMEX), the National Population Council (CONAPO), the Secretariat of Public Education (SEP) and the National Institute of Statistics and Geography (INEGI). With this information we elaborated an attribute table as suggested by Bennett [38] using information relevant to the elaboration of the anthropogenic risk model on urban areas in Ensenada, Baja California.

The determination of BTEX emissions was done using an emission factor defined as the volume of raw material or fuel of a certain atmospheric pollutant [39]. Nowadays, there are many different sources to consult from to attain an emission factor as recommended by the AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors [40-41].

For this study, the risk was calculated by estimating exposure, dangers and vulnerability on a scale AGEb (Basic Geostatistical Area) level. For the evaluation, we determined a buffer of 300m in radius [42-47] which made generating maps in GIS around each GS possible.

Layers with the information on the population's density that lives, studies, works and visits the facilities and their economic value have been overlapped on the map of the GS and buffer.

The data collected is represented by different units of measurement necessary for the risk evaluation of the GIS. Various thematic layers are made in the GIS with the different

parameters and phenomenon necessary to estimate the exposure (E), hazard (H) and vulnerability (V) that can be attributed to gasoline vapors emissions. The equation known as Disaster Risk Index (DRI) was used to determine the risk. It allows us to describe the severity of the risk for an area of study and it is determined by three components: hazard, exposure and vulnerability.

Here, hazard (H) means the probability of a potentially dangerous technological or natural phenomenon, such as exposure to gasoline vapors, to happen within a specific period of time and a known area. On the other hand, exposure is the distribution of the population and material goods that can be affected by this hazard. It is possible to determine a spatial distribution of the risk since hazard, exposure and vulnerability present territorial variations. According to Blaikie [48], vulnerability covers the characteristics of a person, or groups, in relation to their capacity to anticipate, face, resist and recover from a disaster. Vulnerability refers to the potential members of the population that could be affected and the economic and socio- economic systems that could be interrupted when a physical infrastructure is damaged or destroyed; [49].

In order to calculate social vulnerability, overlapped layered maps were created with the locations of fuel storage, storage capacity, population density, the information on important infrastructure for urban areas such as schools, hospitals and other type of facilities used for economic, social and commercial purposes.

The Disaster Risk Index (DRI), implemented by the Bureau for Crisis Prevention and Recovery (BCPR) for the United Nations Development Programme (UNDP), identifies the relative distribution of the exposure to threats and vulnerability factors when dealing with risks (PNUD/BCPR, 2004).

$$DRI = \frac{H + E + V}{3}$$

Where:

H = Hazard

E = Exposure

V = Vulnerability

Results and discussion

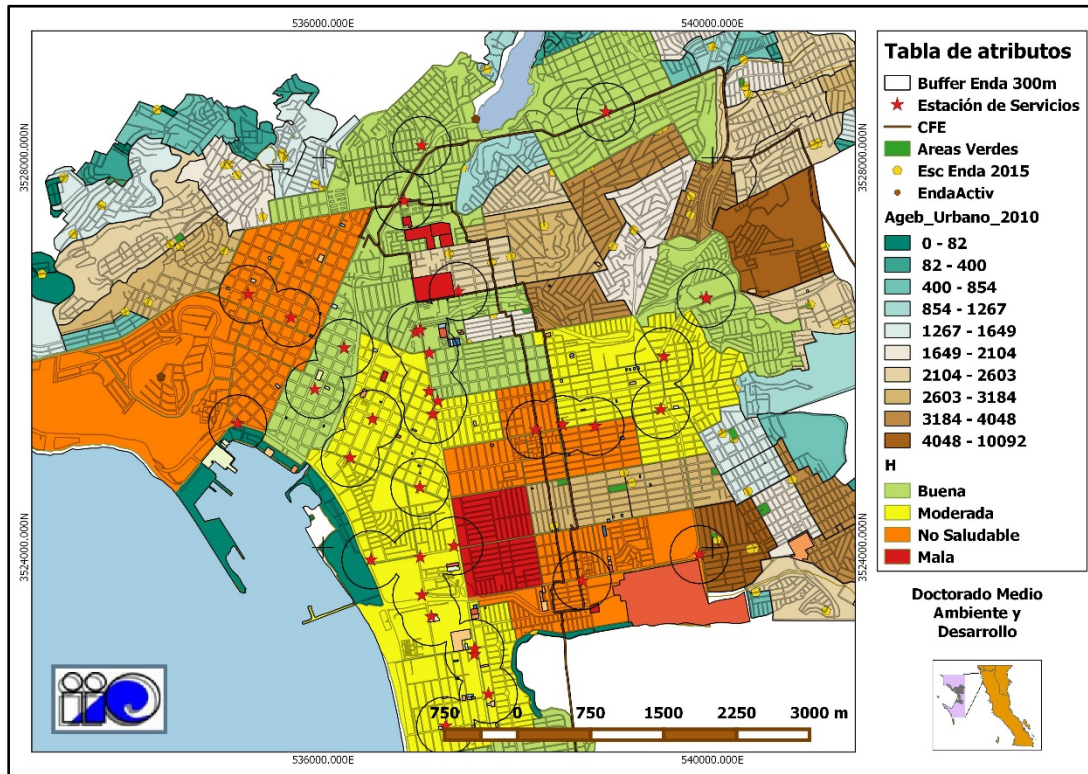
1. Hazard (H)

For the hazard map, shown in figure 1, the values for H were calculated based on the quantity of annual sales of petrol based products of GS in different places in the area of study. In accordance to the probability of occurrence and the intensity of the hazard that could happen, it is used to calculate the intensity of the hazard while the number of storage locations is used to calculate the probability of the risk taking place in relation to the location of the GS. The hazard is the probability of occurrence of a physical phenomenon that could be dangerous to human lives and lead to injuries, damage to property or deterioration of natural ecosystems.

$$H = \frac{\text{Intensity} \times \text{Probability}}{TA}$$

TA= the total area of study

Figure 1. Hazard (H) Map



2. Exposure (E)

For the exposure map, shown in figure 2, we took the number of people per unit area of the area of study, in other words, population density calculated with the following formula:

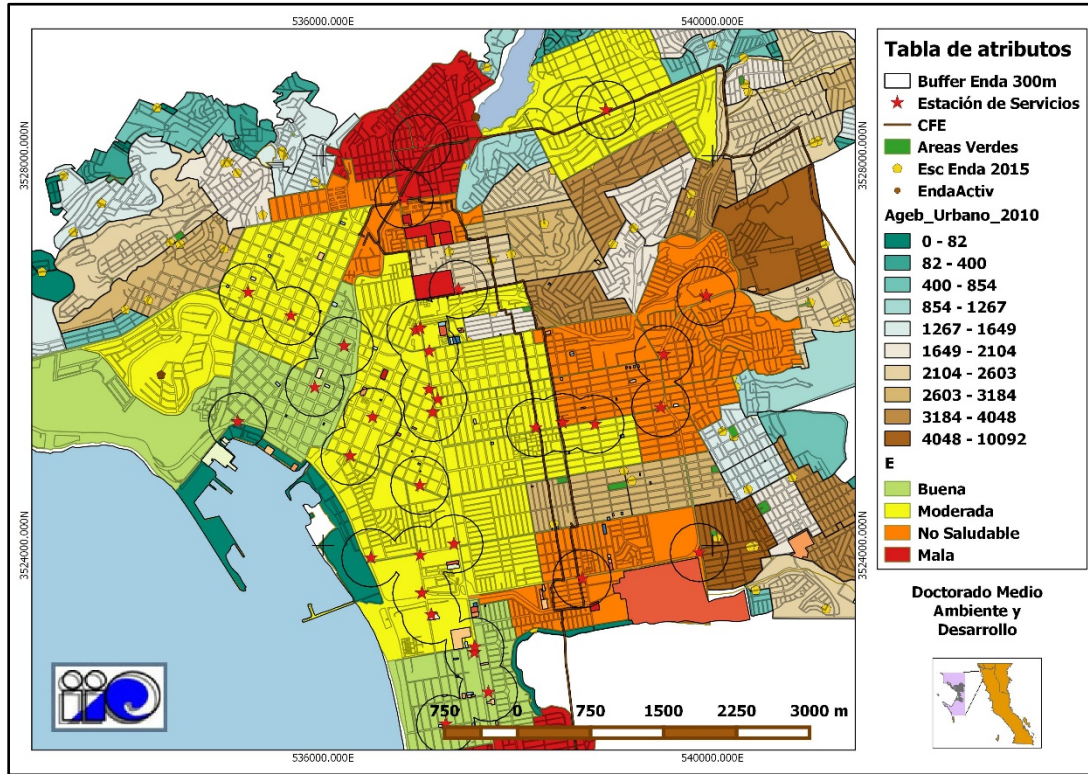
$$E = \frac{\text{Population}}{TA}$$

Where:

TA= the total area of study

The figure shows that the exposure is the number of people related to the assets exposed to disasters present in the affected risk areas subjected to potential losses.

Figure 2: Exposure (E) Map



3. Vulnerability (VI)

For the vulnerability map, multiple layers were overlapped, one for each VI component as shown in Table 1. Vulnerability is the level of loss in an element or group of elements under risk as a result of probable occurrence of a disastrous event, estimated in terms of lives, goods, products or infrastructure located in the area exposed to hazard. In this case, the estimation of the values for vulnerability was calculated off of different units for different types of hazards, as shown in figure 3.

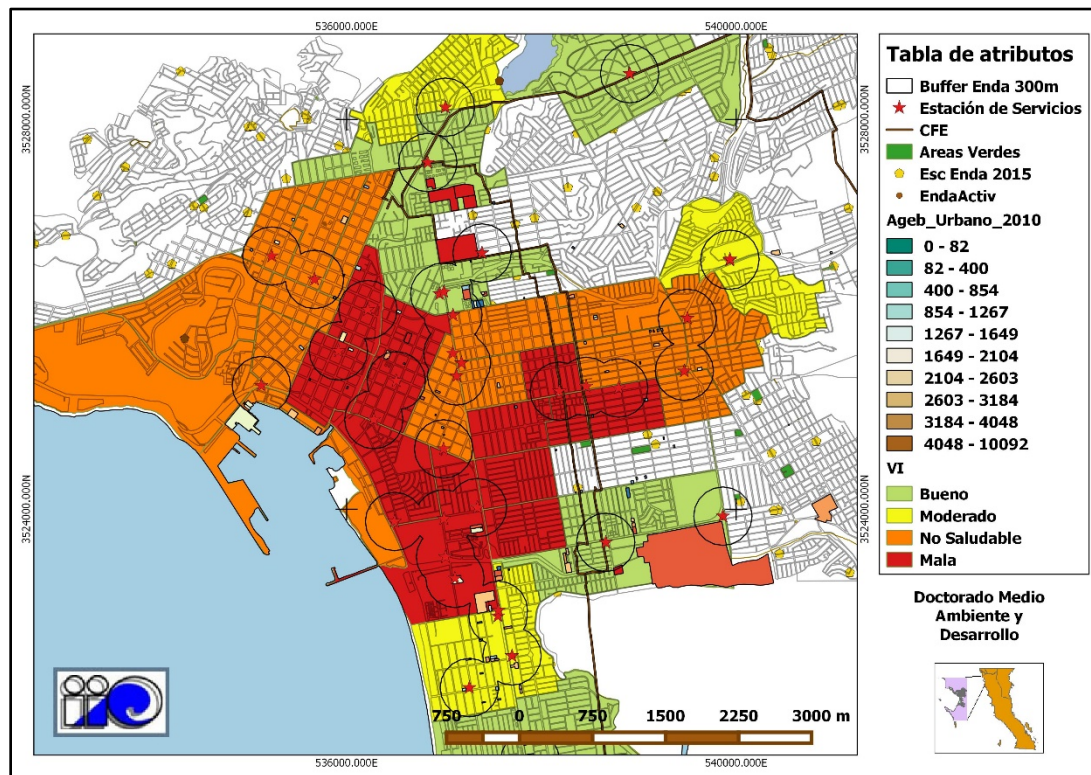
$$VI = \frac{SVI + PVI + EnVI + CIVI + IVWork + EscVI}{6}$$

Table 1: VI Components

Element	Description	Expression
SVI	Social vulnerability is associated with the lack of resources to mitigate or face the disaster or the population that lacks the ability to self-recuperate.	$SVI = \frac{Población (14 > o < 65) \times DA}{AT_A}$ DA: Damaged location within buffer AT_A = Total AGEB area
PVI	Physical vulnerability is expressed in terms of the exposure to unsafe conditions where the population of the area of study is dangerously close to the potential source of danger.	$PVI = \frac{Población \times DA}{AT_A}$ DA: Damaged location within buffer AT_A = Total AGEB area
EnVI	Environmental vulnerability is defined as the potential environmental degradation caused by danger. It can be calculated as the amount of contaminants produced per unit area.	$EnVI = \frac{AP \times PFP}{AT_A}$ AP = Annual gasoline sales PFP = Benzene emitted to the atmosphere due to gas sales annually AT_A = Total AGEB area
CIVI	Critical infrastructure vulnerability such as educational facilities, hospitals, transport, highway and train track segments that are exposed to probable fire related disasters.	$CIVI = \frac{IC \times DA}{AT_A}$ IC: Important infrastructure within the buffer DA: Damaged location within buffer AT_A = Total AGEB area
IVwork	Vulnerability of workers within the buffer near the possible sources of danger	$IVwork = \frac{NT \times DA}{AT_A}$ NT: Number of workers within the buffer DA: Damaged location within buffer AT_A = Total AGEB area
EscVI	Vulnerability of students within the buffer near the possible sources of danger	$EscVI = \frac{A \times DA}{AT_A}$ A: Student population within the buffer DA: Damaged location within buffer AT_A = Total AGEB area

Taking into account the population currently exposed, education facilities (that operate throughout the day from seven in the morning to eight at night), as well as the mobility pattern of most of the residents within urban areas, it is likely that only a small amount of the workers actually work in the same AGEB in which they spend the night limiting their ability to respond to potential exposure.

Figure 3. Vulnerability (V)



Final considerations

The main risk values in relation to population's vulnerability can be extracted from the spatial and semantic analysis used when selecting the locations for GS in order to attain a list of geographic objects based on their vulnerability degree depending on the type and magnitude of the environmental contamination parameters. For this reason, it is crucial to have the precise construction data, the amount of people (customers and workers), to be able to evaluate their vulnerability accurately.

Composite indices are calculated for the three main contributors to risk.

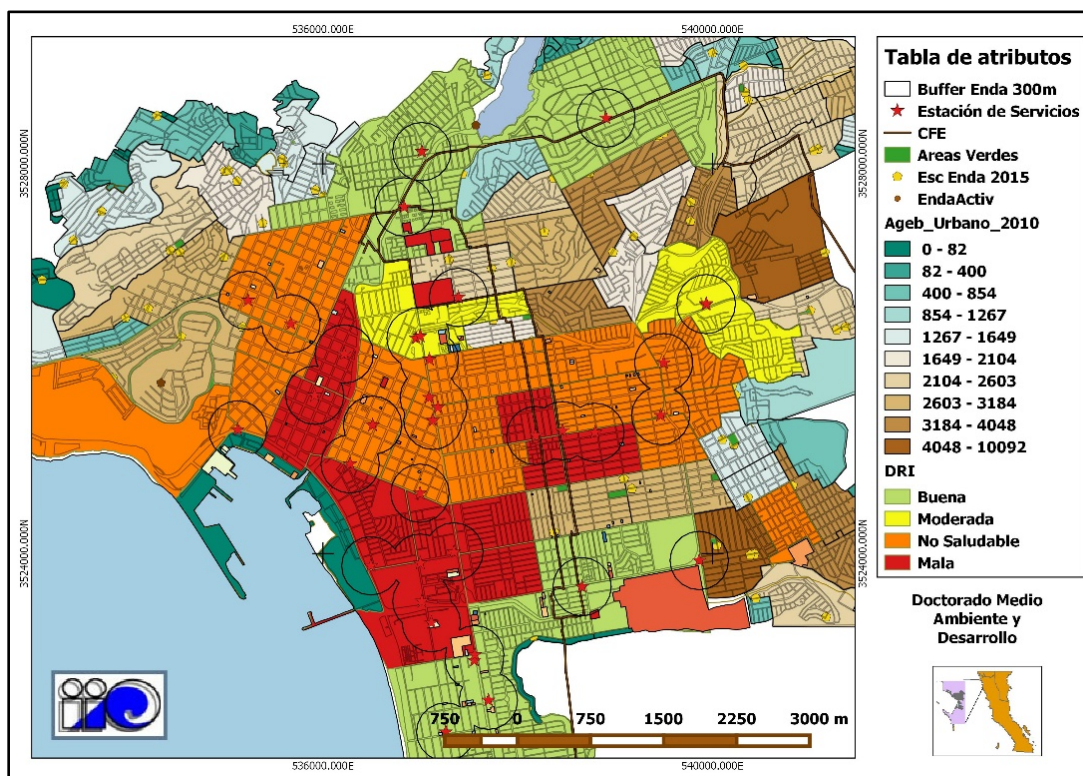
All the indicators that have some kind of relation to danger are put together in a linear combination to make up the risk index.

In the previous figures, three different indicators to attain the risk were shown. Each one of these events has a different radio of damage and affects different geographic objects. Although, as we can see, the radio of damage to population susceptible to inhaling gasoline vapors (BTEX) varies in relation to calculated parameters for each variable. This will allow the identification of houses near the exposure and later on will include schools, hospitals, meeting places and lastly, places like industries.

The obtained lists indicate the exact locations to prioritize and where more population is affected in case of an event, meaning we can identify the areas where a significant number of high vulnerable people live or work. In order to get the relative values for the indicators, these must be normalized in relation to maximum, minimum, media and standard deviation. The purpose for this is to eliminate the influence of the indicator's units making the indicators stable in relation to their units, magnitudes and dispersions.

A weighing coefficient is determined in each indicator to represent their relative contribution to risk. The weighing coefficients for the Disaster Risk Index (DRI) are determined using a direct and subjective evaluation done by those who apply this methodology (Figure 4). The areas where the houses are located are shown and the influenced areas by potentially dangerous activities such as the people who work within an AGEB and schools with a high number of students are overlapped.

Figure 4. The weighing coefficients for the Disaster Risk Index (DRI)



To face the discrepancies about the health risks associated with air pollution for the groups vulnerable to volatile organic compounds (VOCs), this research allows us to identify the areas affected by the air pollution in the community and the people exposed in the urban areas of Ensenada, the health risks estimated to result from two volatile organic compounds emitted locally (benzene and ethylbenzene), as well as neurological and respiratory effects coming from benzene, toluene, xylene (BTEX) that exceed the EPA risk parameters in various communities. These findings have emphasized the need to look further into the disparity in the health risks related to air pollution for the disadvantaged groups. This study also demonstrates that the air pollution hotspots can give important information to investigate the effects atmospheric contamination has on human health.

VOCs include a variety of chemical products that can be harmful to human health and the environment. The air quality has become a topic of concern which is related to the fume emissions of BTEX found in urban environment and can affect people who live and work within the buffer exposed to volatile organic compounds.

The results, which can be debatable, offer a first look at the territorial problem and can be useful to set future preventive interventions and planning from the GS authorities.

Recommendations for intra-urban mobility

On the topic of population density in urban areas, the concept of intra-urban mobility needs to be reconsidered, as well as public transport and other aspects to life in the city since people leave the places they spend the night at to go to work, study or recreate generating agglomerations within the urban perimeter where environmental conditions due to exposure by contaminants are a threat to human health.

Managing a system with a transparent geographic information filled data base, comprehensive and updated, must include indicators of urban development in the local, regional, state and federal levels to plan interventions, evaluate and monitor their impacts to provide a more precise and fast offering of public services that can lead to a better assessment of environmental risks.

The urban development decision makers can use these systems to determine and visualize the desirable urban growth, calculate costs for new infrastructure and identify areas with public service and social protection needs. Clear and accessible ground information is crucial for the public sector and private initiative to have the tools to incentivize the urban densification. This will allow the establishment and control of urban expansion limits and the planning of city growth. At the same time, it will provide backup for public policies by creating transparency related to the government and build trust in public institutions where citizens may participate in public debates about how and up to where their city should grow.

The main challenge for interurban mobility is the quick urban growth caused from high migration rates and the proliferation of irregular settlements, as well as the lack of connection between the different academic institutions that collect data with the municipal, state and federal governments, which causes decentralized information that is hard to locate.

Conflict of Interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Reference

1. Ferrier N, Haque E, 2013. Hazards risk assessment methodology for emergency managers: a standardized framework for application Nat Hazards, vol. 28, pp. 271–290.
2. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2009. Toxicological Profile for Carbon Monoxide. Atlanta, Georgia
3. Periago, J.F.; Zambudio, A.; Prado, C. Evaluation of environmental levels of aromatic hydrocarbons in gasoline service stations by gas chromatography. *J. Chromatogr.* **1997**, *778*, 263–268.
4. Haro-Garcia L. “et al” (2012). Alteraciones hematologicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de benceno-tolueno-xileno (BTX) en una fábrica de pinturas. *Revista Peruana Médica Experta en Salud Pública.* 29(2), 181-187
5. WHO (April 1999). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Some Industrial Chemicals and Dyes. WHO-IARC. 29: 93
6. Gil Hernández F. (2012). Toxicología industrial (II). Toxicidad de los disolventes, En A. Pla Martínez (Editor), *Tratado de Medicina del Trabajo*. pp: 759-760. 2ª. Edición. España: Elsevier-Masson
7. Popovic D. (June 2011). Assessment of Environmental Exposure to Benzene: Traditional and New Biomarkers of Internal Dose. In LOVREGLIO, Piero “et al” (Eds.). *Air Quality -Models and Applications*. pp. 322-340. 1a Edition. USA. Intechopen
8. Akland GA, Schwab M, Zenick H, Pahl D. 1997. An interagency partnership applied to the study of environmental health in the Low Rio Grande Valley of Texas. *Environ Int* 23:595–609.
9. Clayton CA, Pellizzari ED, Whitmore RW, Perritt RL, Quackenboss JJ. 1999. National Human Exposure Assessment Survey (NHEXAS): distributions and associations of lead, arsenic and volatile organic compounds in EPA Region 5. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 9(5):381–392
10. Cohen M, Ryan B, Ozkaynak H, Epstein P. 1989. Indoor/outdoor measurements of volatile organic compounds in the Kanawha Valley of West Virginia. *J Air Pollut Control Assoc* 39:1086–1093.
11. Kinney PL, Chillrud SN, Ramstrom S, Ross J, Spengler JD. 2002. Exposure to multiple air toxics in New York City. *Environ Health Perspect* 110(suppl 4):539–546.
12. Periago, J.F.; Prado, C. Evolution of occupational exposure to environmental levels of aromatic hydrocarbons in service stations. *Ann. Occup. Hyg.* **2005**, *49*, 233–240.
13. Little, S.; Cram, G. Atmospheric benzene concentrations near petrol service stations in Middlesbrough. *Clean Air* **1995**, *25*, 140–147.
14. U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. Health and Environmental Effects Profile for Pyrene. Prepared by the Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, for the Office of Solid Waste and Emergency Response. ECAO-CIN-P277.

15. Weisel CP. 2002. Assessing exposure to air toxics relative to asthma. *Environ Health Perspect* 110(suppl 4):527–537.
16. Bahrami, A.R.; Jafari, A.J.; Ahmadi, H. 2007. Comparison of benzene exposure in drivers and petrol stations workers by urinary trans, trans-muconic acid west of Iran. *Ind. Health*, 45, 396–401.
17. Tunsaringkarn, T.; Siri Wong, W.; Rungsiyothin, A.; Nopparatbundit, S. Occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds in Bangkok, Thailand. *Int. J. Occup. Environ. Med.* 2012, 3, 117–125.
18. Hartle, R. Exposure to methyl tert-butyl ether and benzene among service station attendants and operators. *Environ. Health Perspect.* **1993**, 101, 23–26.
19. Chen R, Semple S, Dick F, 2001. Nasal, eye, and skin irritation in dockyard painters. *Occup Environ Med*; 58:542-3.
20. Kaufman DW, Anderson TE, Issaragrisil S. Risk factors for leukemia in Thailand. *Ann Hematol.* 2009; 88(11):1079-1088.; 74(1):64-69.
21. Richardson DB. Temporal Variation in the Association between Benzene and Leukemia Mortality. *Environ Health Perspect.* 2008; 116(3):370-374.
22. Smith MT, Jones RM, Smith AH. Benzene Exposure and Risk of Non-Hodgkin Lymphoma. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2007; 16(3):385-391.
23. Collins JJ, Ireland B, Buckley CF, Shepperly D. 2003. Lymphohaematopoietic cancer mortality among workers with benzene exposure. *Occup Environ Med.*; 60:676-679.
24. Hayes RB, Yin SN, Dosemeci M, Benzene and the dose-related incidence of hematologic neoplasms in China. Chinese Academy of Preventive Medicine—National Cancer Institute Benzene Study Group. *J Natl Cancer Inst.* 1997; 89:1065-1071.
25. Rinsky RA, Hornung RW, Silver SR, Tseng CY. Benzene exposure and hematopoietic mortality: a long-term epidemiologic risk assessment. *Am J Ind Med.* 2002; 42:474 - 480.
26. Kipen HM, Cody RP, Crump KS, Allen BC, Goldstein BD. Hematologic effects of benzene: a thirty-5 year longitudinal study of rubber workers. *Toxicol Ind Health.* 1988; 4:411-430.
27. Bollati V, Baccarelli A, Hou L, 2007. Changes in DNA methylation patterns in subjects exposed to low-dose benzene. *Cancer Res.* 67:876-880
28. MORENO GRAU, M. D. 2003. Toxicología ambiental. Evaluación del Riesgo para la Salud Humana. Mc. Graw Hill. / Interamericana de España S.A.U.
29. Campos, A. 2002, Algunas consideraciones sobre los “mapas de riesgo” en: CRID Centro de Información sobre Desastres América. Bibliodes N° 30 Pág. 46
30. Morales-Terres, I.M.; Doval-Minarro, M.; Gonzalez-Ferradas, E.; Baeza-Caracena, A.; Barbera-Rico, J. Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. *J. Environ. Manage.* **2010**, 9, 2754–2762.
31. Ruchirawat, M.; Navasumrit, P.; Settachan, D. Exposure to benzene in various susceptible populations: Co-exposure to 1, 3-butadiene and PAHs and implications for carcinogenic risk. *Chem.-Bilo. Inter.* **2010**, 184, 67–76.
32. Torres, A.; Espinosa-Reyes, G.; Ilizaliturri, I.; González, D.; Razo, I.; Mejía, J.; Díaz-Barriga, F. 2005. Desarrollo de una metodología para la evaluación integrada de riesgos ambientales en sitios peligrosos de México. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 130 p.
33. Weinberg, D. H. (1979). The determinants of intra-urban household mobility. *Regional Science and Urban Economics*, 9(2), 219-246.

34. da Silva, A. N. R., da Silva Costa, M., & Macedo, M. H. (2008). Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. *Transport Policy*, 15(6), 350-360.
35. Kang, C., Ma, X., Tong, D., & Liu, Y. (2012). Intra-urban human mobility patterns: An urban morphology perspective. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(4), 1702-1717.
36. Alananga Sanga, S. 2015. Intra-urban residential mobility and tenants' workplace choices in Kinondoni municipality. *Habitat International*, 49, 45-55
37. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. (DPIRDM), 2001. CENAPRED.
38. Bennett, D. A. 1997. A framework for the integration of geographical information systems and model base management, *International Journal of Geographical Information Science* 11(4): 337-357.
39. Environmental Protection Agency, EPA. 2003. Air Quality Index. Aguide to Air quality and your health. Washington: EPA. (EPA-454/k-03-002)
40. US EPA. 1995. (United States Environmental Protection Agency) Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42. 5th Edition, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. 1995.
41. US EPA. 1995^a. (The United States Environmental Protection Agency), Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Stationary Point and Area Sources. Research Triangle Park, NC, AP-42.
42. Terres, I.M.M., Minarro, M.D., Ferradas, E.G., Caracena, A.B., Rico, J.B. 2010. Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. *Journal of Environmental Management* 91, 2754-2762
43. Silva, F.L.D., dos Santos, J.R., Moita, J.M., da Silva, R.L.G.D., Flumignan, D.L., de Oliveira, J.E. 2009. Determination of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in commercial gasoline from Piauí State. *Química Nova* 32, 56-U64
44. Santos, M. D. A., Tavora, B. E., Koide, S., & Caldas, E. D. (2013). Human risk assessment of benzene after a gasoline station fuel leak. *Revista de Saúde Pública*, 47(2), 335-344.
45. Karakitsios, S.P., Delis, V.K., Kassomenos, P.A., Pilidis, G.A., (2007). Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: estimation of the associated health risk. *Atmospheric Environment*; 41, 1889 -1902
46. Correa SM, Arbilla G, Marques MRC, Oliveira KMPG, (2012). The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. *Atmospheric Pollution Research*; 3: 163-9.
47. Hystad, P., Setton, E., Cervantes, A., Poplawski, K., Deschenes, S., Brauer, M., Demers, P. (2011). Creating national air pollution models for population exposure assessment in Canada. *Environmental health perspectives*, 119(8), 1123.
48. Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. and Wisner, B. 1994. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. London: Routledge.
49. Índice de Riesgo de Desastre Sismico "EDRI" (IDNDR1990-2002)

4.7 Manuscrito sometido: Análisis de elementos necesarios de una normativa específica para reducir riesgos para la salud por emisiones de gasolinas

En el capítulo se relacionan los resultados del análisis de reglamentos para la ubicación y operación de estaciones de servicio de algunos estados de la república Mexicana, “Análisis de elementos necesarios de una normativa específica para reducir riesgos para la salud por emisiones de gasolinas”. Esta actividad es una importante fuente de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), entre los cuales resalta el BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) que son genotóxicos y carcinogénicos. Estos compuestos fácilmente inhalado por los usuarios y la población circundante, durante el proceso de suministrar de gasolina a los vehículos. Es por esto la importancia de analizar el impacto de los reglamentos actuales para Ubicación y Operación de las Estaciones de Servicio. Por lo cual la relevancia que los poderes políticos, como la ciudadanía en general tome la debida conciencia sobre la base de un análisis de riesgo, tomando en cuenta elementos tales como los procesos de degradación ambiental, la afectación a la calidad de vida de la población expuesta y eventualmente abatir las emisiones a la atmosfera de COV.

ANÁLISIS DE ELEMENTOS NECESARIOS DE UNA NORMATIVA ESPECÍFICA PARA REDUCIR RIESGOS PARA LA SALUD POR EMISIONES DE GASOLINERAS

García-Zarate Marco Antonio^{1,3}, Arellano-García, María Evarista^{2,3}, Mariana Villada Canela³, Margarito Quintero-Núñez⁴, María Concepción Arredondo-García⁵ y Chirstine Alysse Von-Glascoe⁶

¹ CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918 Zona Playitas Código Postal 22860 Ensenada, B.C. México. Correo electrónico: margarci@cicese.mx

² Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860. Correo electrónico: evarista@gmail.com

³ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860. Correo electrónico: mvilladac@uabc.edu.mx

⁴ Instituto de Ingeniería, UABC, Av. de la Normal S/N, Col. Insurgentes-Este, Mexicali, B.C. 21280. Correo Electrónico: maquinu@gmail.com

⁵ Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860. Correo Electrónico: conchita@uabc.edu.mx

⁶ El Colegio de la Frontera Norte, Escénica Tijuana-Ensenada Km 18.5, San Antonio del Mar, 22560 Tijuana, B.C. Correo electrónico: cglascoe@colef.mx

*Autor de correspondencia: evarista.arellano@uabc.edu.mx

Resumen: Los hidrocarburos aromáticos son un grupo de sustancias químicas utilizadas en la industria de los combustibles, esta actividad es una importante fuente de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), entre los cuales resalta el BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) que son genotóxicos y carcinogénicos. Estos compuestos fácilmente inhalado por los usuarios y la población circundante, durante el proceso de suministrar de gasolina a los vehículos. Es por esto la importancia de analizar el impacto de los reglamentos actuales para Ubicación y Operación de las Estaciones de Servicio. Por lo cual la relevancia que los poderes políticos, como la ciudadanía en general tome la debida conciencia sobre la base de un análisis de riesgo, tomando

en cuenta elementos tales como los procesos de degradación ambiental, la afectación a la calidad de vida de la población expuesta y eventualmente abatir las emisiones a la atmosfera de COV.

Palabras clave: análisis reglamento, política pública, BTEX, neurotóxico, riesgo tecnológico, exposición a riesgos

ANALYSIS OF ELEMENTS OF A SPECIFIC REGULATION TO REDUCE RISKS TO HEALTH BY EMISSIONS OF PETROL STATIONS

Abstract: Aromatic hydrocarbons are a group of chemical substances used in the fuel industry, this activity is a major source of emission of volatile organic compounds (VOCs), among which highlights the BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes) are genotoxic and carcinogenic. These compounds are easily inhaled by users and the surrounding population, during the process of supplying fuel to vehicles. That is why the importance of analyzing the impact of current regulations for location and operation of service stations. Therefore the relevance of political powers, such as the general public take proper awareness on the basis of a risk analysis, taking into account factors such as environmental degradation processes, the effect on the quality of life of the population exposed and eventually abate emissions of VOCs into the atmosphere.

Keywords: regulation analysis, public policy, BTEX, neurotoxic, technological risk, risk exposure

Introducción

La demanda de gasolina en una ciudad depende de las dimensiones del parque vehicular, el cual aumenta en función del crecimiento urbano y las necesidades de movilidad de la población. Los automóviles particulares y el transporte público en las zonas urbanas, se abastecen de combustible en las estaciones de servicio (ES) o gasolineras cuya ubicación geográfica y control de emisiones a la atmósfera no cuentan con una normativa clara y efectiva en México.

La gasolina que usan los automóviles de combustión interna es una mezcla de hidrocarburos alifáticos y aromáticos de bajo peso molecular y otros aditivos para mejorar su rendimiento y tiempos de combustión. La composición de la gasolina ha sufrido cambios desde

1986, ya que a partir de ese año se inició el proceso de reducción de plomo que se usaba como antidetonante, el cual actualmente alcanza una especificación de 0.3 g Pb/gal para el Valle de México y de 1.0 g Pb/gal para el resto del país. Esta reducción trajo consigo el incremento de otros componentes para mejorar el octanaje, tales como butano y benceno, tolueno y xileno (Cruz-Otiz, 1999; Leiva-Nuncio, 1996). Actualmente en la República Mexicana existen dos tipos de gasolinas en el mercado: la llamada Pemex Premium contiene un máximo de 2.0% en volumen de benceno, mientras que la Pemex Magna contiene un máximo de 3.0% (SENER, 2011; Rodríguez, 2015; Rosas, 1997; Dabelstein, 2007).

El benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX) presentes en la gasolina son sustancias muy volátiles, no polares de carácter lipofílico y por tanto muy nocivas para la salud humana, a las que potencialmente está expuesta la población. Así pues, los efectos en salud ocasionados pueden ser diversos, ya que dichos compuestos individualmente generan efectos genotóxicos, carcinogénicos, hematotóxicos, neurotóxicos o actúan como disruptores endócrinos, entre otros problemas de salud. (ATSDR 2009).

Por lo anterior, el presente trabajo se propone analizar las regulaciones descritas en documentos internacionales, federales, estatales y locales dirigidas a mitigar los efectos por las emisiones de las gasolineras, las cuales dependen de varios factores entre los que se encuentran el tipo de contaminante, las propiedades de sus componentes, las concentraciones de éstos, la frecuencia y duración de exposición, así como la susceptibilidad individual a los tóxicos.

Por lo anterior, es importante considerar a los distintos grupos de personas expuestas a la gasolina, ya que no es lo mismo estar expuesto laboralmente, como las personas que trabajan despachando gasolina o como empleado administrativo en la estación de servicio, o bien como población ambientalmente expuesta, ya sea residente de las proximidades de una gasolinera o paciente de un hospital cercano, o alumno de un centro escolar ubicado a cierta distancia (Atkinson, 2000; Khoder, 2007).

Adicionalmente, la aplicación de herramientas para la toma de decisiones puede mejorar el proceso en cuanto a eficiencia, eficacia y transparencia de las decisiones, ya que generalmente las

decisiones son multipersonales, es necesario utilizar un marco metodológico multicriterio en lugar de la tradición de la decisión unipersonal (Nijkamp, 2000).

La gasolina y sus riesgos

Una mezcla compleja se define como una combinación de compuestos parcialmente caracterizada, tanto cualitativa como cuantitativamente donde la incertidumbre de cada parámetro dependerá solo de la estimación final del riesgo y cuyos componentes pueden encontrarse en concentraciones variables (ATSDR 2004a), es por esto que actualmente existe un control para la cantidad de benceno presente en la gasolina, más no de tolueno, xileno y etilbenceno, debido a que no existen parámetros o límites máximos permisibles definidos para esos compuestos químicos.

La gasolina está clasificada como un líquido inflamable clase 1A de acuerdo con la NFPA (National Fire Protection Association), razón por la cual debe tenerse especial cuidado en su manejo, ya que genera vapores desde una temperatura de -43°C , debido a que estos vapores generados tienen una densidad, aproximadamente tres veces mayor que la del aire, tienden a depositarse en lugares bajos donde están localizadas normalmente la población expuesta.

Entre los contaminantes atmosféricos que requieren atención se encuentran los compuestos orgánicos volátiles (COVs): algunos incluso, se les ha catalogado como cancerígenos como es el caso del grupo formado por el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX).

Los BTEX son un grupo de compuestos orgánicos volátiles pertenecientes a la familia de los hidrocarburos aromáticos, que se caracterizan por encontrarse en forma de vapor a temperatura ambiente y por ser insolubles en agua pero muy solubles en otras sustancias no polares como las grasas. Desde finales del siglo XIX se tienen reportes de hematotoxicidad por benceno, pero fue hasta el siglo XX cuando se asoció la exposición a benceno con leucemias (Lacasaña, 2008; Snyder, 2002; Nordlinder 1996).

La exposición ambiental al benceno es un problema de Salud Pública importante. Hay que destacar su carácter cancerígeno, catalogado como Cancerígeno Categoría A por la Internacional Agency for Research on Cancer (IARC, 1987). El benceno es un contaminante ambiental ubicuo y se han constatado efectos graves en la salud de la población expuesta a estos compuestos por el aire contaminado.

El conocimiento que se tiene de posibles fugas en estaciones de servicios urbanos, tienen sus riesgos e impactos, entre los que se podrían citar: (1) riesgos por explosión en el momento de la carga y descarga de cisternas; (2) fugas y derrames de combustibles que contaminan el suelo y subsuelo, (3) los vapores que se origina en el funcionamiento habitual, destacando los efectos de los compuestos orgánicos volátiles, que son agentes no polares de carácter lipofílico, como el benceno, tolueno y xileno (BTEX), pertenecientes a la familia de los hidrocarburos aromáticos (WADE, 2004), la exposición prolongada a benceno son la hematotoxicidad, genotoxicidad y cancerogénesis (WHO, 2000).

La hematotoxicidad del benceno se manifiesta en la médula ósea, produciendo la destrucción progresiva de los componentes mieloides y eritroides, lo que se traduce en un descenso marcado de plaquetas y hematíes en sangre (Adgate, 2004; Center, C. K., 2000; Cianni, 2009; Wichmann, 2009; Massolo, 2010). Las lesiones causadas en la médula ósea por la exposición a benceno presentan un comportamiento dosis-dependiente, tanto en personas como en animales de laboratorio. La anemia plástica tiene una tasa de mortalidad muy elevada, del orden del 50% de las personas afectadas. (Grau, 2003; Rodríguez, 2007; Harris, 2011; Panko, 2009), por lo que se hace difícil predecir una dosis umbral, y por tanto podría considerarse que no existe un nivel seguro de exposición (IARC 1987; ATSDR 1997; U.S. EPA 1998a). Ante esta situación de incertidumbre, las estrategias preventivas adoptan habitualmente una aproximación conservadora, estableciendo la exposición cero a cancerígenos como un objetivo (OIT, 2001).

Los niños como grupo poblacional en riesgo

En México la población menor de 15 años constituye el 29.5% (31.7 millones de niños) del total poblacional, de acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), de éste

porcentaje aproximadamente el 20% (6.4 millones) viven en municipios de alta y muy alta marginación, no cuentan con las necesidades básicas del ser humano como salud, educación e infraestructura de la vivienda (SSA 2003). Uno de los problemas de mayor preocupación a nivel internacional, dentro de las zonas urbanas, es la contaminación atmosférica (Nowak, 2006; OMS, 2006; WHO, 2006; WHO, 2009; Leikauf, 2002), en gran medida, como producto de las actividades antropogénicas. Diversos autores, como Samet & Krewski (2007) y Romieu (2008), señalan que está comprobado que la exposición aguda y crónica a la contaminación del aire es un factor que eleva significativamente las tasas de mortalidad y morbilidad (CAM, 2011), al igual que el gasto público destinado a esto. Los niños son más vulnerables a los posibles efectos en la salud derivados de la exposición a contaminantes presentes en su ambiente, debido a que tienen una susceptibilidad mayor que los adultos, especialmente en su periodo de crecimiento y en el desarrollo de los sistemas corporales, donde la exposición se da desde el vientre materno (SSA, 2000; WHO 2010; Curtis, 2006). Por otro lado, también es importante considerar la inmadurez de sus órganos y sistemas de desintoxicación los cuales pueden ser insuficiente para eliminar los tóxicos de su cuerpo (WHO, 2010).

El Incremento de la mortalidad y la morbilidad debido a problemas cardiovasculares y respiratorios (Samet 2007, Romieu 2008). Efectos reproductivos y neurológicos, los trastornos del aprendizaje, conducta y del desarrollo en los niños son claramente el resultado de complejas interacciones entre factores ambientales (físicos, químicos, biológicos, psicológicos y sociales) y genéticos durante los periodos vulnerables del desarrollo del sistema nervioso central se inicia durante la etapa embrionaria y fetal, comenzando a partir de la Placa neural, la cual es de origen ectodérmico, desde el día 19 de vida embrionaria, continuándose postnatalmente hasta finalizar en la adolescencia (Arroyo, 2013). De este modo estos procesos pueden ser alterados pueden dar lugar, a largo plazo, a déficits en la integridad estructural y funcional del sistema nervioso (Rice, 2000; Curtis 2006; Rodier, 1995; Rodier, 2004; Barone, 2000; Ribas-Fito, 2001; Gilbert, 2010; CDC, 2009). Nacimientos prematuros, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad infantil (Maisonet 2004; Lacasana 2005; Curtis 2006; Wigle 2007; Barker, 1999; Kogevinas, 2004). Efectos en la salud de grupos vulnerables como niños asmáticos (Barraza 2008; Romieu 1997; Bäcker, 2009; Rojas-Martínez 2007; Escamilla 2008; O'Neill 2003; Riojas et al, 2009; Pope, 2009).

La gasolina y sus marcos regulatorios

La relación entre la población y medio ambiente, el impacto de la primera en este último, ha sido una cuestión largamente estudiada a lo largo de la historia. Con el objeto de prevenir, controlar, regular y sancionar este tipo de contaminación, se crean leyes y reglamentos de competencia federal, Estatales y Municipales que proporcionan las herramientas para mantener las medidas a implementar para la preservar y controlar el medio ambiente de la contaminación.

El marco legal mexicano referente a la prevención y control de emisiones de compuestos volátiles producto de la actividad desempeñada en las estaciones de servicio cuenta con distintas legislaciones, las cuales se pueden clasificar en leyes y normas oficiales respectivamente.

En primera instancia se encuentra la Ley General Del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual en los capítulos I y II contempla diez artículos referentes a la contaminación ambiental (LGEEPA, 2012, Art. 1 y 2).

Mientras que la Ley General de Protección Civil (LGPC, 2012), la cual establece que es responsabilidad de los gobiernos estatales y municipales llevar a cabo proyectos, estudios e inversiones necesarias para ampliar y modernizar la cobertura de los sistemas de medición de los distintos fenómenos perturbadores naturales y antropogénicos, encaminados a prevenir riesgos que pongan en peligro la vida y que puedan provocar daños a la población (LGPC, 2012, Art. 25).

Dentro de la regulación técnica existen normas oficiales mexicanas (NOM), las cuales están encargadas de brindar los parámetros necesarios para evitar riesgos a la población. La primera norma es conocida con la clave NOM-086-ECOL-1994, la cual establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles. A nivel interno, cada estación de servicio cuenta con un manual de operación, en el cual se especifica las acciones y medidas a desarrollar durante las actividades en la estación de servicio, de igual manera cuentan con lineamientos para la protección de suelo y mantos freáticos sin embargo, no se menciona el uso de medidas para el control de emisiones fugitivas a la atmósfera.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que tiene la facultad de promover el desarrollo de planes y programas ya que probablemente sea la medida para concientizar y sensibilizar a la población sobre la importancia del cuidado del medio ambiente para prevenir el daños atmosféricos (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Para el caso de los municipios el Reglamento, es la norma jurídica que establece detalladamente los lineamientos para su correcta aplicación, de los pasos a seguir en determinados procedimientos legales los cuales aclaran al ejecutor de la norma, reglas específicas que le permitirán comprender de mejor forma la aplicación y ejecución de la Ley. Dependiendo el fin del reglamento, puede ser emanado de diferentes organismos, entidades o instituciones autónomas o semiautónomas, municipalidades y de aquellos órganos que conforman la administración del Estado, (Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos).

En este orden de ideas, el municipio tiene la facultad de crear acuerdos, reglamentos y ordenanzas, de conformidad a las competencias propias derivadas de la Constitución Política de la República Mexicana, leyes ordinarias, y las atribuidas mediante convenios suscritos con el gobierno Federal. Para lo cual el concejo municipal emite ordenanzas, acuerdos y reglamentos para el ordenamiento del municipio, creando reglamentos de construcción y urbanización, reglamentos internos y demás normas que permiten organizar de mejor forma el municipio y las relaciones jurídicas entre particulares y el gobierno municipal.

Las disposiciones de un Reglamento es de orden público e interés social en el ámbito territorial por lo cual las actividades consideradas altamente riesgosas requieren desarrollar un estudio de riesgo ambiental, cuya complejidad está en función de la actividad propia de la instalación para su evaluación. En este sentido, actualmente se cuenta con reglamentos a nivel nacional para la Ubicación y Operación de las Estaciones de Servicio (Gasolineras) que deberán garantizar la seguridad de clientes, empleados, público en general, infraestructura y bienes materiales propios y ajenos, en los que establecen los requerimientos para su operación, después del análisis de 47 reglamentos se observa que el riesgo ambiental a la población expuesta no es una parte primordial de este, por lo cual me permito describir sus alcances y como de sus limitantes para algunas de las partes que conforman.

El reglamento estipula sus disposiciones de orden público e interés social que tiene por objeto, regular el uso de suelo mediante la zonificación del territorio para efecto de la edificación, instalación y mantenimiento de estaciones de servicio, estaciones de carburación, estaciones de autoabasto y servicios adicionales. Así como el funcionamiento y operación de las mismas para garantizar la seguridad, protección e higiene pública. Como consecuencia de los estudios dirigidos en este sentido, los resultados alertaron a las autoridades para establecer límites en el medio laboral, como primera respuesta. Luego de comprobar la presencia de estos contaminantes en el ambiente, surge la necesidad de implementar reglamentos de regulación para proteger a la población general. Es por tanto necesario tomar en cuenta el costo ambiental que la por el uso de estas fuentes de energía, al momento de diseñar una política de desarrollo sostenido. Es necesario recordar, además, que le costo ambiental lleva implícito un costo sobre el bienestar humano.

Análisis de los instrumentos de regulación de las gasolineras

Para acceder al análisis de los diferentes instrumentos de política ambiental en materia de las estaciones de servicio se recurrió a una revisión bibliográfica que tiene el propósito de profundizar los conocimientos sobre el tema apoyado por la literatura científica para la orientación que se le dará en los criterios técnicos, conclusiones y recomendaciones adecuadas de los impacto de las estaciones de servicio sobre la salud humana y de los métodos de evaluación de riesgo para la salud humana aceptados internacionalmente entre otros aspectos.

Se realizó revisión documental de artículos de investigación en bases de datos nacionales y internacionales tales como: Scielo, Google Académico y PUBMED, y también se analizaron 23 Reglamentos de los diferentes municipios de la República Mexicana y en páginas web de instituciones nacionales e internacionales, es posible que exista alguna “bibliografía gris” no explorada.

La modernización ecológica, en el análisis de las relaciones entre sociedad y estado (Buttel, 2000), debe ser una de las líneas de investigación principales de esta perspectiva. La efectividad de la política medioambiental depende, en gran medida de la creación de vínculos positivos entre el estado y los distintos grupos sociales. Este proceso de implementación de reglamentos a confrontando dificultades de diverso orden: escasez de recursos humanos y presupuestales,

deficiente sistema de información, débil interacción entre las instituciones académicas, superposición de intereses, además este nuevo concepto es relativamente nuevo como lo es la prevención de la contaminación y la conservación de los recursos naturales.

La ausencia de una orientación en cuanto a la forma de organizarse para la gestión ambiental ha significado distintas características, capacidades y nivel de toma de decisión en la aplicación de reglamentos de edificación, instalación y mantenimiento de estaciones de servicio, estaciones de carburación, estaciones de autoabasto y servicios adicionales.

En México las estaciones de servicio se encuentran reguladas por diversas restricciones, que contrasta con los esquemas regulatorios internacional, reglamentos estatales y de Protección Civil en materia de seguridad y prevención de riesgos en establecimientos de gasolina, que imponen medidas de prevención ante eventuales riesgos de fugas o derrames de combustible en el subsuelo o superficie, así como restricciones de suelo para protección de los mantos freáticos.

Para ello, la Ley General de Protección Civil establece que es responsabilidad de los Gobernadores de los Estados y de los Presidentes Municipales integrar y hacer funcionar el Sistema Nacional de Protección Civil en su ámbito de competencia, los cuales llevarán a cabo proyectos, estudios e inversiones necesarias para ampliar y modernizar la cobertura de los sistemas de medición de los distintos fenómenos perturbadores naturales y antropogénicos, encaminados a prevenir riesgos que pongan en peligro la vida y que puedan provocar daños a la población (LGPC, 2012, Art. 25).

El Reglamento para la Ubicación y Operación de las Estaciones de Servicio (Gasolineras) deberá garantizar la seguridad de clientes, empleados, público en general, infraestructura y bienes materiales propios y ajenos, en los que establecen los requerimientos para su operación, como un instrumento normativo que define los procedimientos para enfrentar y prevenir los impactos ambientales generados por el desarrollo de la actividad, representen una garantía constitucional, el medio ambiente influye directamente sobre la sociedad y en cada uno de los individuos que la integran.

En la tabla que se presenta a continuación se clasificaron las unidades de análisis más relevantes de los reglamentos actuales revisados para los diferentes municipios dividido en tres áreas de importancia, instalaciones críticas, uso de suelo y zona de peligro, que en su conjunto adolecen del complemento académico para su aplicación como reglamento para la ubicación y operación de estaciones de servicio, que vigila el medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar de la población, de los diferentes estados de la República Mexicana.

	Elemento	Municipios de la Republica Mexicana										
		Mexicali, BC	Ensenada, BC	Tijuana, BC	Hermosillo, Son.	Navojoa, Son.	Nogales Son.	Mazatlan, Sin.	Zapopan, Jalisco	Durango, Dgo.	Guadalajara, Jal.	Aguascalientes, Ags.
I n s t a l a c i ó n c r i t i c a	Sistemas de drenaje que incluye sitios de muestreo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	S	S	S
	Seguridad pública y defensa	S	S	S	S	NS	S	S	S	S	S	S
	alarma audible para detección de altas concentraciones de gases.	A	A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS
	Centros de concentración masiva (cines, teatros, escuelas, hospitales, estadios deportivos, auditorios, supermercados, instituciones religiosas, etc.)	50	50	50	50	NS	50	100	150	150	75	60
	Distancia mínimo a inmuebles de tipo habitacional	15	50	30	100	100	30	30	5	15	5	60
	Comercio ambulante que utilice fuego provocado por cualquier derivado del petróleo o carbón	70	70	70	NA	NS	NS	100	NS	NS	NS	60
	Vías férreas, túneles, puentes y pasos a desnivel	30	30	30	30	NS	30	30	30	30	30	30
	Barda perimetral	2.4	2.5	2.5	2	NS	3	3	3	3	3	3
	Planta generadora de energía eléctrica	30	30	30		NS		100	NS	NS	NS	30
	Líneas de alta tensión	30	30	30	30	NS	30	30	30	30	30	30
	Ductos que transporten productos derivados del petróleo	30	30	30	30	NS	30	30	30	30	30	30
	Industria incompatible	NS	200	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	60
	Industria de alto riesgo	100	100	100	NS	NS	NS	100	NS	NS	100	30
	Planta de almacenamiento y distribución de gas	750	1000	1000	100	NS	100	800	100	100	150	2000
U s o e l o	Estudio de Impacto Ambiental	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Manifestación de Impacto Ambiental	NS	A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Comercio que emplee gas estacionario	100	100	100	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	60
	Podrán instalarse estaciones de servicio adicionales si éstas se encuentran a una distancia fuera de un radio de cualquier estación existente.	750	1000	1000	300	800	30	800	1000	1000	300	120
Z o n a i g d r e o	Geológicos (Fallas, fracturas, taludes inestables, hundimiento y licuefacción)	150	150	NP	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NP	NS
	Hidrometeorológicos (zona inundable, canales, ríos, de escurrimiento o dren natural de cuencas, susceptibles al deslizamiento o al hundimiento y dunas)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	100	NP
	Consulta de vecinos	NS	NS	NS	S	S	NS	S	NS	NS	NS	NS
	Recuperador de vapores de Gasolina	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS
NP= no lo permite, NS= No solicita, A= Autoriza, S= Solicita												

		Municipios de la Republica Mexicana											
	Elemento	Leon, Gto.	San Luis Potosi, SLP	Saltillo, Coahuila	Chihuahua, Chih	Matamoros Tamp.	Cordoba, Ver.	Colima, Col.	Morelia, Mich.	Oaxaca, Oax	Mérida, Yucatán	Ocosingo, Chiapas	Quintana Roo
I n s t a l a c i ó n c r i t i c a	Sistemas de drenaje que incluye sitios de muestreo	S	S	S	S	S	S	S	S		S	S	S
	Seguridad pública y defensa	S	S	S	S	S	S	S	S		S	S	S
	alarma audible para detección de altas concentraciones de gases.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	S	S
	Centros de concentración masiva (cines, teatros, escuelas, hospitales, estadios deportivos, auditorios, supermercados, instituciones religiosas, etc.)	50	100	200	150	300	300	300	200	300	100	75	200
	Distancia mínimo a inmuebles de tipo habitacional	18	30	25	30	15	15	NP	8	100	50	5	50
	Comercio ambulante que utilice fuego provocado por cualquier derivado del petróleo o carbón	100	NS	50	NS	NS	NS	NP	NS		NS		NS
	Vías férreas, túneles, puentes y pasos a desnivel	50	30	30	30	30	30	15	30	30	30	30	NS
	Barda perimetral	3	3	2.5	2.5	3	2.5	3	2.5		2.5	4.5	2.5
	Planta generadora de energía eléctrica	50	30	30	30	30	30	15	30	30	30	30	150
	Líneas de alta tensión	50	30	30	30	30	30	15	30	30	30	30	50
	Ductos que transporten productos derivados del petróleo	50	30	30	30	30	30	15	30	30	30	30	100
	Industria incompatible	100	NS	NS	150	150	150	450	NS	150	100	100	150
	Industria de alto riesgo	100	80	100	150	150	150	450	NS	150	100	100	150
	Planta de almacenamiento y distribución de gas	250	150	100	150	150	150	450	100	1000	150	150	130
U s o e l e	Estudio de Impacto Ambiental	S	S	S	S	S	S	S	NS		NS	S	S
	Manifestación de Impacto Ambiental	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S		S	NS	NS
	Comercio que emplee gas estacionario	S	NS	50	NS	NS	150	450	NS	150	NS	NS	NS
	Podrán instalarse estaciones de servicio adicionales si éstas se encuentran a una distancia fuera de un radio de cualquier estación existente.	270	150	1500	1200	2000	500	800	1000	2000	1000	500	500
Z p o n l a i g d r e o	Geológicos (Fallas, fracturas, taludes inestables, hundimiento y licuefacción)	NS	NP	300	300	NS	300	NS	NP		NP	NP	NP
	Hidrometeorológicos (zona inundable, canales, ríos, de escurrimiento o dren natural de cuencas, susceptibles al deslizamiento o al hundimiento y dunas)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	100	100		NP	NP	300
	Consulta de vecinos	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS
	Recuperador de vapores de Gasolina	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS		S	S	NS
NP= no lo permite, NS= No solicita, A= Autoriza, S= Solicita,													

Análisis de los distintos elementos en los reglamentos

1.- Distancia mínimo a inmuebles de tipo habitacional

Se debe partir por definir el área de influencia de un determinado proyecto, donde se analizan tres criterios que tienen relación con el alcance geográfico y las condiciones iniciales del ambiente previo a las actividades previstas para construcción y operación del proyecto. Estos criterios incluyen el “Ámbito espacial donde se manifiestan los posibles impactos ambientales y socioculturales ocasionados por las actividades previstas para la ejecución del proyecto”, sin embargo involucran otros criterios como la temporalidad o duración de los eventos, debemos tener plenamente claro el concepto de impacto ambiental que es definido como la alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en un componente del medio, fruto de una actividad o acción (Conesa, 1997).

La Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en el Sección V Evaluación del Impacto Ambiental describe en el ARTÍCULO 28.- XIII.- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente. Los cambios en la cobertura y uso del suelo asociados a los procesos de urbanización, representan en todo el mundo una de las formas más evidentes de la intervención del hombre sobre el territorio (Christensen 2003).

En estos escenarios los niños se encuentran expuestos a estos contaminantes desde su desarrollo en el vientre materno y posterior a su nacimiento continúan expuestos por el ambiente contaminado en su entorno, los trastornos del aprendizaje, conducta y del desarrollo en los niños son claramente el resultado de complejas interacciones entre factores ambientales (físicos, químicos, biológicos, psicológicos y sociales). Algunas cifras nos indican la gravedad de la situación actual: (OMS): Los problemas del aprendizaje pueden estar afectando entre un 5% y 10% de los niños escolares. El número de niños en programas de educación especial clasificados

con problemas del aprendizaje se incrementó en un 191% entre 1977 y 1994 en los países occidentales.

La neurotoxicidad es un grave problema de salud debido al incremento de sustancias neurotóxicas en los procesos industriales y al elevado número de personas expuestos a ellas. Es por todos conocidos que un gran número de sustancias de amplio uso industrial produce severos efectos negativos sobre la salud, ya que inciden sobre el tejido nervioso y ocasionan alteraciones funcionales, en muchos casos irreversibles. Sustancias de gran toxicidad neurológica se han podido detectar también en la zona agrícola, en donde el uso de pesticidas no sólo afecta al trabajador del campo, sino también contamina los productos del campo que posteriormente se distribuyen para consumo de la población en general (Mills, 1998; Schwab, 1999). También deberá tomar en cuenta la emisión de vapores tóxicos generados por derrames cuyos volúmenes son de aproximadamente 200 litros o menos son considerados derrames pequeños, mientras que derrames mayores a 200 litros son considerados derrames grandes (GRE, 2004).

La intoxicación de carácter agudo es consecuencia de una exposición breve pero de elevada intensidad, habitualmente superior varias veces a los límites de tolerancia del organismo. Los efectos de este tipo de intoxicación suelen ser letales y los signos clínicos, evidentes e inmediatos, las normas sanitarias sobre concentraciones máximas permisibles en el ambiente de trabajo impiden o deben impedir que se llegue a niveles extremos peligrosos para la salud.

A diferencia de la aguda, la intoxicación profesional crónica es frecuente en los medios de trabajo y, por sus características, plantea un difícil y delicado problema de diagnóstico y prevención.

La intoxicación profesional crónica es el resultado de una exposición prolongada, continua o intermitente, a niveles de concentración en los neurotóxicos que no exceden los máximos permisibles o que inclusive están por debajo de ellos (Almirall, 1993).

Al determinar sus radios de afectación, es importante resaltar que el radio del círculo de influencia que en su mayoría de los análisis, es casi siempre arbitrario y no refleja la intensidad de la capacidad tóxica de los agentes a los que se exponen las personas (Correa , 2012; Torres 2010; Karakitsios , 2007; Hystad, 2011; Knox; 1994,1997; Dickinson, 1999, 2003; Harrison, 1999), Por lo regular, las características de la población en riesgo se calculan por la superposición de la dirección de cada zona vulnerable por lo cual los autores citados presentan varios análisis en base a los datos obtenidos por monitoreo de benceno en del aire, para lo cual sugieren una distancia entre 300m. a 5 km de la fuente de emisión, de esta manera ayudara a minimizar al exposición de la población a la concentración de BTEX.

2.- Manifestación de Impacto Ambiental

El Reglamento deberá establecer el responsable del proyecto quien deberá presentar, un estudio de impacto ambiental de acuerdo al Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, es un estudio técnico-científico, de carácter preventivo y de planeación, que permite identificar los efectos que puede ocasionar una obra o actividad sobre el medio ambiente, y señalar las medidas preventivas que minimicen dichos efectos negativos de la ejecución de dichas obras o actividades. Este estudio permite a la autoridad evaluar la factibilidad ambiental para la ejecución de proyectos de inversión industrial, de infraestructura, manufactura, comercios o servicios. Que pueden clasificarse en cuatro categorías: 1) Informe preventivo, 2) Estudio de riesgo, 3) MIA modalidad particular y 4) MIA modalidad regional.

La cual debe abarcar factores inertes, bióticos, económicos y sociales-culturales. Estos grupos engloban la totalidad de los factores medioambientales: clima, agua, suelo, atmósfera, aspectos sociales, culturales, económicos y estéticos, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y las capacidades del medio.

El Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) deberá de cuidar dependiendo del tipo de inversión y/o desarrollo de que se trate; el tipo, calidad y cantidad de los recursos naturales identificados en la zona propuesta de ubicación del proyecto en evaluación; las condiciones sociales prevalecientes en el entorno; las condiciones económicas y de desarrollo de otras

actividades ya existentes en la zona de ubicación del nuevo proyecto, esta debe ser desarrollada de tal forma que se identifiquen las condiciones naturales preexistentes en la zona propuesta de ubicación del proyecto en evaluación y de los posibles escenarios con y sin proyecto, que pudieran presentarse en función a los efectos de los ecosistemas en su entorno. Estas consideraciones implican, de una amplia gama de instrumentos y regulaciones jurídicas que inciden en los distintos tipos de proyectos de inversión, el cual deberá ser realizado por una empresa registrada y calificada por la entidad de protección al ambiente del gobierno estatal, para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana.

Con respecto a la evaluación del impacto ambiental, la misma ley apunta en su artículo 28 que “es el procedimiento a través del cual la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca”, considerado como el análisis previo a la realización de una actividad susceptible de causar impactos ambientales, referido por la parte que tiene a su cargo la concesión de la misma, con el objeto de demostrar a los interesados en general; autoridades y personas naturales o jurídicas, las afecciones ambientales que dicho proyecto provocaría en el ambiente. La evaluación de impacto ambiental o revisión ambiental constituye el proceso por el cual se somete a una exhaustiva verificación por parte de las autoridades a una actividad que al realizarse podría derivar en efectos significativos para el entorno.

Es importante hacer accesible la información y el conocimiento disponible sobre los impactos de los cambios en los procesos biofísicos regionales y globales en las áreas urbanas

3.- Seguridad pública y defensa

Las estaciones de servicio deberán contar con un Plan de Contingencia en los términos establecidos en la Ley de Protección Civil. Este Plan deberá fundamentarse en el estudio de riesgo con que cuente cada estación de servicio este Plan deberá hacerse del conocimiento de todos los empleados, incluyendo a los administrativos y a quienes laboren en los servicios conexos, a través de una capacitación específica, la cual deberá concluir con un simulacro que será realizado en coordinación con la Dirección de Protección Civil Municipal, este deberá ser revisado para sus posibles adecuaciones una vez al año.

Este Plan de Contingencia deberá definir el plan de acción a seguir cuando se presente una emergencia en la estación.

- Salvaguardar vidas humanas.
- Prevenir y minimizar las lesiones que se pudieren ocasionar a los trabajadores de la Estación de Servicio como de la población circundante en un radio de 500 m
- Ejecutar medidas adecuadas para proteger a la comunidad y a la propiedad aledaña.
- Contener y controlar el incidente.
- Prevenir y minimizar los perjuicios económicos al propietario como consecuencia de la interrupción de las actividades mientras dure la emergencia.
- Un resumen ejecutivo del Plan de Contingencia deberá colocarse a la vista de los usuarios y personal, en las oficinas y en las áreas de servicios conexos y deberá contener.

El cual deberá contener los procedimientos, personal y equipo específico para prevenir, controlar y/o limpiar derrames de petróleo o productos químicos.

4.- Comercio ambulante que utilice fuego provocado por cualquier derivado del petróleo o carbón:

El Reglamento de Protección Civil, deberá incluir un artículo que describa respecto a las estaciones de gasolina: En caso de existir comercio ambulante que utilice fuego provocado por cualquier derivado del petróleo o carbón, deberá el propietario de la estación dar aviso a la Autoridad correspondiente para que lleve a cabo su reubicación de forma inmediata y no deberá estar a una distancia menor de 100 metros medidos a partir de los tanques, lugar de descarga y bombas más próximo de la estación de servicio al comerciante ambulante.

Solicitar a la Dirección o la Dependencia que corresponda, la inspección de las estaciones, cuando infiera que se incumple el presente ordenamiento.

En las estaciones de servicio o gasolineras se observan como riesgos los derrames o fugas de líquidos combustibles que pueden llevar a incendios o explosiones; riesgos que se han incrementado por el elevado número de estaciones de servicio dentro de zonas densamente pobladas (CENAPRED, 2001)

5.- Podrán instalarse estaciones de servicio adicionales si éstas se encuentran a una distancia fuera de un radio de cualquier estación existente

No es recomendable otorgar licencia de uso de suelo, permisos de construcción o autorización alguna, cuando la distancia de una estación de servicio respecto a otra estación de servicio sea menor a 2,000 metros radiales en áreas urbanas. Y cuando la distancia de una estación de servicio respecto a otra estación de servicio sea menor a 10,000 metros radiales en áreas rurales, y centros de población fuera del área urbana o semi-urbana del Municipio, de los centros de población rural. Teniendo como fundamento el Normar y Ordenar el crecimiento de este tipo de negocios, en forma medida y adecuada al crecimiento de la ciudad, eliminando riesgos y posibles daños a la Salud Pública.

Las gasolineras representan un factor de alto riesgo, ya que en algunas existe una proximidad considerable entre una gasolinera y otra, representando así un alto riesgo de explosión y el incremento de emisiones de vapores en la descarga de la gasolina al vehículo, En caso de un derrame grande, se deberá considerar la evacuación inicial de por lo menos 300 metros a favor del viento u 800 metros a la redonda, en caso de que un tanque, carrotanque o autotanque que contenga este producto esté involucrado en un incendio, debe aislarse 800 metros a la redonda (PEMEX 2008).

6.- Hidrometeorológicos (zona inundable, canales, ríos, de escurrimiento o dren natural de cuencas, susceptibles al deslizamiento o al hundimiento y dunas):

Debería decir: No deberá autorizar obra que se ubique en áreas de cauces de ríos y arroyos, áreas inundables (Humedales), de escurrimiento o dren natural de cuencas, en áreas con suelos licuables, susceptibles al deslizamiento o al hundimiento y dunas.

Definiciones según la Ley de Aguas Nacionales DOF 11-08-2014: “Humedales” las zonas de transición entre los sistemas acuáticas y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente

o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico, y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Costa se le define como “una franja de tierra cuyo ancho variable puede tener varios kilómetros de extensión y que abarca desde la línea de costa (intersección entre el plano de bajamar y el terreno) hacia tierra adentro hasta el primer cambio importante en los rasgos morfogenéticos del terreno (Codignotto, 1987).

Desde un punto de vista socio-ambiental, el sistema de dunas costeras no sólo es un ecosistema particular constituido por especies de fauna y flora endémica es decir que existe sólo aquí, en este tipo de ambiente- que han captado la atención de la comunidad científica internacional. Las dunas tienen un valor hídrico y de vida fundamental para las comunidades que se asientan en sus adyacencias, las cuales se proveen mayoritariamente de los acuíferos que subyacen a ellas. Asimismo, las dunas actúan como barreras protectoras frente a la embestida de eventos climáticos tales como tormentas, huracanes y tsunamis. Y es precisamente aquí donde empieza a tornarse un factor a considerar dentro de la Gestión del Riesgo.

En particular en zonas templadas, estas costas se caracterizan por presentar hábitats con diferentes condiciones ambientales asociadas a su geomorfología: playa distal, duna frontal, planicies arenosas, dunas activas, planicies de deflación, bajos interdunales y dunas fijas. Comunidades vegetales distintivas ocupan esos ambientes, en estrecha dependencia con el conjunto de factores ambientales (Wiedemann, 2004).

Pero la presión humana sobre las zonas costeras del mundo se ha incrementado a lo largo de los últimos 50 años (especialmente en Europa, en las costas del Mediterráneo; (Acosta 2005). El intenso uso no planificado ha llevado a una importante pérdida de superficie, fragmentación y degradación de la calidad de estos ecosistemas en todo el mundo. En las últimas décadas se ha empezado a reconocer su valor ecológico y a implementar medidas para su protección y restauración (Novo, 1997; Martínez, 2004; Roig, 2006).

Según el SEGEMAR, la importancia de los médanos costeros en este sentido se debe a que actúan como una barrera litoral impidiendo la invasión salina del mar. Este efecto de barrera hidrológica está fundado principalmente en las altas cargas hidráulicas, que se encuentran en los médanos, producto de la mayor infiltración de agua dulce, que se recargan constantemente con las lluvias. De esto resulta que los niveles de los acuíferos allí presentes evidencien cotas superiores a las que alcanzan en terrenos circundantes, además, son hábitat de especies endémicas o en alguna categoría de riesgo y tienen un valor estético y cultural (Ranwell, 1995; Alcamo, 2003; Martínez, 2004).

Los procesos de pérdida del territorio en relación a los servicios ecosistémicos que aporta la naturaleza, carecen aún de una visión integrada de largo plazo. No se visualizan los escenarios futuros derivados de la pérdida del patrimonio paisajístico y cultural que surgen de la ocupación y fragmentación de los hábitats naturales, ni el impacto socioeconómico que implica este.

Para la ubicación de infraestructura sobre las playas y dunas, se deberá establecer una zona de restricción de construcción, basada en un estudio de procesos costeros de la zona.

En cualquier desarrollo se deberá preservar la vegetación natural, evitando perturbar la zona con especies distintas a las nativas, debiendo preservarse al máximo la cubierta vegetal.

7.- Geológicos (Fallas, fracturas, taludes inestables, hundimiento y licuefacción)

No se permitirá la construcción de estaciones de servicio sobre o cercano a fallas y fracturas activas, por lo menos a una distancia mínima de 200 metros de su eje y según la magnitud de su actividad. La empresa solicitante del permiso deberá de presentar reporte de verificación y certificación del estado que presenta la falla por medio de una institución académica en el área de Geología.

8.- Planta de almacenamiento y distribución de gas

Que el predio donde se pretenda ubicar la estación de servicio, se localice a una distancia mínima de resguardo de 800 metros radiales con respecto a una planta de almacenamiento y distribución de gas L.P. o gas natural, tomando como referencia la ubicación de los tanques de almacenamiento de combustible (GRE,2012)

Que el predio se localice a una distancia mínima de resguardo de 150 m. de estaciones o subestaciones eléctricas, o de líneas aéreas de alta tensión, a 500 m. de oleoductos, poliductos, gasoductos, y cualquier otra tubería de transporte de petróleo crudo o derivados; dicha distancia deberá ser medida a partir de la colindancia más cercana del predio con respecto de las líneas, vías o ductos antes referidos.

9.- Consulta de vecinos

Será responsabilidad exclusiva del solicitante la realización de la consulta a los Vecinos habitacionales comprendidos en el área de influencia de los 150 metros radiales. El propietario deberá proporcionar en forma oportuna la información técnica a los consultados la cual deberá incluir los nombres, direcciones y firmas de los consultados, debiendo realizarse la consulta por cada lote habitacional en el área de consulta, indicando claramente si está de acuerdo o no con la instalación o ampliación en consulta ante Notario Público, quien deberá dar fé del consentimiento o denegación que se otorgue por los vecinos consultados para la instalación de la estación de servicio.

La Dirección considerará procedente otorgar la licencia de uso de suelo para la estación de servicio, si de la consulta de vecinos resultó que la totalidad de propietarios y legítimos poseedores de los lotes habitacional es inmediatamente colindantes con el predio, donde se manifiesten conformidad con la instalación de la misma y si las firmas de conformidad, en su conjunto, representan las dos terceras partes de los predios habitacionales comprendidos en el radio de 150 metros.

El propietario promoverá la realización de reuniones explicativas a los vecinos del sector, a fin de dar difusión a las medidas de seguridad de las instalaciones de la futura estación de servicio y la información técnica relevante sobre el funcionamiento y operación de la misma

10.- Recuperador de vapores de Gasolina

Debido a los avances tecnológicos actuales y a las exigencias internacionales de Protección del Medio Ambiente, se deberá dotar a la Estación de Servicio con la Recuperación de Vapores Fase-II, con base en la NOM-092-ECOL-1995 (Que regula la contaminación atmosférica y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo, publicada en el Diario Oficial de la Federación, 6 de septiembre de 1995.), con el objeto de evitar la emisión de los vapores a la atmósfera, es un sistema diseñado para evitar que existan emisiones de vapores crudos de gasolina durante el repostaje de los vehículos de motor, lo que supone conducir los vapores contenidos en el depósito del vehículo, durante el repostaje del mismo, al tanque enterrado, los aparatos surtidores serán provistos de una pequeña bomba de vacío que permita aspirar los vapores del depósito del vehículo en función del caudal de llenado, de lo que resulta una eficacia del 85% en el control de las emisiones a la atmosfera de compuestos orgánicos volátiles, derivados de la emisión de vapores en las etapas de suministro a los vehículos en las estaciones de servicio los cuales deben recuperarse para limitar las emisiones de vapores nocivos a la atmósfera. Estos vapores contribuyen a las emisiones de contaminantes atmosféricos como los BTEX, que pueden ser perjudiciales para la salud humana, y precursores de contaminantes atmosféricos secundarios como el ozono troposférico, que son nocivos para la salud humana y el medio ambiente, la eficiencia de la captura de vapores de gasolina de los sistemas de fase-II de recuperación de vapores de gasolina debe comprobarse al menos dos veces al año.

Deberán incluirse:

Plan de Manejo Ambiental (PMA): Para el buen funcionamiento de estaciones de servicio, en cual deberá estar orientado a la implementación de acciones y obras que permitan

prevenir, mitigar y corregir los posibles impactos y efectos ambientales ocasionados por la operación de la ES en los diversos factores ambientales: abióticos, bióticos y socioeconómicos para detectar los posibles impactos potenciales, de cuya aplicación será responsable su propietario, el cual establecerá las medidas ambientales de prevención y mitigación, que deberán ser aplicadas obligatoriamente por los responsables del funcionamiento de la Estación de Servicio, haciendo especial énfasis en las medidas concernientes al derrame de combustibles y al peligro de incendios, que podrían ser las que mayor impacto causarían en el ambiente.

El cual deberá de comprender de los siguientes planes:

- Plan de Prevención y Mitigación Ambiental
- Plan de Capacitación Ambiental
- Plan de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial
- Plan de Manejo de desechos sólidos y líquidos.
- Plan de Contingencias y Esquema de Evacuación de las instalaciones
- Plan de Monitoreo Ambiental Semestral
- Plan de Difusión y Relaciones con la comunidad

El PMA contiene especificaciones, normas y diseños de las diferentes medidas de mitigación propuestas para prevenir, controlar, minimizar y reducir al máximo los impactos ambientales negativos, las cuales pueden ser de implementación previa, simultánea o posterior a la que se generan durante la operación de la estación de servicio.

Ruido

El sonido no deseado, inarticulado y confuso, que altera o modifica el físico afectando la flora, fauna o la salud humana. Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades (LGEEPA).

La prevención y el control de la contaminación generada por la emisión de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales al equilibrio ecológico o al ambiente, proveniente de fuentes fijas que funcionen como

establecimientos industriales, así como, en su caso, de fuentes móviles que conforme a lo establecido en esta Ley no sean de competencia Federal

El estudio de contaminación en las ciudades muestran un fuerte deterioro atmosférico, la situación de algunos de los polígono industriales provocan que las emisiones de las mismas sean llevadas en forma de nubes toxicas por medio de los vientos dominantes de las diferentes estaciones del año. Esta situación que afecta a todas las ciudades y áreas colindantes, se ve agravada por las zonas de intenso tráfico y mayor volumen de industria, provocando trastornos auditivos, trastornos cardiovasculares, estrés, irritabilidad y alteraciones del sueño en las zonas circundante a la fuente de emisión (Vargas, 2005; Sánchez, 2014; Montaña, 2012; Romo, 2012).

Los niveles de contaminación por ruido son muy altos en nuestro país, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), considera que el límite máximo aceptable para el ser humano es de 85 decibelios, límite que fue sobrepasado desde 1975; en algunas zonas de la ciudad actualmente se encuentran en niveles hasta de 120 decibelios.

Estas desconexión y sobreposición entre los roles de contaminador y ciudadano afectado, sugieren que la prevención de los problemas ambientales tiene que comprender acciones que fortalezcan la conciencia ambiental basada en información correcta. En tanto las autoridades locales, como representantes elegidos por la gente, deberían defender los intereses colectivos por encima de los privados, para lo cual tendrán que diseñar estrategias de comunicación social los gobiernos estatales y municipales para restaurar la confianza del ciudadano y generen luego una gestión compartida para reducir la contaminación.

Salud de la Población circundante y trabajadores

Las autoridades federales, de las entidades federativas, municipales y delegacionales, fomentarán la cultura en materia de protección civil entre la población, mediante su participación individual y colectiva. Las autoridades en la materia, establecerán mecanismos idóneos para que la sociedad participe en la planeación y supervisión de la protección civil, en

los términos de esta Ley, su Reglamento y los demás ordenamientos aplicables. La población vulnerable y expuesta a un peligro, tiene derecho a estar informada de ello y a contar con las vías adecuadas de opinión y participación en la gestión del riesgo. (LGPC, 2012).

Con relación a las sustancias neurotóxicas, la Norma 114 (NOM-114-STPS-1994) pide que el proveedor señale con claridad y con el nombre técnico las sustancias que se incluyen en el producto que oferta y no solamente aparezca el nombre comercial. Estos datos deben ser conocidos por el empresario y darse a conocer a los trabajadores a través de un documento muy completo que, junto con otros datos referentes a las sustancias, deben publicarse bajo el nombre de Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas.

Sin embargo, se puede afirmar que en la mayor parte de las empresas este documento no existe, no está actualizado y/o no se da a conocer a los trabajadores. Algo similar puede decirse de los respiradores y purificadores de aire y los sistemas de ventilación. Muchas de las empresas, los responsables de seguridad y los empresarios desconocen las sustancias que contiene un determinado nombre comercial.

Con respecto a los máximos permisibles en cuanto a tiempos de exposición de sustancias neurotóxicas, difícilmente los responsables de seguridad o los trabajadores conocen las concentraciones que existen en el ambiente ni los tiempos máximos de exposición permisibles para exposición es promedio, para exposiciones a corto tiempo y para exposiciones pico.

En lo referente a las sustancias neurotóxicas, la normatividad vigente sobre máximos permisibles resulta difícil de aplicar, ya que la acción patógena depende no sólo de las concentraciones de la exposición, sino también de otros factores que deben ser tomados en cuenta para acciones de tipo preventivo, como son las horas diarias de exposición, el equipo de protección que se utiliza, la tolerancia o vulnerabilidad del organismo y el hecho de que la exposición sea a un tóxico específico o a una mezcla de varios, lo que estaría generando una acción sinérgica. En este renglón se hace necesaria la intervención de equipos interdisciplinarios de investigadores, de preferencia integrados a alguna institución académica, que desarrollen estudios específicos sobre el tema y cuyos resultados se den a conocer en otras instancias

oficiales, tales como la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y el Instituto Mexicano del Seguro Social. Desde el punto de vista de la salud laboral, es necesario que los trabajadores de las estaciones de servicio industriales utilicen una máscara provista de filtros para retener vapores de compuestos orgánicos volátiles. A pesar de que el uso de mascarilla es ya un requisito en este tipo de instalaciones, sería recomendable asegurar que los trabajadores la usen adecuadamente y de forma cotidiana. Esto puede lograrse mediante un programa de capacitación adecuado y a través de vigilancia continua.

Debido a los avances tecnológicos actuales y a las exigencias internacionales de Protección del Medio Ambiente, se deberá dotar a la Estación de Servicio con la Recuperación de Vapores Fase-II con el objeto de evitar la emisión de los vapores a la atmósfera, es un sistema diseñado para evitar que existan emisiones de vapores crudos de gasolina durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio deben recuperarse para limitar las emisiones de vapores nocivos a la atmósfera.

Estos vapores contribuyen a las emisiones de contaminantes atmosféricos como el benceno o tolueno, que pueden ser perjudiciales para la salud humana, y precursores de contaminantes atmosféricos secundarios como el ozono troposférico, que son nocivos para la salud humana y el medio ambiente.

La eficiencia de la captura de vapores de gasolina de los sistemas de fase-II de recuperación de vapores de gasolina debe comprobarse al menos una vez al año.

A manera de conclusión

En términos generales, la política ambiental del gobierno federal, estatal, municipal tiene la concepción de reparar los daños en lugar de incorporar el principio de prevención del riesgo, el impacto ambiental es una externalidad y los niveles de contaminación se definen por su aceptación económica de corto plazo (y en consecuencia por consideraciones políticas) y no por los requisitos necesarios para mantener la resistencia del ecosistema.

El ser humano no puede vivir sin los elementos naturales que conforman el medioambiente, sin la existencia de alguno de ellos estaría destinado a su desaparición lentamente. Es por ello que hay que proponer normas para la protección de nuestro ecosistema ambiental, presionando a los gobiernos para buscar una solución y un equilibrio entre la naturaleza y el hombre.

Partiendo de esto, se considerarán adicionalmente, los preceptos fundamentales de éste orden jerárquico, dentro del análisis del reglamento; de tal manera que, se pueda deducir la existencia de contradicciones o vacíos de información entre los diferentes cuerpos normativos; y al mismo tiempo, sugerir la implementación, adición.

Ahora, desde el punto de vista de la calidad del personal de los actores gubernamentales encargados, pues en general no se encuentran capacitados para las funciones de control ambiental que deben cumplir. Además, se debe recordar que el desarrollo sustentable es un proceso que se debe dar dentro de todas las esferas de la sociedad y, por ello, el personal que labora en los diferentes entes públicos debería estar capacitado en temas ambientales e incluir la variable ambiental en sus decisiones. Si bien existen algunos programas de capacitación en este campo, la gran mayoría de este personal aún no está capacitado en esos temas.

Debido al crecimiento urbano de las ciudades, la zona de influencia evidencia la presencia de locales comerciales de diversa índole y personas ajenas a la operación, siendo necesaria la elaboración del Plan de Manejo Ambiental de la estación para minimizar los riesgos o impactos que se produjeran por las actividades desarrolladas en la estación.

Desde el punto de vista ambiental, las zonas urbanas son los principales escenarios de impactos antrópicos, no sólo a escala local, sino también a escala global: conversión de tierra agrícola o forestal para usos e infraestructuras urbanas; agotamiento, desecación y contaminación del agua; explotación de canteras y excavaciones para la obtención de materiales de construcción en grandes cantidades; en algunas zonas actividades de deforestación; uso intensivo de combustibles que ocasiona contaminación atmosférica interior y exterior; urbanización en zonas costeras con frecuencia ocasiona la destrucción de ecosistemas

importantes y también altera la hidrología de las costas y sus características naturales; zonas residenciales de una densidad baja a media (con una expansión urbana) alrededor de los centros urbanos, etc... Pero a pesar de todo, la ciudad como espacio principal de la vida moderna, sigue construyendo su historia, repensándose e intentando recobrar su característica esencial, ser un escenario de prosperidad (desarrollo humano sostenible).

La educación ambiental es un proceso continuo y permanente donde deben participar diferentes actores sociales, para solucionar los problemas ambientales de las comunidades, regiones o países ya que tiene efecto multiplicador el cual promover acciones efectivas de cultura ambiental, que fomenten la participación de la población para solucionar los problemas del entorno inmediato de las sociedades. Para lo cual es recomendable, promover una cultura para el ambiente

Bibliografía

- PEMEX 2008. Hojas de datos de seguridad de sustancias (Magna, Diésel, Premium)
- Rodríguez Martínez, N. (2015). Nuestros Productos Comentarios sobre Los Aditivos. pemex.com. <http://www.ref.pemex.com/octanaje/23adit.htm>.
- Rosas Jaramillo J. A., Rodríguez Martínez N., (1997). Nuestros productos, Gasolinas, Evolución de los Requerimientos de Calidad de los Productos Petrolíferos. Revista Octanaje, Año 2, No 13, septiembre-octubre, disponible en Internet, <http://www.ref.pemex.com/octanaje/13gas.htm>
- Dabelstein, W., Reglitzky, A., Schütze, A., and Reders, K., 2007, Automotive Fuels Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH.
- Adgate, J. L., Church, T. R., Ryan, A. D., Ramachandran, G., Fredrickson, A. L., Stock, T. H.,... & Sexton, K. (2004). Outdoor, indoor, and personal exposure to VOCs in children. Environmental Health Perspectives, 112 (14):1386-1392.
- Acosta, A., Carranza, M. L., & Izzi, C. F. (2005). Combining land cover mapping of coastal dunes with vegetation analysis. Applied Vegetation Science, 8(2), 133-138.
- Alcamo, J. y Bennett, E.M., (2003). Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington, D.C., USA, Island Press. 245p.

- Almirall Hernandez P., (1993). Manual de recomendaciones para la evaluación psicológica en trabajadores expuestos a sustancias neurotóxicas, Instituto de Medicina del Trabajo, Depto. de Psicología, La Habana, Cuba, pág. 38-53.
- Atkinson, R. (2000). Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x. *Atmospheric environment*, 34(12), 2063-2101.
- Arroyo, H. A., & Fernández, M. C. (2013). Tóxicos ambientales y su efecto sobre el neurodesarrollo. *Medicina (Buenos Aires)*, 73, 93-102.
- ATSDR. 1997. Toxicological Profile for Di-n-octylphthalate. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry) 2009. Toxicological profiles. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp> (Fecha de último acceso: 03 febrero 2010)
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry). 2004a. Guidance Manual for the Assessment of Joint Toxic Action of Chemical Mixtures
- Barone S Jr, Das KP, Lassiter TL, & White LD (2000) Vulnerable processes of nervous system development: A review of markers and methods. *Neurotoxicology*, 21(1–2): 15-36.
- Barker DJ. The long-term outcome of retarded fetal growth. *Schweiz Med Wochenschr* 1999; 129:189-96.
- Bäcker, C., Barraza-Villarreal, A., Moreno-Macías, H., Escamilla-Núñez, C., & Romieu, I. (2009). Efecto del ambiente rural sobre la prevalencia de rinitis alérgica en escolares de Mexicali, Baja California, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 25(5), 431-7.
- Barraza-Villarreal, A., J. Sunyer, (2008), "Air pollution, air way inflammation, and lung function in a cohort study of Mexico City schoolchildren", *Environ Health Perspect* 116(6): 832-8.
- Buttel, F. H. (2000). Ecological modernization as social theory. *Geoforum*, 31(1), 57-65.
- CAM. (2011). Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020.
- CDC. (2009). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals: Department of Health Services. Center for Disease Control and Prevention

- Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010) Situación Demográfica. www.conapo.gob.mx
- Cruz-Otiz, H., Elaboración de Gasolina en Pemex Refinación, in Octanaje. 1999, PEMEX.
- Curtis, L., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E., & Pan, Y. (2006). Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*, 32(6), 815-830.
- CENAPRED 2001. Riesgos químicos. En: ZEPEDA RAMOS, O. Y GONZÁLEZ MARTÍNEZ, S. (eds.) Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, Sistema Nacional de Protección Civil.
- Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2003). Climate modelling: severe summertime flooding in Europe. *Nature*, 421(6925), 805-806.
- Conesa, F. V., 1997. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- CPEUM, (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917). D.O. de la Federación, recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/doc/1.doc> (2007, 27 de julio).
- CODIGNOTTO, J. O., 1987. Glosario Geomorfológico Marino. 70p. Asociación Geológica Argentina. Serie B: Didáctica y complementaria número 17. Buenos Aires.
- Center, C. K. (2000). EPA/NIEHS/CDC Centers for Children's Environmental Health and Disease Prevention Research Progress Review Workshop. University of California, Berkeley.
- Cianni, N., Müller, A., Lespade, P., Aguilar, M., Matamoros, N., Colman, E.,... & Wichmann, F. (2009). Calidad del aire y salud infantil en áreas urbanas e industriales de La Plata y Ensenada, Argentina. *Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA*. Editores: E. Puliafito & N. Quaranta, 37-44.
- Correa, J. (2012). Complejo Industrial Ventanas: Exclusión de la ciudadanía y problemas de gobernabilidad. El caso "Campiche" entre lo legal y lo legítimo [Industrial complex Ventanas: Exclusion of citizenship and governance issues. "Campiche" case between legal and legitimate]. *Justicia Ambiental* (4), 121-136. Retrieved from http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2257919

- Diario Oficial de la Federacion, 2012. Reglamento Interior de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- Dickinson, H. O., Hammal, D. M., Dummer, T. J. B., Parker, L., & Bithell, J. F. (2003). Childhood leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma in relation to proximity to railways. *British journal of cancer*, 88(5), 695-698.
- Dickinson HO, Parker L (1999) Quantifying the effect of population mixing on childhood leukaemia risk: the Seascale cluster. *Br J Cancer* 81:144–151
- Novo, F. G., Crawford, R. M., & Barradas, M. C. D. (Eds.). (1997). *The ecology and conservation of European dunes* (Vol. 38). Universidad de Sevilla.
- GRE 2012. Departamento de Transportes de los Estados Unidos de América y Canadá y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. Guía de respuesta en caso de emergencia.
- GRE 2004, Guía de Respuesta en Caso de Emergencia, No. 128
- Harrison, R. M., Leung, P. L., Somervaille, L., Smith, R., & Gilman, E. (1999). Analysis of incidence of childhood cancer in the West Midlands of the United Kingdom in relation to proximity to main roads and petrol stations. *Occupational and Environmental Medicine*, 56(11), 774-780.
- Harris AM, Sempertegui F, Estrella B, Narvaez X, Egas J, Woodin M, Durant JL, Naumova EN, Griffiths JK (2011) Air pollution and anemia as risk factors for pneumonia in ecuadorian children: a retrospective cohort analysis. *Environ Heal* 10:93
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, & World Health Organization. (1987). Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42 (Vol. 7). International Agency for Research on Cancer (Ed.). World Health Organization.
- Hystad, P., Setton, E., Cervantes, A., Poplawski, K., Deschenes, S., Brauer, M., & Demers, P. (2011). Creating national air pollution models for population exposure assessment in Canada. *Environmental health perspectives*, 119(8), 1123.
- Karakitsios, S. P., Papaloukas, C. L., Kassomenos, P. A., & Pilidis, G. A. (2007). Assessment and prediction of exposure to benzene of filling station employees. *Atmospheric Environment*, 41(40), 9555-9569.

- Khoder, M. I. (2007). Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo. *Atmospheric Environment*, 41(3), 554-566.
- Knox, E. G. (1994). Leukaemia clusters in childhood: geographical analysis in Britain. *Journal of epidemiology and community health*, 48(4), 369-376.
- Knox, E. G., & Gilman, E. A. (1997). Hazard proximities of childhood cancers in Great Britain from 1953-80. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 51(2), 151-159.
- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (LGEEPA), Diario Oficial de la Federación (DOF) Última Reforma DOF 04-06-2012. En línea: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> (Consultado, octubre, 18, 2012).
- LGEEPA, Legislación Ecológica: Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), Diario Oficial de la Federación (DOF) 26-04-2012. (Consultado, Octubre, 20, 2012).
- Leikauf, G. D. (2002). Hazardous Air Pollutants and Asthma. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 110 (Supplement4): 505-526.
- Lacasana, M., A. Esplugues, (2005), "Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects", *Eur J. Epidemiol* 20(2): 183-99.
- WADE L.G., Jr. Química Orgánica. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, 5ª edición, 2004.
- Maisonet, M., A. Correa, (2004), "A review of the literature on the effects of ambient air pollution on fetal growth", *Environ Res* 95(1): 106-15.
- Mills, P. K. (1998). Correlation analysis of pesticide use data and cancer incidence rates in California counties. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 53(6), 410-413.
- Martínez, M. L., Maun, M. A., & Psuty, N. P. (2004). The fragility and conservation of the world's coastal dunes: geomorphological, ecological and socioeconomic perspectives. In *Coastal Dunes* (pp. 355-369). Springer Berlin Heidelberg.
- Martínez, M. L., Psuty, N. P., & Lubke, R. A. (2004). A perspective on coastal dunes. In *Coastal Dunes* (pp. 3-10). Springer Berlin Heidelberg.
- Montaña, A. F., Medina, M. O., & Caballero, N. P. (2012). Niveles de ruido y su relación con el aprendizaje y la percepción en escuelas primarias de Guadalajara, Jalisco, México. *Ingeniería*, 16(3), 175-181.

- Grau, M. D. M. (2003). Toxicología Ambiental: Evaluación de riesgo para la salud humana. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Nijkamp, P. y R. Vreeker (2000): Sustainability assessment of development scenarios: methodology and applications to Thailand. *Ecological Economics*, 33: 7-27.
- OIT. 2001. Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el Trabajo de la Organización Internacional del Trabajo. Edición española editada por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/Index.htm>
- Schwab A.P. 1999. Pesticide and other toxicorganic in soil and their potential forground and Surface wather contamination, National Tecnical Information Service, Kansas State University.
- SEMARNAT, (Secretaria De Medio ambiente y recursos naturales). En línea: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/impactoambiental/Paginas/valuacion.aspx> (Consultado, octubre, 18, 2012).
- SEGEMAR – Servicio Geológico Minero de Argentina, dependiente de la Secretaria de Minería de la Nación. Enlace: http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Regiones/Centro/Recursos%20H%C3%AAdricos/RECURSOS%20HIDRICOS.htm
- Panko, J. M., Gaffney, S. H., Burns, A. M., Unice, K. M., Kreider, M. L., Booher, L. E.,... & Paustenbach, D. J. (2009). Occupational exposure to benzene at the ExxonMobil refinery at Baton Rouge, Louisiana (1977–2005). *Journal of occupational and environmental hygiene*, 6(9), 517-529.
- Rodríguez, Hernández. Occupational Renal Disease. *Environmental and Occupational Medicine* 2007.PUBMED.
- Massolo, L., Rehwagen, M., Porta, A., Herbarth, O., Ronco, A., Müller “Indoor outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in th eatmosphere of industrial and urban areas”. A. *Environmental Toxicology*, 25(4): 339-349, 2010.
- OMS, (Organización Mundial de la Salud). 2006. “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005”. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02.

- Riojas H., Alamo U., Texcalac J. y Romieu I. (2009), —Estado del conocimiento sobre los efectos en la salud asociados a la contaminación del aire en la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, INSP
- Romo, J., & Gómez, A. (2012). La percepción social del ruido como contaminante. En SEMARNAT, Ordenamiento territorial y participación social: problemas y posibilidades (págs. 271-291). México.
- Roig, F.X., Martín, J.A., Rodríguez-Perea, A. y Pons, G.X. (2006). Valoración geoambiental y económica de diferentes técnicas de gestión de playas. In Pérez-Alberti, A. y Bedoya, J. (eds). Geomorfología y territorio : 457-469. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Romieu I. et al (1997), —Effects of intermittent ozone exposure on peak expiratory and Respiratory symptoms among children with asthma, ArchEnvHealth 1997; 52: 368-376.
- Escamilla-Núñez, M. C., Barraza-Villarreal, A., Hernandez-Cadena, L., Moreno-Macias, H., Ramirez-Aguilar, M., Sienra-Monge, J. J., ... & Romieu, I. (2008). Traffic-related air pollution and respiratory symptoms among asthmatic children, resident in Mexico City: the EVA cohort study. Respir Res, 9(1), 74-85.
- Ranwell, D.S. y Boar, R., 1995. Coastal dune management guide. Reminder Press, UK
- Gilbert, S.G., Miller, E., Martin, J., Abulafia, L. (2010). Scientific and policy statements on environmental agents associated with neurodevelopmental disorders. Journal of Intellectual & Developmental Disability, 35(2), 121-128.
- Kogevinas M, Andersen AM, Olsen J. Collaboration is needed to co-ordinate European birth cohort studies. Int J Epidemiol 2004; 33:1172-3.
- Lacasaña, María, González, Beatriz, Rodríguez, Miguel y Daponte, Antonio. (2008). Evaluación de la exposición a BTEX en la población del campo de Gibraltar [en línea]. Escuela Andaluza de salud pública. CONSEJERIA DE SALUD. Granada Junio 2008 pág. 6
- Leiva-Nuncio, M., Salazar-Sotelo, D., Martínez-Bermúdez, M., Gasolina reformulada: Nueva opción para el público consumidor, in Octanaje. 1996, PEMEX.
- LGPC, (Ley General de Protección Civil), 2012, en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf

- Mildred Maisonet, Adolfo Correa, Dawn Misra, Jouni J.K. Jaakkola; A review of the literature on the effects of ambient air pollution on fetal growth. Environmental Research, May 2004
- Wigle, D. T., T. E. Arbuckle, (2007), "Environmental hazards: evidence for effects on child health", J Toxicol Environ Health B Crit Rev 10(1-2): 3-39.
- NFPA, (National Fire Protection Association), 30: Flammable & Combustible Liquids Code, 2000
- Nordlinder, R., Järnholm, B. (1996). Environmental exposure to gasoline and leukemia in children and Young adults - an ecologic study. Int Archives of Occupational Environmental Health, 70, 57-60.
- O'Neill S.M., Ramirez-Aguilar M., Meneses-Gonzalez F., Hernandez-Avila M., Sienra-Monge J.J., Romieu I. (2003), Ozone exposure among Mexico City outdoor workers, J. Air & Waste Manage. Assoc; 53:339-346.
- Pope III, C. A., Ezzati, M., & Dockery, D. W. (2009). Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. New England Journal of Medicine, 360(4), 376-386.
- Ribas-Fito, N., Sala, M., Kogevinas, M., & Sunyer, J. (2001). Polychlorinated biphenyls (PCBs) and neurological development in children: a systematic review. Journal of Epidemiology and Community Health, 55(8), 537-546.
- Rice D & Barone S Jr (2000) Critical periods of vulnerability for the developing nervous system: evidence from humans and animal models. Environ Health Perspect, 108(Suppl 3): 511-533.
- Rodier PM (1995) Developing brain as a target of toxicity. Environ Health Perspect, 103(Suppl 6): 73-76.
- Rodier PM (2004) Environmental causes of central nervous system mal development. Pediatrics, 113(4): 1076-1083.
- Rojas-Martínez, R., Perez-Padilla, R., Olaiz-Fernandez, G., Mendoza-Alvarado, L., Moreno-Macias, H., Fortoul, T., & Romieu, I. (2007). Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City. American journal of respiratory and critical care medicine, 176(4), 377-384.

- Romieu I, Barraza-Villarreal A, Escamilla-Núñez C, Almstrand AC, Diaz-Sanchez D, Sly PD, 2008. Exhaled breathmalondialdehyde as a marker of effect of exposure to air pollution in children with asthma. *J Allergy ClinImmunol* 121:930–939
- Samet, Jonathan and Krewski, Daniel(2007)' Health Effects Associated With Exposure to Ambient Air Pollution',*Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*,70:3,227-242
- Sánchez, Y. G., & Díaz, M. Y. F. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Rev Cub Hig Epidemiol*, 52(3), 3.
- Snyder, R. (2002). Benzene and Leukemia. *CriticalReviews in Toxicology*, 32(3), 155-210.
- SSA (Secretaria de Salud) 2003. Perfil de la salud ambiental infantil en México. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsana/e/fulltext/perfiles/mexico.pdf>
- SSA (Secretaría de Salud). 2000. Dirección General de Epidemiología. El Consumo de Tabaco en México y Encuesta Nacional de Adicciones 1998. México: SSA, 2000. 187-195.
- Terrés, I. M. M., Miñarro, M. D., Ferradas, E. G., Caracena, A. B., & Rico, J. B. (2010). Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. *Journal of environmental management*, 91(12), 2754-2762.
- U.S. EPA. 1998a. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Manufacturing, Processing, Distribution in Commerce, and Use Prohibitions. 40CFR761. Washington, DC:U.S. Environmental Protection Agency.
- Vargas Marcos, F. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Revista española de salud pública*, 79(2), 117-127.
- SENER (Secretaría de Energía), (2011). Sistema de Información Energética. Disponible en <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController> (ultimo acceso Noviembre 25, 2011)
- Wiedemann A. M., and A. J. Pickart. 2004. Temperate Zone Coastal Dunes. In: M. L. Martínez and N. P. Psuty (Eds.). *Coastal Dunes. Ecology and Conservation. EcologicalStudies* 171, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 53-65.
- World Health Organization. Protection of the Human Environment. The health effects of indoor air pollution exposure in developing countries, Geneva; 2004.
- Wichmann, F. A., Müller, A., Busi, L. E., Cianni, N., Massolo, L., Schlink, U., & Sly, P. D. (2009). Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 123(3), 632-638.

- World Health Organization, & Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. (2009). Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals (Vol. 239). World Health Organization.
- World Health Organization (WHO). 2006. Principles for evaluating health risks in children associated with exposures to chemicals. Environmental Health Criteria 237
- WHO (2010). Health yEnvironments for health y children, key messages for action. 71 p.
- WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. World Health

4.8 Manuscrito en proceso a ser sometido: Biomonitorización citogenética de niños de primaria expuestos a BTEX por gasolina por análisis de micronúcleos de las células epiteliales bucales en Ensenada, B.C. México

En el capítulo se relacionan los resultados del monitoreo por la técnica de micronúcleos, “Biomonitorización citogenética de niños de primaria expuestos a BTEX por gasolina por análisis de micronúcleos de las células epiteliales bucales de Ensenada B.C”, El objetivo de este estudio es evaluar el potencial riesgo para la salud de la exposición a los hidrocarburos aromáticos (BTEX) en niños. La población de estudio comprendió 103 niños expuestos a vapores de gasolina y 40 niños no expuesto (edad 8-13 años), que asisten a las escuelas adyacentes a una estación de servicio (ES) ubicadas dentro de la zona urbana de Ensenada, B.C. Se utilizó un ensayo de micronúcleos (MN) en células de epitelio bucal para determinar daño en el material genético. Estudios de biomarcadores en los niños son un campo prometedor, ya que debido a las diferencias evidentes en la absorción, metabolismo, distribución y excreción de mutágenos esta población parece ser más susceptibles que los adultos. En este estudio se demuestra que, usando el ensayo de MN, es posible evaluar el daño citogenético en los individuos expuestos y que el aumento significativo en anomalías nucleares en la población expuesta sugiere que los individuos estudiados pueden estar en un riesgo mayor de desarrollar ciertas enfermedades tales como el cáncer. Los resultados del análisis son útiles para la identificación de estrategias adecuadas de reducción del riesgo para minimizar problemas de contaminación del aire en las ciudades.

Biomonitorización citogenética de niños de primaria expuestos a BTEX por gasolinera por análisis de micronúcleos de las células epiteliales bucales de Ensenada B.C

García-Zarate Marco Antonio ^{1,4}, Arellano-García, María Evarista ^{2,4,*}, Olivia Torres-Bugarín³, Mariana Villada Canela⁴, Christine Alysse Von- Glascoe⁵

¹ CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918 Zona Playitas Código Postal 22860 Ensenada, B.C. México.

² Manejo de Ecosistemas en Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860.

³ Laboratorio de Investigación, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Guadalajara; Guadalajara, Jalisco, México

⁴ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860.

⁵ COLEF, Escénica Tijuana-Ensenada Km 18.5, San Antonio del Mar, 22560 Tijuana, Baja California.

*Autor de correspondencia: evarista.arellano@uabc.edu.mx

Introducción

Los efectos adversos de los contaminantes del aire en la salud humana es un riesgo que confrontan millones de personas en el mundo, sin embargo es cada vez más difícil aislar el efecto de sustancias tóxicas específicas por exposiciones individuales. El caso de compuestos como benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX) son algunos de los tóxicos más comunes de aire encontrados dentro de las zonas urbano (Lee, 2002; Bono, 2003; Hoque, 2008; Tsai, 2006; Demirel, 2014, Hilpert, 2015) y como parte del grupo de compuestos orgánicos volátiles (COV) están incluidos en lista de contaminantes peligrosos (HAPs) de aire (Woodruff, 1998; Gordon, 1999). El benceno, un componente importante de la gasolina, por lo tanto la exposición ocupacional al benceno en el ser humano se lleva a cabo generalmente en fábricas, refinerías y otros entornos industriales. La exposición a vapores de gasolina está reconocida por la Agencia International para la investigación del cáncer (IARC; IARC, 1982) como posible carcinógeno a

los seres humanos, principalmente sobre la base una bien establecida carcinogenicidad de algunos componentes como el benceno (IARC, 1989; Zhangetal., 2002).

Existen pocos estudios en México con respecto a las exposiciones a BTEX en niños, en interior de escuelas colindantes a estaciones de servicio (“gasolineras”) en un radio menor a 300 metros tienen más daño en sus células epiteliales que los escolares cuyos centros educativos están fuera de este radio de influencia. Los niños tienen características biológicas que incrementan su vulnerabilidad a la los efectos agudos y crónico a los tóxicos ambientales (Wild, 2003; Garry, 2004; Neri, 2006), la cual puede ocurrir por varias rutas: inhalación, ingestión o absorción dérmica, e incluye al período prenatal (Slater, 2011; Peters., 2014; Bailey, 2011’ Garlandezec, 2009; Esplugues, 2007; Miligi., 2013). La asociación entre la exposición al benceno o mezclas que contienen el benceno y ciertos tipos de leucemia se ha demostrado en estudios epidemiológicos en diferentes países (Aksoy, 1985; Ireland, 1997; Carletti, 2002, Vigliani y Forni, 1976; Duarte-Davidson , 2001; IARC, 2004), *síndrome mielodisplásico* y otras neoplasias malignas hematológicas como el linfoma no-Hodgkin y leucemia en los niños así como trastornos linfoproliferativos (Tomba , 2005; Griego, 2008; McHale et al, 2012.; Recio et al., 2012, Steffen , 2004; Nordlinder y Jarvholm, 1997; Jarvholm y Forsberg, 2000; D’Andrea, 2014; Steffen , 2004; Ferreira, 2012; Duarte-Davidson, 2001; Shu, 1988; Edokpolo, 2015).

Ahora bien, en general, cuando los organismos se exponen a agentes tóxicos, sus células pueden evidenciar ciertos fenotipos celulares en respuesta al efecto del tóxico (Fenech, 2000, Bolognesi, 2013). Los estudios de biomonitorio en poblaciones expuestas publicados muestran resultados muy diversos, pues se han utilizado biomarcadores tales como micronúcleos (MN) (Lacerda, 2015; Demircigil, 2014; Çelik., 2003; Carere, 1995; Benites, 2006; Hallare, 2009;) el cual presenta una serie de ventajas como ser una técnica rápida, sencilla y económica (Fenech M., 1993; Fenech M. , 1999; Fenech M., 2000; Zalacain M. , 2005, Neri M. , 2006) y permite trabajar con diferentes tipos celulares como en células epiteliales (Fenech M. , 2007; Holland N. , 2008).

En el presente trabajo se pretende estudiar si la exposición a determinados genotóxicos, concretamente vapores de gasolina (BTEX) al aire libre para 143 niños de escuela primaria en la ciudad de Ensenada B. C. por proximidad a estaciones de servicio, que habitan en cuatro zonas urbanas distintas, utilizando la técnica de micronúcleos como biomarcador de efecto que es un método mínimamente invasor y útil para el monitoreo del daño genético en niños expuestos y no expuestos, estas anormalidades corresponden a diferentes procesos biológicos (Tolbert 1991) y obtener información técnica para apoyar políticas públicas que protejan a los niños que habitan en la zona potencialmente expuesta a estaciones de servicio.

Para facilitar tanto la identificación de micronúcleos como de anormalidades nucleares en células de epitelio bucal se desarrollaron criterios donde se describen anormalidades nucleares en las células (Tolbert, 1991, 1992;), que también son indicadores de genotoxicidad, como: células binucleadas, células con cromatinas condensadas, cariorrexis, células picnóticas y cariolíticas, criterios que son pasos a seguir para muchos autores (Torres-Bugarín, 2013, 2007; Holland , 2008; Heddle , 1991; Violante, 2012; Grover, 2012; Lacerda, 2015; Ceretti., 2014; Feretti, 2014; Martins 2009; Majer, 2001)

Metodología

Este trabajo se desarrolla en la zona urbana del Municipio de Ensenada en Baja California, México y se compone de dos partes. En la primera se elaboró una base de datos para alimentar un sistema de información geográfico (SIG) con apoyo del software QGIS 2.4.0, con base a los reportes proporcionados por PEMEX de las ventas anual para los años 2010, 2011 y 2012 en el estado de Baja California (Garcia, 2015) por cada estación de servicio y los datos de las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) recuperadas del sitio del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2010). También se incorporan los datos de población escolar potencialmente expuesta y no expuesta: niño/as sanos, en edad escolar matriculados en la escuela de nivel primaria y secundaria de la ciudad de Ensenada BC.

Antes de iniciar con la segunda parte del estudio, se seleccionaron escuelas por su proximidad a una estación de servicio y estas por su volumen de venta anual de gasolina

permitiendo la determinación de las emisiones de BTEX (García-Zarate, 2015), se realiza mediante un factor de emisión que se define como el volumen de materia prima o combustible de un determinado contaminante a la atmósfera, como resultado de actividades de la carga del combustible (EPA, 1973, 2003), la fuente de consulta para obtener un factor de emisión para determinado proceso para los factores de emisión recomienda el AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (EPA, 1995, 1995a) Como resultado del modelado de dispersión se obtuvieron valores de concentraciones de BTEX para cada estación de servicio dentro de la zona urbana.

La segunda parte del estudio contempló un biomonitoreo de daño genotóxico en un total de 143 niños de edad escolar, correspondientes a tres grupos: Los dos primeros se consideraron como expuestos y un tercer grupo de niños como grupo control, con los siguientes criterios de inclusión: asentimiento de los niños y consentimiento informado de los padres para que sus hijos participen del estudio. Se utilizó un ensayo de micronúcleos (MN) en células de epitelio bucal (Thomas, , 2009; Bonassi, , 2011), frecuentemente utilizada en un gran número de evaluaciones a poblaciones expuestas a hidrocarburos (Patlolla B. , 2005).

Previo a la obtención de la muestra cada individuo enjuagó su boca con agua potable dos veces, se recolectaron dos muestras de células exfoliadas de mucosa bucal, realizando un frotis en la pared interna de ambas mejillas, para después ser fijada en etanol al 80%. Posteriormente se hizo una tinción con eosina y verde rápido. Con un microscopio óptico se leyeron las laminillas determinando los diferentes biomarcadores de daño genotóxico y citotóxico: micronúcleos (MN) gemas nucleares, o células lobuladas broken eggs (NL), células basales (CB), células binucleadas (BN), cromatina condensanda (CC), cariorrexis (CR), cariólisis (CL) picnosis (PN) (Torres-Bugarín, 2013, 2007; Holland , 2008; Heddle , 1991; Violante, 2012; Grover, 2012; Lacerda, 2015; Ceretti,, 2014; Feretti, 2014; Martins 2009; Majer, 2001).

Los datos fueron analizados en el programa StatSoft v10 ® y se les aplicó la prueba de t de Student para variables que se distribuyen normalmente, pruebas de Rho de Spearman y el

Test de Kruskal-Wallis para variables que se distribuyen asimétricamente para comparar a las dos poblaciones estudiadas, Todos los datos se compararon con la media y desviación estándar

Resultados

La edad media de los niños participantes expuestos era $13.96 \pm 0,43$ en el grupo Sec. No. 9 con una muestra de 31 niños y 24 niñas ($n = 55$), $10.17 \pm 0,66$ en el grupo Justo Sierra con una muestra de 48 niños expuestos ($n = 48$), 18 niños y 30 niñas y el grupo 3 de los niños no expuestos $10.50 \pm 0,43$, con una muestra de 40 niños expuestos ($n = 40$), 18 niños y 30 niñas. El tamaño total de la muestra fue de 103 niños expuestos ($n = 103$), 23 niños y 17 niñas, sin embargo ambos grupos muestran diferencias importantes en relación a otras variables. La Tabla 1 muestra los valores medios de micronúcleos y error estándar en la población estudiada. Se encontró que la población expuesta a BTEX en el ambiente por ES, presenta mayor frecuencia de micronúcleos y anormalidades nucleares que la no expuesta con una diferencia es altamente significativa, La proporción de sexos en las escuelas expuestas al contaminante (F/M) fue del 30/18 (65/27%) en la escuela Justo Sierra 24/31 (44/56%) y 17/23 (43/57%) en el grupo no expuesto.

Tabla1. La media dela frecuencia de micronúcleos por 1000célulasde la mucosa bucal en los grupos estudiados.

GRUPO	Masculino	Femenino	n	Distancia a la ES (m)	MN / 1000			
					Min	Max	Casos	%
JUSTO SIERRA	18	30	48	50	0	7	20	42%
SEC. NO. 9	31	24	55	300	0	3	23	42%
POBLACIÓN NO EXPUESTA	23	17	40	425	0	1	3	8%

En la Figura 1 se describe la frecuencia de micronúcleos y anormalidades nucleare de los grupos de control y los grupos expuestos, respectivamente. Las célulasMicronúcleos (MN), Binucleadas (BN), Núcleo Lobulado (NL), Cariorrexix (CR), Cromatina Condensada (CC), Picnosis (PN), Cariólisis (CL) fueron mayores en individuos expuestos BTEX como es el caso de escuela Justo Sierra y Sec. No. 9 que en el grupo de control.

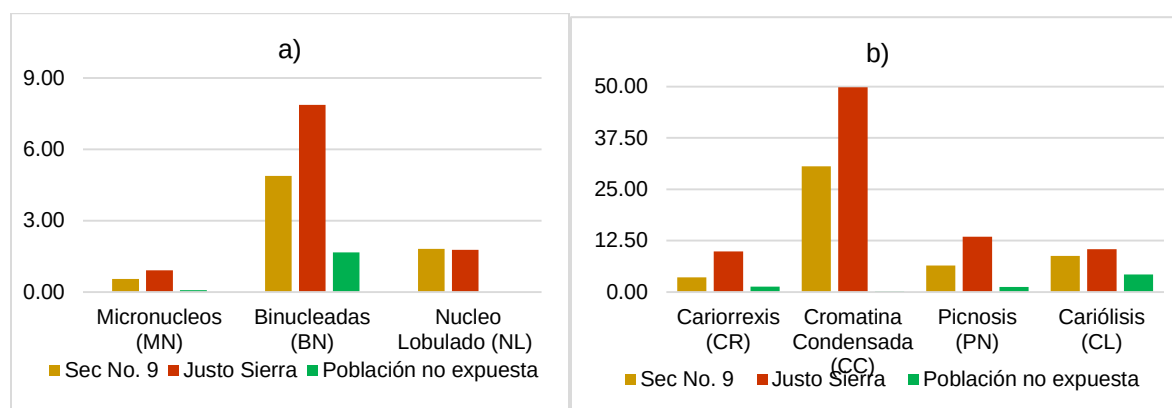


Figura 1. Frecuencia media de los datos de conteos de anomalías celulares por escuelas expuestas y no expuestas, a) Genotóxico, b) Citotóxico

La cromatina condensada y cariorrexis son alteraciones asociadas con apoptosis o citotoxicidad son producto de la agresión que provocan los contaminantes a las células (Tolbert y col., 1992). La condensación de la cromatina nuclear, la cariorrexis son eventos que no se generan por una división celular como ocurre con la formación de los micronúcleos, sino más bien, la previene. (Goldsworthy, 1996). En estudios hechos previos sólo se encontró que los niños son más susceptibles que los adultos (Lakhanisky y col., 1993; Laurent y col., 1993; Klemans y col., 1995).

La diferencia entre una célula apoptótica y las observadas en las células que sufren necrosis es que en esta última se encuentra el fenómeno de muerte celular como un proceso "pasivo", en la que ocurre ruptura de la membrana plasmática y salida del material intracelular (Wyllie, 1980) lo que desencadena una reacción inflamatoria. Contrario a esto la apoptosis es una muerte fisiológica, que es un proceso activo que implica síntesis proteica, en el cual se caracteriza por condensación nuclear (pyknosis), y citoplasmática, en la que se observa condensación de la cromatina nuclear, desintegración nuclear, disminución del tamaño, compactación del citoplasma y de organelo y aspecto de burbuja de la membrana, proceso final en el que se presenta fragmentación y ruptura internucleosomal del DNA (Wyllie, 1984). No obstante, un exceso de apoptosis podría estar indicando daño genotóxico (Tolbert, 1992).

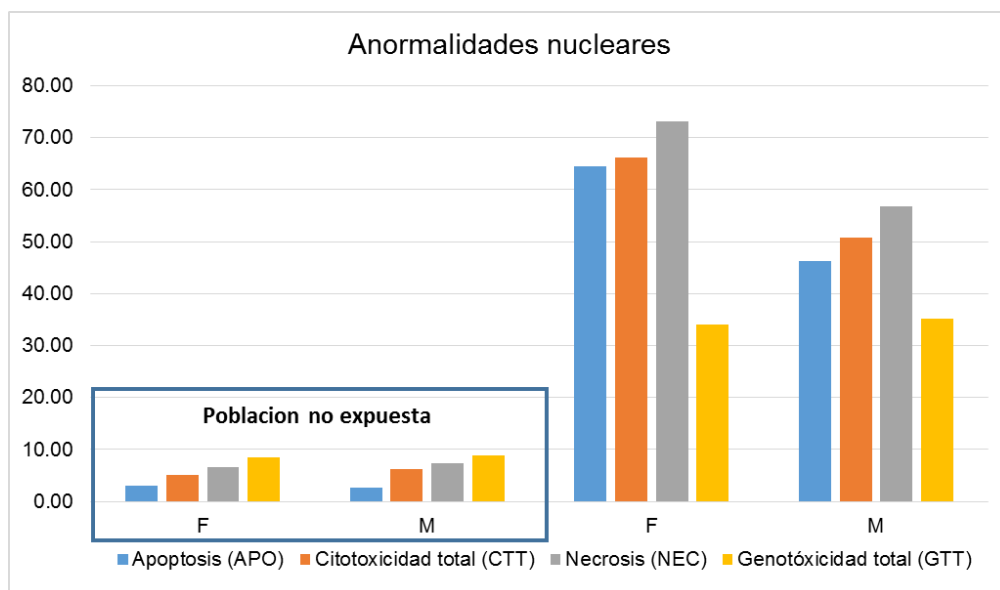


Figura 2. Frecuencia media de los datos de anormalidades celulares.

Sin embargo, la apoptosis es estimulada tanto por radiaciones ionizantes como por compuestos químicos que se unen al ADN o por desregulación genética también puede actuar como un mecanismo de reconocimiento, eliminando células con daño genético; así, la apoptosis en exceso de los niveles normales, puede ser un indicador de daño genotóxico (Tolbert y col., 1992), Figura 2, si bien, alguna rotura puede provocar muerte celular, las aneuploidías, tanto germinales como somáticas, se relacionan con alteraciones genéticas mucho más graves implicadas en abortos espontáneos, retraso mental y cáncer (Hagmar, 1994).

Discusión

Citomorfolología es el método más ampliamente utilizado en citología exfoliativa oral y evalúa parámetros de la forma de la célula, tamaño celular, área de la celda, el diámetro de la zona celular, citoplasmática, el diámetro nuclear, área nuclear, la forma nuclear, la continuidad existente entre la *membrana nuclear*, textura nuclear y sus anomalías. Estos parámetros pueden cambiar debido a los carcinógenos y genética dañada. El ensayo de MN es una técnica innovadora de genotoxicidad, la cuales una promesa para el estudio de células epiteliales carcinógenas (Tolbert et al. 1992). Los micronúcleos permite identificar el daño genotóxico en los individuos expuestos a mezclas cancerígenas (Stich et al 1990; Burgaz, 1995).

Estudios epidemiológico mostraron una clara relación entre la aumento de la frecuencia de micronúcleos y anormalidades nucleares por la exposición a benceno (Yager et al., 1990; Tompa, 1994; Türkel, 1994). Este aumento del número de anomalías nucleares podría ser el resultado de la exposición frecuente a vapores de gasolina (BTEX) por la ES que contienen sustancias genotóxicas tal como benceno Huisingh (1980), como de los productos de emisión de motores de los vehículos que contienen miles de compuestos diferentes que contienen citotóxica y propiedades genotóxicas, como lo demostrado por Hadnagy(1988), que producen cambios estructurales de todos los componentes celulares en la médula ósea; además de tener una capacidad anaplásica y leucemiogénica, aunque se considera que el tolueno y el xileno no parecen tener efectos hematotóxicos importantes, incluso existe la posibilidad de ampliar los efectos dañinos a la salud cuando coexiste el benceno dentro de la mezcla.

Las aberraciones cromosómicas se pueden estudiaren células epiteliales exfoliadas que pueden revelar diversas alteraciones celulares como MN, BN, NL, CR, CC, PN y CL. Hay varios factores responsables de daño cromosómico de mutaciones genéticas, como los hábitos de tabaco, drogas y sustancias cancerígenas, contaminantes, etc. (Ogden, 1997; Palve, 2008). Una prueba de diagnóstico precoz es altamente beneficiosa para comprobar la salud bucal del individuo y el progreso de la lesión de cáncer que puede ser seguido de su tratamiento temprano. (Halder, 2004; Dindgire, 2012; Kamboj, 2007).

Este es el primer estudio con un grupo de niños usando el ensayo de MN, en este trabajo el efecto genotóxico es causada por la exposición a vapores de gasolina (BTEX). Nuestros resultados indican que la exposición al BTEX por la venta de combustibles dentro de la ES los cuales son mutágenos químicos muy potentes, tomando en cuenta la relación entre efectos genotóxicos y el incremento de riesgo para desarrollar cáncer, nuestros resultados sugieren, que los individuos expuestos a esos químicos son grupos en riesgo, la emisión de estos productos tienen propiedades genotóxicas y citotóxicas demostradas por Hadnagy (1988,1989), en células bucales. Estos resultados también son consistentes con estudios que indican las frecuencias de tales células que aumentaron como una respuesta adaptativa del epitelio a la lesión celular persistente (Tolber, 1992; Pindborg, 1980; Shklar, 1968), Tabla 2.

Tabla 2 –El efecto medio (%) de micronúcleos y otras anormalidades nucleares de las células exfoliadas del epitelio bucal.

Grupo	n	Micronucleos media $\pm$ DS		Anormalidades Nucleares				
			Binucleadas media $\pm$ DS	Nucleo Lobulado media $\pm$ DS	Cariorrexis media $\pm$ DS	Cromatina Condensada media $\pm$ DS	Picnosis media $\pm$ DS	Cariólisis media $\pm$ DS
Justo Sierra	55	0.92 $\pm$ 1.54	7.88 $\pm$ 4.95	1.77 $\pm$ 1.88	9.88 $\pm$ 10.94	49.81 $\pm$ 43.89	13.44 $\pm$ 14.85	10.42 $\pm$ 10.84
Sec No. 9	48	0.55 $\pm$ 0.74	4.89 $\pm$ 2.70	1.82 $\pm$ 1.71	3.55 $\pm$ 11.28	30.60 $\pm$ 45.62	6.47 $\pm$ 7.77	8.80 $\pm$ 12.52
Control	40	0.08 $\pm$ 0.27	1.68 $\pm$ 1.79	ND	1.33 $\pm$ 1.77	0.18 $\pm$ 0.81	1.28 $\pm$ 1.65	4.30 $\pm$ 4.01

La cromatina condensado, cariorrexia, picnóticos y cariólisis son biomarcadores considerados como indicadores de apoptosis (Thomas, 2009; Ramírez, 2002; Kehdy, 2007), Ante una situación de daño genético que no puede ser reparado, p53 induce apoptosis, ya que tiene un papel crucial en el mantenimiento de la integridad del genoma celular (Klingelutz, 1996; Veldman, 2003). De este modo a la pérdida de función del gen p53 promueve la supervivencia después del daño de las células cancerosas que deberían ser susceptibles a apoptosis, permitiendo la acumulación de cambios genéticos que pueden conducir al aumento significativo en la frecuencia de esta anomalía (White, 1994; Arends, 1995; Ramírez, 2002; Castro 2004, Cuenca y Ramírez 2004).

Nuestros resultados pueden sugerir que el daño genético causado por la exposición a BTEX podría conducir a aumentar en la inducción de la muerte celular, como mecanismos de eliminación genéticamente para las células dañadas.

Además, de acuerdo a las pruebas de Rho de Spearman, las correlaciones entre expuesto con MN y otros tipos de anomalías nucleares tienen diferencias estadísticamente significativas (Tabla 3), el factor que pudieran estar contribuyendo a la aparición de dichas anomalías son el grupo expuesto, este se correlaciona positivamente con las diferentes anomalías nucleares que reflejan efectos de citotóxico aguda y daños genéticos en las células del epitelio

Tabla 3. La correlación de pruebas de Rho de Spearman ordenado jerárquicamente son significativa al nivel $p < 0.0500$.

Variables	Edad (años)	Peso (Kg)	Estatura (cm)	Perímetro cintura (cm)	IMC	Estado (EXP=Exposición)	Micronúcleos (MN)	Binucleadas (BN)	Núcleo Lobulado (NL)	Cariorrexis (CR)	Cromatina Condensada (CC)	Picnosis (PN)	Cariólisis (CL)
Edad (años)	1.00	0.71	0.84	0.58	0.41	0.21	-0.10	-0.06	0.05	-0.29	-0.27	0.13	0.00
Peso (Kg)	0.71	1.00	0.82	0.88	0.87	0.14	-0.05	0.02	0.06	-0.19	-0.09	0.05	-0.05
Estatura (cm)	0.84	0.82	1.00	0.66	0.45	0.25	-0.01	0.06	0.10	-0.26	-0.07	0.15	-0.03
Perímetro cintura (cm)	0.58	0.88	0.66	1.00	0.85	0.03	-0.07	-0.08	-0.03	-0.26	-0.29	0.02	-0.13
IMC	0.41	0.87	0.45	0.85	1.00	0.03	-0.05	-0.01	0.05	-0.08	-0.06	-0.04	-0.06
Estado (EXP=Exposición, CON=Co)	0.21	0.14	0.25	0.03	0.03	1.00	0.33	0.60	0.60	0.19	0.65	0.51	0.24
Micronúcleos (MN)	-0.10	-0.05	-0.01	-0.07	-0.05	0.33	1.00	0.20	0.32	-0.06	0.34	0.07	0.04
Binucleadas (BN)	-0.06	0.02	0.06	-0.08	-0.01	0.60	0.20	1.00	0.34	0.29	0.50	0.33	0.41
Núcleo Lobulado (NL)	0.05	0.06	0.10	-0.03	0.05	0.60	0.32	0.34	1.00	0.04	0.41	0.24	0.12
Cariorrexis (CR)	-0.29	-0.19	-0.26	-0.26	-0.08	0.19	-0.06	0.29	0.04	1.00	0.42	0.16	0.41
Cromatina Condensada (CC)	-0.27	-0.09	-0.07	-0.29	-0.06	0.65	0.34	0.50	0.41	0.42	1.00	0.15	0.20
Picnosis (PN)	0.13	0.05	0.15	0.02	-0.04	0.51	0.07	0.53	0.24	0.16	0.15	1.00	0.32
Cariólisis (CL)	0.00	-0.05	-0.03	-0.13	-0.06	0.24	0.04	0.41	0.12	0.41	0.20	0.32	1.00

Ho: No hay correlación
Ha: Hay correlación
p indica la probabilidad de Ho

están en riesgo de desarrollar cáncer, sino también permite identificar a los individuos que son susceptibles al desarrollo del cáncer.

bucal proporcionando información sobre los efectos adversos para la salud causados por exposición al aire contaminado. Aunque las alteraciones son a nivel individual, el daño puede ser significativo a nivel poblacional, en especial cuando la exposición es con frecuencia.

Conclusiones

El ensayo de micronúcleos en células de epitelio bucal es uno de los métodos más sensibles usado para medir las tasas de daño del ADN en las poblaciones humanas, ya que es relativamente más fácil de determinar el daño en micronúcleos en comparación con otros métodos, tales como aberraciones cromosómicas. Este ensayo se puede utilizar para identificar no sólo los grupos que

En este estudio, se evaluó la genotoxicidad y toxicidad por efectos de la exposición a BTEX células exfoliadas de epitelio bucal. Se encontró que la exposición aumento dela frecuencia de micronúcleos y las anormalidades nucleares y el daño genotóxico y sus consecuencias dentro del deterioro de la salud, ya que existe un incremento en estaciones de servicio dentro de zonas urbana.

Estos factores podrían contribuir a una exposición crónica a bajas concentraciones, representando una amenaza para la salud, productividad y eficiencia de los niños de las escuelas vecinas a las estaciones de servicio, considerando así un importante problema de salud pública y detectable con estudios de genotoxicidad.

Análisis de células exfoliadas de la mucosa oral también proporciona evidencia de otros cambios nucleares, tales como células binucleadas, cariorrexis, y cariolisis. La presencia de células binucleadas se considera como un indicadores de daño al ADN, citotoxicidad y muerte celular (Carlin, 2010), mientras que cariorrexis y cariolisis son considerados por los cambios cromosómicos con ruptura de las cadenas de ADN, causando pequeñas y grandes cambios en la estructura o eliminadas por el mecanismo de reparación de las células a través de la muerte celular programada como indicadores de apoptosis. El valor para apoptosis observado en este estudio son significativamente más frecuente en el grupo expuesto, de manera similar a los observados por Revazova (2001), todos los cambios observados citotóxicos y mutagénicos en el presente documento están relacionadas con el poder de la gasolina y su compuestos, especialmente el benceno.

Varios estudios han revelado que las mujeres presentan mayor frecuencia de micronúcleos que los varones, en este estudio, el análisis estadístico por tipo de sexo mostró diferencias significativas entre hombres y mujeres respecto a la frecuencia de micronúcleos y anormalidades nucleares siendo las mujeres con mayor presencia de daño celular, en varios artículos sugieren que esto se atribuye en las mujeres a eventos aneugénicos (un cromosoma se separa en la división celular) que involucran la inactivación del cromosoma X, este fenómeno aún no se entiende completamente(Holland N. , 2008).

Los hallazgos sugieren la necesidad de políticas ambientales para reducir la contaminación por presencia de ES esto debido a que no se toman en cuenta la vulnerabilidad de los niños, cuando establecen los límites de exposición a contaminantes dentro de las zonas urbanas, se sabe que entre las enfermedades más severas se encuentran las genéticas por efecto de genotóxicos sobre células somáticas dentro de las cuales se encuentra el cáncer, por lo que es de suma importancia dar a conocer este tipo de estudios, por lo cual es de importancia que el tomador de decisión en el momento de autorización de la instalación de estaciones de servicio este enterado sobre los posibles riesgos a la salud, y buscar soluciones que ayuden a mantener el equilibrio ambiental dentro de la mancha urbana.

Bibliografía

- ARC (International Agency for Research on Cancer). 2012. Benzene. IARC Monogr Eval Carcinog Risk Hum 100F:249–294.
- Revazova, J., Yurchenko, V., Katosova, L., Platonova, V., Sycheva, L., Khripach, L.,... & Zhurkov, V. (2001). Cytogenetic investigation of women exposed to different levels of dioxins in Chapaevsk town. *Chemosphere*, 43(4), 999-1004.
- Carlin, V., Artioli, A. J., Matsumoto, M. A., Borgo, E., Oshima, C. T. F., & Ribeiro, D. A. (2014). Biomonitoring of DNA damage and cytotoxicity in individuals exposed to cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 39: 295-299.
- Wyllie, A. H., Morris, R. G., Smith, A. L., & Dunlop, D. (1984). Chromatin cleavage in apoptosis: association with condensed chromatin morphology and dependence on macromolecular synthesis. *The Journal of pathology*, 142(1), 67-77.
- Klingelhutz AJ, Foster SA, McDougall JK.(1996). Telomerase activation by the E6 gene product of human papillomavirus type 16. *Nature*, 380: 79–82.
- Veldman T, Liu X, Yuan H, Schlegel R. (2003). Human papillomavirus E6 and Myc proteins associate in vivo and bind to and cooperatively activate the telomerase reverse transcriptase promoter. *Proc Natl Acad Sci USA*, 100(4): 8211- 8216.
- Arends M J, Buckley C H, Wells M. (1995). Aetiology, Pathogenesis, and Pathology of Cervical Neoplasia. *Clinical Pathology*, 51:96-103.
- Wyllie, A. H., Kerr, J. R., & Currie, A. R. (1980). Cell death: the significance of apoptosis. *International review of cytology*, 68, 251-306.

- White A E, Livanos E M, Tlsty T D. (1994). Differential disruption of genomic integrity and cell cycle regulation in normal human fibroblasts by the HPV oncoproteins. *Genes Dev*, 8:666-677.
- García-Zarate MA, Arellano García ME, Daessle Heuser LW, Villada Canela M, Quintero Núñez (2015). Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. *Revista de Salud Ambiental*, 15(1), 4-12.
- Hagmar, L., Brøgger, A., Hansteen, I. L., Heim, S., Høgsteds, B., Knudsen, L., ...& Reuterwall, C. (1994). Cancer risk in humans predicted by increased levels of chromosomal aberrations in lymphocytes: Nordic study group on the health risk of chromosome damage. *Cancer research*, 54(11), 2919-2922.
- Castro, R., V. Ramírez & P. Cuenca. 2004. Análisis de micronúcleos y otras anormalidades nucleares en el epitelio oral de mujeres expuestas ocupacionalmente a plaguicidas. *Rev. Biol. Trop.* 52: 207-217.
- Cuenca, P. & V. Ramírez. 2004. Aberraciones cromosómicas en trabajadoras expuestas ocupacionalmente a plaguicidas. *Rev. Biol. Trop.* 52: 219-224.
- Hadnagy, W., & Seemayer, N. H. (1988). Cytotoxic and genotoxic effects of extract of particulate emission from a gasoline-powered engine. *Environmental Mutagenesis*, 12(4), 385-396.
- Hadnagy, W., & Seemayer, N. H. (1989). Genotoxicity of particulate emissions from gasoline-powered engines evaluated by short-term bioassays. *Experimental pathology*, 37(1), 43-50.
- Huisinigh JL (1980). Short-term carcinogenesis and mutagenesis bioassays of mobile-source emission. In: *Short-term bioassays in analysis of complex environmental mixtures II* (Waters MD, Sandhu SS, Huisinigh JL and Claxton L, eds.). Plenum Publisher Corporation, New York, NY, USA, pp. 269-275.
- Lakhanisky, T., Bazzoni, D., Jadot, P., Joris, I., Laurent, C., Ottogali, M., & Vleminckx, C. (1993). Cytogenetic monitoring of a village population potentially exposed to a low level of environmental pollutants. Phase 1: SCE analysis. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 319(4), 317-323.

- Burgaz, S., İşcan, A., Büyükbingöl, Z. K., Bozkurt, A., & Karakaya, A. E. (1995). Evaluation of micronuclei in exfoliated urothelial cells and urinary thioether excretion of smokers. *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 335(2), 163-169.
- Stich, H. F., Acton, A. B., & Palcic, B. (1990). Towards an automated micronucleus assay as an internal dosimeter for carcinogen-exposed human population groups. In *Occupational Cancer Epidemiology* (pp. 94-105). Springer Berlin Heidelberg.
- Zhang, L., Eastmond, D. A., & Smith, M. T. (2002). The nature of chromosomal aberrations detected in humans exposed to benzene. *Critical reviews in toxicology*, 32(1), 1-42.
- Yager, J. W., Eastmond, D. A., Robertson, M. L., Paradisin, W. M., & Smith, M. T. (1990). Characterization of micronuclei induced in human lymphocytes by benzene metabolites. *Cancer research*, 50(2), 393-399.
- Laurent, C., Lakhanisky, T., Jadot, P., Joris, I., Ottogali, M., Planard, C., & Ros, Y. (1993). Increased sister chromatid exchange frequencies observed in a cohort of inhabitants of a village located at the boundary of an industrial dumping ground: phase I. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 2(4), 355-362.
- Tompa, A., Major, J., & Jakab, M. G. (1994). Monitoring of benzene-exposed workers for genotoxic effects of benzene: improved-working-condition-related decrease in the frequencies of chromosomal aberrations in peripheral blood lymphocytes. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 304(2), 159-165.
- Türkel, B., & Egeli, U. (1994). Analysis of chromosomal aberrations in shoe workers exposed long term to benzene. *Occupational and environmental medicine*, 51(1), 50-53.
- Pindborg, J. J., Reibel, J., Roed-Petersen, B., & Mehta, F. S. (1980). Tobacco-induced changes in oral leukoplakic epithelium. *Cancer*, 45(9), 2330-2336.
- Shklar, G. (1968). Patterns of keratinization in oral leukoplakia. *Archives of Otolaryngology*, 87(4), 400-404.
- P. Thomas, N. Holland, C. Bolognesi, M. Kirsch-Volders, S. Bonassi, E. Zeiger, S. Knasmueller, Buccal micronucleus cytome assay, *Nat. Protoc.* 4 (2009)825–837.
- Ramirez, A., & Saldanha, P. H. (2002). Micronucleus investigation of alcoholic patients with oral carcinomas. *Genet Mol Res*, 1(3), 246-260.

- Kehdy, F. S. G., Cerqueira, E. M. M., Bonjardim, M. B., Camelo, R. M., & Castro, M. C. L. (2007). Study of the cytogenetic effects of occupational exposure to pesticides on sanitation workers in Belo Horizonte, Brazil. *Genet Mol Res*, 6(3), 581-93.
- Ogden, G. R., Cowpe, J. G., & Wight, A. J. (1997). Oral exfoliative cytology: review of methods of assessment. *Journal of oral pathology & medicine*, 26(5), 201-205.
- Palve, D. H., & Tupkari, J. V. (2008). Clinico-pathological correlation of micronuclei in oral squamous cell carcinoma by exfoliative cytology. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 12(1), 2.
- Klemans, W., Vleminckx, C., Schriewer, L., Joris, I., Lijsen, N., Maes, A.,...& Ros, Y. (1995). Cytogenetic biomonitoring of a population of children allegedly exposed to environmental pollutants Phase 2: Results of a three-year longitudinal study. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 342(3), 147-156.
- Halder, A., Chakraborty, T., Mandal, K., Gure, P. K., Das, S., Raychowdhury, R.,...& De, M. (2004). Comparative study of exfoliated oral mucosal cell micronuclei frequency in normal, precancerous and malignant epithelium. *International Journal of Human Genetics*, 4(4), 257.
- Dindgire, S. L., Gosavi, S., Kumawat, R., Ganvir, S., & Hazarey, V. (2012). Comparative study of exfoliated oral mucosal cell micronucleus frequency in potentially malignant and malignant lesions. *International Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 3(2), 15-20.
- Kamboj, M., & Mahajan, S. (2007). Micronucleus—an upcoming marker of genotoxic damage. *Clinical oral investigations*, 11(2), 121-126.
- Bolognesi, C., Knasmueller, S., Nersesyan, A., Thomas, P., & Fenech, M. (2013). The HUMN xl scoring criteria for different cell types and nuclear anomalies in the buccal micronucleus cytochrome assay—An update and expanded photogallery. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 753(2), 100-113.
- Bailey, H. D., de Klerk, N. H., Fritschi, L., Attia, J., Daubenton, J. D., Armstrong, B. K., & Milne, E. (2011). Refuelling of vehicles, the use of wood burners and the risk of acute lymphoblastic leukaemia in childhood. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 25(6), 528-539.

- Garlantézec, R., Monfort, C., Rouget, F., & Cordier, S. (2009). Maternal occupational exposure to solvents and congenital malformations: a prospective study in the general population. *Occupational and environmental medicine*, 66(7), 456-463.
- Esplugues, A., Fernández-Patier, R., Aguilera, I., Iñíguez, C., García Dos Santos, S., Aguirre Alfaro, A., & Ballester, F. (2007). Exposición a contaminantes atmosféricos durante el embarazo y desarrollo prenatal y neonatal: protocolo de investigación en el proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente). *Gaceta Sanitaria*, 21(2), 162-171.
- Miligi, L., Benvenuti, A., Mattioli, S., Salvan, A., Tozzi, G. A., Ranucci, A., & SETIL Working Group. (2013). Risk of childhood leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma after parental occupational exposure to solvents and other agents: the SETIL Study. *Occupational and environmental medicine*, oemed-2012.
- Peters, S., Glass, D. C., Greenop, K. R., Armstrong, B. K., Kirby, M., Milne, E., & Fritschi, L. (2014). Childhood brain tumours: associations with parental occupational exposure to solvents. *British journal of cancer*.
- Wild, C. P., & Kleinjans, J. (2003). Children and increased susceptibility to environmental carcinogens evidence or empathy? *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 12(12), 1389-1394.
- Garry, V. F. (2004). Pesticides and children. *Toxicology and applied pharmacology*, 198(2), 152-163.
- Slate, M. E., Linabery, A. M., Spector, L. G., Johnson, K. J., Hilden, J. M., Heerema, N. A. & Ross, J. A. (2011). Maternal exposure to household chemicals and risk of infant leukemia: a report from the Children's Oncology Group. *Cancer Causes & Control*, 22(8), 1197-1204.
- Violante, E. Z., García, E. A., Ojinaga, L. C., Heusser, W. D., Von-Glascoe, C., Aguilera, J. C. L., & Ruiz, B. R. (2012). Daño genético y exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas del Valle de San Quintín, Baja California, México. *Revista de Salud Ambiental*, 12(2), 93-101.
- Feretti, D., Ceretti, E., De Donno, A., Moretti, M., Carducci, A., Bonetta, S., & MAPEC_LIFE Study Group. (2014). Monitoring air pollution effects on children for supporting public health policy: the protocol of the prospective cohort MAPEC study. *BMJ open*, 4(9), e006096.

- Martins RA, Gomes GA, Aguiar O Jr, Ribeiro DA (2009) Biomonitoring of oral epithelial cells in petrol station attendants: comparison between buccal mucosa and lateral border of the tongue. *Environ Int* 35:1062–1065
- Majer, B. J., Laky, B., Knasmüller, S., & Kassie, F. (2001). Use of the micronucleus assay with exfoliated epithelial cells as a biomarker for monitoring individuals at elevated risk of genetic damage and in chemoprevention trials. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 489(2), 147-172.
- Tolbert, P. E.; Shy, C. M. & Allen, J. W. Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: methods development. *Mutat. Res.*, 271(1):69-77, 1992.
- Heddle, J. A.; Cimino, M. C.; Hayashi, M.; Romagna, F.; Shelby, M. D.; Tucker, J. D.; Micronuclei as an index of cytogenetic damage: past, present, and future. *Environ. Mol. Mutagen.*, 18(4):277-91, 1991.
- Grover, S., Mujib, A., Jahagirdar, A., Telagi, N., & Kulkarni, P. G. (2012). A comparative study for selectivity of micronuclei in oral exfoliated epithelial cells. *Journal of Cytology*, 29(4), 230.
- Ceretti, E., Feretti, D., Viola, G. C. V., Zerbini, I., Limina, R. M., Zani, C., ... & Gelatti, U. (2014). DNA damage in buccal mucosa cells of pre-school children exposed to high levels of urban air pollutants. *PloS one*, 9(5), e96524.
- Holland, N.; Bolognesi, C.; Kirsch-Volders, M.; Bonassi, S.; Zeiger, E.; Knasmueller, S.; The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage: the HUMN project perspective on current status and knowledge gaps. *Mutat. Res.*, 659(1-2):93-108, 2008.
- Torres-Bugarín, O.; Covarrubias-Bugarín, R.; Zamora-Perez, A. L.; Torres-Mendoza, B. M.; García-Ulloa, M. & Martínez-Sandoval, F. G. Anabolic androgenic steroids induce micronuclei in buccal mucosa cells of bodybuilders. *Br. J. Sports Med.*, 41(9):592-6, 2007.
- Torres-Bugarín, O., & Ramos-Ibarra, M. L. (2013). Utilidad de la prueba de micronúcleos y anormalidades nucleares en células exfoliadas de mucosa oral en la evaluación de daño genotóxico y citotóxico. *International Journal of Morphology*, 31(2), 650-657.
- Bonassi, S, "The HUman MicroNucleus project on eXfoLiated buccal cells (HUMNXL): The role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol." *Mutation Research* 728, no. 3 (2011): 88-97.

- Tolbert, P. E. C.M. Shy & J.W. Allen. 1991. Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears a field test in snuff users. *Am. J. Epidemiol.* 134: 840-850.
- Garcia Zarate, M. A., García, M. E. A., Heuser, L. W. D., Canela, M. V., & Núñez, M. Q. (2015). Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. *Revista de Salud Ambiental*, 15(1), 4-12.
- US EPA (The United States Environmental Protection Agency), *Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Stationary Point and Area Sources*. Research Triangle Park, NC, AP-42. 1995a.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*. 5th Edition, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. 1995.
- Environmental Protection Agency, EPA United States Environmental Protection Agency. *Guide for compiling a comprehensive emission inventory*. Washington, D.C; 1973.
- Environmental Protection Agency, EPA, *Air Quality Index. A guide to Air quality and your health*. Washington: EPA, 2003. (EPA-454/k-03-002)
- Hilpert, M., Mora, B. A., Ni, J., Rule, A. M., & Nachman, K. E. (2015). Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects. *Current environmental health reports*, 2(4), 412-422.
- Demirel, G., Özden, Ö., Döğeroğlu, T., & Gaga, E. O. (2014). Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 473, 537-548.
- Tsai, W.Y., Chan, L.Y., Blake, D.R., & Chu, K.W. (2006). Vehicular fuel composition and atmospheric emissions in South China: Hong Kong, Macau, Guangzhou, and Zuhai. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 3281–3288
- Hoque, R. R., Khillare, P. S., Agarwal, T., Shridhar, V., & Balachandran, S. (2008). Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India. *Science of the Total Environment*, 392(1), 30-40.

- Lacerda, L. P., Dantas, E. B., dos Santos Cerqueira, G., Peron, A. P., & Castro, J. M. (2015). Occupational toxicology study emphasizing the cytotoxic and mutagenic activity among workers exposed to gasoline. *Biotemas*, 28(3), 135-141.
- Demircigil, G. Ç., Erdem, O., Gaga, E. O., Altuğ, H., Demirel, G., Özden, Ö.,...& Burgaz, S. (2014). Cytogenetic biomonitoring of primary school children exposed to air pollutants: micronuclei analysis of buccal epithelial cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(2), 1197-1207.
- Ireland, B., Collins, J.J., Buckley, C.F. and Riordan, S.G. (1997) Cancer mortality among workers with benzene exposure. *Epidemiology*, 8, 318±320.
- Aksoy, M. (1985) Malignancies due to occupational exposure to benzene. *Am. J. Ind. Med.*, 7, 395±402.
- Carletti, R. and Romano, D. (2002) Assessing health risk from benzene pollution in an urban area. *Environ. Monit. Assess.*, 80, 135±148.
- Recio, L., Shepard, K.G., Hernández, L.G., Kedderis, G.L., 2012. Dose–response assessment of naphthalene-induced genotoxicity and glutathione detoxication in human TK6 lymphoblasts. *Toxicol. Sci.* 126 (2), 405–412.
- McHale, C.M., Zhang, L., Smith, M.T., 2012. Current understanding of the mechanism of benzene-induced leukemia in humans: implications for risk assessment. *Carcinogenesis* 33 (2), 240–252.
- Griego, F.Y., Bogen, K.T., Price, P.S., Weed, D.L., 2008. Exposure, epidemiology and human cancer incidence of naphthalene. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 51 (Suppl. 2), S22–S26.
- Tompa, A., Jakab, M.G., Major, J., 2005. Risk management among benzene-exposed oil refinery workers. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 208, 509–516.
- HOLLAND, N.; HARMATZ, P.; GOLDEN, D.; HUBBARD, A.; WU, Y.; BAE, J.; CHEN, C.; HUEN, K. & HEYMAN, M. Cytogenetic damage in blood lymphocytes and exfoliated epithelial cells of children with inflammatory bowel disease. *Pediatric Research*. 2007, vol. 61, n° 2, p. 1-6.
- NERI, M.; BONASSI, S.; KNUDSEN, L.; SRAM, R.; UGOLINI, D. & MERLO, D. Children's exposure to environmental pollutants and biomarkers of genetic damage I. Overview and critical issues. *Mutation Research*. 2006a, vol. 612, p. 1-13.

- NERI, M.; UGOLINI, D.; BONASSI, S.; FUCIC, A.; HOLLAND, N.; KNUDSEN, L.; CEPPI, M.; BOCCHINI, V. & MERLO, D. Children's exposure to environmental pollutants and biomarkers of genetic damage II. Results of a comprehensive literature search and meta-analysis. *Mutation Research*. 2006b, vol. 612, p.14-39.
- ZALACAIN, M.; SIERRASESÚMAGA, L. & PATIÑO, A. El ensayo de micronúcleos como medida de inestabilidad genética inducida por agentes genotóxicos. *Anales Sist. Sanitaria Navarra*. 2005, vol. 28, nº 2, p. 227-232.
- FENECH, Michael. The cytokinesis-block micronucleus technique: A detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations. *Mutation Research*. 1993, vol. 255, p. 35-49.
- Fenech, M. (2007). Cytokinesis-block micronucleus cytome assay. *Nature protocols*, 2(5), 1084-1104.
- FENECH, Michael. The in vitro micronucleus technique. *Mutation Research*. 2000, vol. 455, p. 81-95.
- Michael Fenech, Nina Holland, Wushou P. Chang, Errol Zeiger, Stefano Bonassi. The Human Micronucleus Project: An international collaborative study on the use of the micronucleus technique for measuring DNA damage in humans. *Mutation Research*. 1999, vol. 428, p. 271-283.
- PATLOLLA, B.; PATLOLLA, A. & TCHOUNWOU, P. Cytogenetic effects of 1,1-Dichloroethane in mice bone marrow cells. *International Journal of Environmental*. 2005, vol. 2, nº 1, p. 101-106.
- BONASSI, S.; FENECH, M.; LANDO, C.; LIN, Y.; CEPPI, M.; CHANG, W.; HOLLAND, N.; KIRSCH-VOLDERS, M.; ZEIGER, E.; BAN, S.; BARALE, R.; BIGATTI, M.; BOLOGNESI, M.; JIA, C.; DI GIORGIO, M.; FERGUSON, F.; FUCIC, A.; GARCIA, O.; HRELIA, P.; KRISHNAJA, A.; LEE, T.; MIGLIORE, L.; MIKHALEVICH, L.; MIRKOVA, E.; MOLESSO, P.; MULLER, W.; ODAGIRI, Y.; SCARFÒ, M.; SZABOVA, M.; VOROBTSOVA, I.; VRAL, A. & ZIJNO, A. Human Micronucleus Project: International database comparison for results with the cytokinesis-block, micronucleus assay in human lymphocytes: I. Effect of laboratory protocol, scoring criteria, and host factors on the frequency of micronuclei. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2001, vol. 37, p. 31-45.

- IARC. (1989) Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 45. Occupational Exposures in Petroleum Refining: Crude Oil and Major Petroleum Fuels. IARC, Lyon, France.
- CORVI, R.; ALBERTINI, S.; HARTUNG, T.; HOFFMANN, S.; MAURICI, D.; PFUHLER, S.; BENTHEM, J. & VANPARYS, P. ECVAM Retrospective validation of in Vitro micronucleus test (MNT). *Mutagenesis*. 2008, vol. 23, n° 4, p. 271–283.
- Hallare, A. V., Gervasio, M. K. R., Gervasio, P. L. G., & Acacio-Claro, P. J. B. (2009). Monitoring genotoxicity among gasoline station attendants and traffic enforcers in the City of Manila using the micronucleus assay with exfoliated epithelial cells. *Environmental monitoring and assessment*, 156(1-4), 331-341.
- Benites, C. I., Amado, L. L., Vianna, R. A. P., & da Graça Martino-Roth, M. (2006). Micronucleus test on gas station attendants. *Genetics and Molecular Research*, 5(1), 45-54.
- Carere, A., Antoccia, A., Crebelli, R., Degraffi, F., Fiore, M., Iavarone, I., ...& Zijno, A. (1995). Genetic effects of petroleum fuels: cytogenetic monitoring of gasoline station attendants. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 332(1), 17-26.
- Çelik, A., Çavaş, T., & Ergene-Gözükara, S. (2003). Cytogenetic biomonitoring in petrol station attendants: micronucleus test in exfoliated buccal cells. *Mutagenesis*, 18(5), 417-421.
- IARC (International Agency for research on Cancer) IARC Monogr 1982;29(Suppl. 7).
- Woodruff, T.J., Axelrad, D.A., Caldwell, J., Morello-Frosch, R., Rosenbaum, A., 1998. Public health implications of 1990 air toxics concentrations across the United States. *Environ. Health Perspect.* 106 (5), 245–251
- Gordon, S.M., Callahan, P.J., Nishioka, M.G., Brinkman, M.C., O'Rourke, M.K., Lebowitz, M.D., , 1999. Residential environmental measurements in the national human exposure assessment survey (NHEXAS) pilot study in Arizona: preliminary results for pesticides and VOCs. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 9 (5), 456–470.
- Lee, S.C., Chiu, M.Y., Ho, K.F., Zou, S.C., Wang, X., 2002. Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong. *Chemosphere* 48, 375–382.

- Bono, R., Scursatone, E., Schiliro, T., Gilli, G., 2003. Ambient air levels and occupational exposure to benzene, toluene, and xylenes in northwestern Italy. *J. Toxicol. Environ. Health A* 66, 519–531.
- Nordlinder, R., Jarvholm, B., 1997. Environmental exposure to gasolina and leukemia in children and young adults – an ecology study. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 70, 57–60
- Jarvholm, B., Forsberg, B., 2000. Childhood cancer and possible exposure to benzene from traffic and petrol stations. *Occup. Environ. Med.* 57, 500–501.
- Steffen, C., Auclerc, M.F., Auvrignon, A., Baruchel, A., Kebaili, K., Lambilliotte, A., , 2004. Acute childhood leukaemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons: a case-control study. *Occup. Environ. Med.* 61, 773–778
- Ferreira, J. D., Couto, A. C., Alves, L. C., Oliveira, M. D. S. P. D., & Koifman, S. (2012). Environmental exposure and childhood leukemia in Brazil: an exploratory analysis of their association. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 29(2), 477-492.
- Duarte-Davidson R, Courage C, Rushton L, Levy L. Benzene in the environment: an assessment of the potential risks to the health of the population. *Occup Environ Med.* 2001; 58(1):2-13.
- Shu, X. O., Gao, Y. T., Tu, J. T., Zheng, W., Brinton, L. A., Linet, M. S., & Fraumeni, J. F. (1988). A population-based case-control study of childhood leukemia in shanghai. *Cancer*, 62(3), 635-644.
- D'Andrea, M. A., & Reddy, G. K. (2014). Health effects of benzene exposure among children following a flaring incident at the British Petroleum refinery in Texas City. *Pediatric hematology and oncology*, 31(1), 1-10.
- Steffen C, Auclerc MF, Auvrignon A, Acute childhood leukaemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons; a case-control study. *Occupational and Environmental Medicine*. 2004; 61(9):773-778.
- Edokpolo, B., Yu, Q. J., & Connell, D. (2015). Health risk characterization for exposure to benzene in service stations and petroleum refineries environments using human adverse response data. *Toxicology Reports*, 2, 917-927.
- Martí Mercadal JA, Desoille H. (1993). *Medicina del Trabajo*. Barcelona: Masson
- Ross D. (1996). Metabolic basis of benzene toxicity. *Eur J Haematol.* 60: 111-118

- Nogué S, Munné O, Nicolás JM, (2003). Intoxicaciones aguda. Protocolos de tratamiento. Barcelona: Morales i Torres editores
- Solans X., Hernández. R. (2000). Control biológico de la exposición a genotóxicos: Técnicas Citogenéticas. En: NTP 354 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Capítulo V

Discusión general y conclusiones

El presente estudio constituye una primera aproximación en la evaluación de la problemática que representa la comercialización y uso de la gasolina, específicamente de BTEX, en el sector de estaciones de servicio dentro del estado de Baja California. Este estudio permitió medir y analizar algunos de los efectos en salud por la exposición prolongada a solventes orgánicos en población ambientalmente expuesta a estas sustancias. Los resultados obtenidos muestran que los efectos de la exposición son más acentuados en las proximidades de las estaciones de servicio y varía en función del volumen de ventas, la densidad poblacional, la distancia a las gasolineras y la densidad de las gasolineras en la mancha urbana. Llama la atención que a partir de los últimos cinco años, cuando la normatividad vigente para la autorización de la ubicación de gasolineras en las zonas urbanas, por parte del sector gubernamental se ha hecho más laxa, se ha incrementado el número y la densidad de estos emplazamientos, lo cual genera zonas más amplias de riesgo por BTEX en las diferentes ciudades de Baja California.

Para poder evaluar el riesgo por la presencia de las gasolineras, se analizó la normatividad mexicana con relación a la ubicación de las estaciones de servicio. Se encontró que estas regulaciones no son del todo claras, ni siquiera con relación a la distancia que debiera existir entre estos comercios, con respecto a las casas-habitación, escuelas, hospitales, centros de recreación y otras instalaciones donde la población se aglomera como parques, teatros y centros comerciales por ejemplo; el único dato disponible para poder determinar el radio de las zonas de riesgo a las que este trabajo alude, fue el que se señala en las guías 128 y 130 desarrolladas en conjunto por el Departamento de Transporte de Canadá, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), como producto del tratado de libre comercio de México, Estados Unidos y Canadá (Roa, 2013; PEMEX 2008). En estas guías se puede inferir que entre una estación de servicio y

cualquier otro emplazamiento debe existir una distancia de 300 m, considerada como área de influencia (AI) y una distancia de 800 m como área de influencia indirecta (AII). Para el análisis se establecieron estas distancias considerando la Guía de Respuesta a Emergencias 2012 (GRE 2012), para gasolina (Guía 128) y benceno (Guía 130).

No obstante, las zonas de riesgo se identificaron a partir de radios de 50m, 100m, 300m, 500m, y 800m, debido a una inadecuada interacción entre el hombre y las sustancias químicas, se pueden generar accidentes indeseables (fuga, derrame, incendio, explosión o la combinación de ellos) que ponen en riesgo la salud y el ambiente con distintos grados de severidad (Kales, 1997; Horton, 2003; Beltrán, 1996; Zagal, 1996; CENAPRED, 2001; Arcos, 2007; Rivera, 2006)

Los resultados de este trabajo evidencian que en los sitios de mayor riesgo de exposición a COVs por estaciones de servicio en las zonas urbanas de Baja California, son los niños que acuden a la escuela dentro de éstas áreas identificadas como problemáticas, los tienen mayor riesgo genotóxico y citotóxico en sus células de epitelio bucal, que los niños fuera de la zona de amortiguamiento AII, lo anterior confirma que la calidad del aire juega un papel importante en la salud humana, ya que estos niños en la edad adulta son susceptibles de adquirir enfermedades crónico-degenerativas derivadas de estas exposiciones crónicas, lo cual explica en parte el aumento en la morbilidad por contaminación atmosférica, que se estima que causa alrededor de 800,000 muertes prematuras anuales en todo el mundo (Cohen, 2005; Qian Z, 2008; Caprino, 1998; Parent, 2007; Ahmed, 2001; Chen, 2006; Peckham, 2014; Moore, 2014; Awasthi, 2016; Metgud, 2015; Cezar-Vaz, 2012).

Otros efectos sobre la salud identificados son los trastornos neuroconductuales o neurocomportamentales asociados a la exposición crónica ambiental y ocupacional a solventes orgánicos, específicamente a los BTEX y/o sus mezclas en las zonas urbanas en el municipio de Ensenada. las evidencias del Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológico P.N.F mostraron que en población adulta que reside dentro de las zonas de riesgo por emanaciones de las gasolineras, reflejó una diferencia significativa ante la presencia de alteraciones neuroconductuales en los trabajadores expuestos con un 30%, lo que implica una correlación

con los hallazgos reportados por Almirall, 2002. Cabe destacar que el ítem estudiado de concentración y memoria, resulta ser el más afectado; esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva, descrita por exposición crónica a solventes orgánicos (Maizlish, 1993).

Los principales efectos encontrados en la aplicación de Test PNF están dados por alteraciones del estado de ánimo como la depresión y la ansiedad, y los trastornos de la función cognitiva como lo son la pérdida o deterioro de la memoria reciente y la dificultad en la concentración y/o atención. Los hallazgos permiten concluir que existe la necesidad urgente de definir los tiempos máximos de exposición a los niveles BTEX en el ambiente residencial, escolar y laboral por la presencia de vapores de gasolina, sobre todo donde las escuelas son de tiempo completo, y las actividades son dentro de los salones de clase, lo que aumenta el riesgo a corto y largo plazo (Patel, 2014; Fleming, 2012; Health Effects Institute, 2010).

En México y en Baja California, los BTEX no son tan bien regulados como contaminantes por alguna entidad federal o estatal, como es deseable desde el punto de vista legal, el sólo hecho de que existan parámetros máximos admisibles de emisión o de vertido, nos indican que la ley se basa únicamente en el concepto de riesgo aceptable. Se recomienda la creación de instrumentos de política ambiental más amplios, que incluyan el impacto en la salud que resulta de la exposición a estos contaminantes como lo muestran los resultados aquí expuestoya que tiene importantes implicaciones para futuras estrategias de prevención de salud a la población expuesta. Esto ha sido evidenciado por varios autores (Patel, 2014; Fleming, 2012; Health Effects Institute, 2010), quienes explican que el aumento de personas que viven en zonas urbanas con una densa red de estaciones de servicio y con altos niveles de contaminación del aire, se han asociado con el aumento constante de la incidencia de tumores del SNC infantil, en las últimas décadas lo que representa un importante problema de salud pública (Leikauf, 2002). Otro padecimiento relacionado con la exposición a BTEX en población infantil es el de leucemia linfoblástica aguda explicado como efecto de la exposición por proximidad a la fuente de emisión (Shu et al, 1999).

El consumo de combustibles como actividad humana que es y la edificación de gasolineras en las zonas urbanas, tienen sus efectos y sus impactos en el marco del desarrollo

sustentable y aunque es factible identificar la presión que genera la contaminación de sus emisiones en la salud de los ciudadanos y sobre los recursos naturales, esto no significa que se esté contra el desarrollo económico del país; lo que sucede es que no se cuentan con políticas ambientales eficaces y existe una escasa capacidad ciudadana para exigir el cumplimiento de normas. Es indispensable disponer de recursos humanos en el campo de la salud humana, para lograr hacer variantes en los estudios clínicos y epidemiológicos que permitan detectar cambios tempranos en la salud de las personas.

La actualización de las normas en ésta materia es importante dadas las cifras de morbilidad y mortandad asociadas a la mala calidad del aire. Según las estimaciones más recientes de la OMS en 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras, sobre todo por la exposición a pequeñas partículas suspendidas que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer.(Organización Mundial de la Salud, Calidad del aire (exterior) y salud [en línea], Marzo 2014 Dirección URL:<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>)

Ante todas estas evidencias del impacto en la salud, se requiere trabajar en el desarrollo de políticas públicas para el control de compuestos orgánicos volátiles. Es impostergable fortalecer las capacidades del sistema de justicia no solamente en lo que respecta al diseño de normas y reglamentos claros, que es importante; sino también en mejorar las estrategias de vigilancia y control de emisiones, así como la acción corresponsable del gobierno y la sociedad civil en la protección del ambiente, con la finalidad que se juzguen específicamente los delitos ambientales y se garantice la efectiva reparación y resarcimiento de los daños para la atención de las víctimas de la contaminación, especialmente con relación a los cuidados médicos por efectos sobre la salud en el largo plazo.

Es necesario desarrollar un sistema de vigilancia en salud pública específico en el Estado de Baja California, que combine la vigilancia del riesgo, daños ambientales y humanos. Este sistema de vigilancia deberá de estar integrado por autoridades políticas Estatales y Municipales con la participación de los principales los diferentes actores involucrados, incluyendo representantes de la ciudadanía así como los y las trabajadores de las ES.

Es impostergable el fortalecimiento de las capacidades técnicas de las instituciones relacionadas con la salud y protección del ambiente, dentro de lo cual se necesita una instancia nacional de Toxicología, con énfasis en los principales contaminantes atmosféricos, que son sustancias que se encuentran de forma natural en la atmósfera. Esto podría ser un avance fundamental y de utilidad no sólo para el Estado sino para todo el país.

El consumo de combustibles como actividad humana que es, y la edificación de gasolineras en las zonas urbanas, tienen sus efectos y sus impactos en el marco del desarrollo sustentable y aunque es factible identificar la presión que genera la contaminación de sus emisiones en la salud de los ciudadanos y sobre los recursos naturales, esto no significa que se frena el desarrollo económico del país, sino que son necesarias políticas ambientales eficaces y una ciudadanía con capacidad para exigir el cumplimiento de normas, por lo que el desarrollo de una política pública eficaz, viable e inclusiva es indispensable para responder al reto del creciente consumo de gasolinas en las zonas urbanas.

Otro ingrediente que contribuiría en la mitigación del problema es incorporar a la población a las campañas de educación ambiental, para lograr promover una mayor participación en los diferentes procesos de colaboración pública.

Por último, como se mencionó en el desarrollo de este documento, es importante resaltar que en el análisis de riesgos ambientales, no sólo es necesario obtener cifras exactas con márgenes de error mínimo, basados en técnicas cuantitativas puntuales y precisas, sino que resulta útil tener una visión general del problema y plantear escenarios aproximados, como en este caso, para tener un panorama general, y de esta forma visualizar un campo de actuación mayor, desde el punto de vista de la posible gestión urbana. El uso de este tipo de procedimientos combinados aplicados a la planificación territorial, presenta altas posibilidades, y son una línea de estudio importante en temas de modelización urbana.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta la exposición a emisiones de BTEX por las gasolineras, es difícil en las condiciones actuales de Baja California, disponer de un método ideal para medir y proponer escenarios probables de riesgo para lidiar con los efectos de éstas emisiones, mientras que su uso sigue aumentando como lo muestra el creciente número de estaciones de servicio dentro de las zonas urbanas. Para sortear el daño producido estos, un aspecto relativamente simple y de acción inmediata es considerar el empleo de recuperadores de vapores de fase II en los sistemas de llenado y descarga de carro tanques, lo cual puede representar reducciones en las pérdidas evaporativas. En el caso de emplear sistemas con recuperación de vapores en las operaciones de distribución de gasolina a las estaciones de servicio (Fase II), las reducciones serían entre 80 y 90 % dependiendo del sistema empleado.

La inversión inicial de la instalación de estos recuperadores de vapor puede ser una medida exitosa de prevención y control de emisiones de BTEX si se llevan a cabo análisis de costo-beneficio que permiten medir formalmente los costos por la reducción de la contaminación por BTEX contra los beneficios obtenidos en términos de combustible recuperado y reducción de las fugas (OMS, 2004). Se trata de reducir las emisiones contaminantes hasta que los costos y los beneficios se igualen. En este sentido, algunos costos y beneficios son fáciles de medir porque están asociados a soluciones técnicas (por ejemplo, costos asociados a la implementación de equipos para controlar las pérdidas por evaporación de combustibles y beneficios por la disminución del uso de servicios médicos y hospitalarios), mientras que otras medidas no técnicas son más difíciles de medir.

Es recomendable implantar un protocolo de evaluación a sustancias químicas con un mayor énfasis en biomarcadores de neurotoxicidad que incluya la evaluación Neuroconductual Cuantitativa, Evaluación Médica Integral, Evaluación Neurofisiológica, Estudios paraclínicos, Monitoreo Biológico de los metabolitos específicos para sustancias expuestas y en lo ambiental que se incorporen herramientas específicas como:

- Mapas de riesgos, niveles de contaminación y daños detectados en la salud humana.
- Guías para entrevistas a actores clave y para grupos focales, que permitan captar las percepciones de la población, conocimientos, actitudes y prácticas en torno a la exposición a contaminantes, efectos en la salud y posibles acciones saludables (estudio cualitativo)
- Mapeo político de actores involucrados en la protección de la salud ambiental y de la población.
- Evaluación de la exposición a determinados químicos y de los daños en la *población* de diversos sectores de la ciudad (estudio clínico, que se podría repetir periódicamente como parte del sistema de vigilancia de la salud pública).
- Evaluación de las capacidades institucionales para un sistema de vigilancia en salud pública sobre la exposición a sustancias químicas.
- Impacto de la exposición de las estaciones de servicio en la salud reproductiva, con énfasis en bajo peso al nacer, partos prematuros y abortos espontáneos, enfermedades congénitas del sistema nervioso central y en la integridad cromosómica de la Población expuesta.

El mejoramiento en las condiciones de vida de las personas y con ello de la salud debe ser la meta social del desarrollo. Niveles óptimos de salud en los grupos sociales permiten optimizar el bienestar social y de esta forma, contribuir a enfrentar enfermedades, discapacidades, muertes y problemas sociales. Por lo tanto, la salud no es un resultado exclusivo de las acciones realizadas por el sector salud, sino que surge como resultado de los compromisos asumidos por los individuos, las comunidades, programas y los gobiernos de los tres órdenes que favorecen su protección, así como el fomento de la participación social.

Bibliografía:

- Olmos, M., (2011), Sustancias Químicas Peligrosas, Manual de Seguridad en el Trabajo, Fundación MAPFRE, 2º edición, España, pp 977-1074
- Meyer, Eugene. 1999. *Chemistry of Hazardous Materials* . Prentice Hall Inc. New Jersey, USA.
- Prüss-Ustün, A., et al., Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. *Environmental Health*, 2011. 10(1): p. 12.
- O'Donoghue, J.L. 1985. *Neurotoxicity of Industrial and Commercial Chemicals* . Vol. I & II. Boca Ratón: CRC Press.
- IARC, Polynuclear aromatic compounds, Part 1: chemical, environmental and experimental data. 32, Lyon, France. 1983.
- International Agency for Research on Cancer (IARC), *Monographs on the evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*, Vol. 28, 1982
- Environmental protection Agency (EPA), Integrated risk information system (IRIS) of benzene. National Center for Environmental Assessment. Washington, DC, US: Office of Research and Development 2002
- Costa, C., De Pasquale, R., Silvani, V., Barbaro, M., & Catania, S. (2006). In vitro evaluation of oxidative damage from organic solvent vapours on human skin. *Toxicology in vitro*, 20(3), 324-331.
- Seidler, A., Möhner, M., Berger, J., Mester, B., Deeg, E., Elsner, G., ... & Becker, N. (2007). Solvent exposure and malignant lymphoma: a population-based case-control study in Germany. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2(1), 1.
- Díaz Padrón, H., Linares Fernández, M. E., Perdomo Novas, M., Rabelo Padua, G., & González Almeida, P. (1999). Evaluación de la exposición ocupacional a solventes en trabajadores de una fábrica de calzado. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 37(3), 114-121.
- Braatveit, M., Kirkeleit, J., Hollund, B. E., & Moen, B. E. (2007). Biological monitoring of benzene exposure for process operators during ordinary activity in the upstream petroleum industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(5), 487-494.

- Holz, O., Scherer, G., Brodtmeier, S., Koops, F., Warncke, K., Krause, T., ... & Adlkofer, F. (1995). Determination of low level exposure to volatile aromatic hydrocarbons and genotoxic effects in workers at a styrene plant. *Occupational and environmental medicine*, 52(6), 420-428.
- Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E.,... & Speizer, F. E. (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England journal of medicine*, 329(24), 1753-1759.
- Tsai, S. S., Yang, Y. H., Liou, S. H., Wu, T. N., & Yang, C. Y. (2012). Air pollution and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease: are their potentially sensitive groups?. *Advances in Environmental Research*, 1(1), 57-68.
- Berhane, K., Chang, C. C., McConnell, R., Gauderman, W. J., Avol, E., Rapaport, E.,... & Gilliland, F. (2016). Association of Changes in Air Quality With Bronchitic Symptoms in Children in California, 1993-2012. *JAMA*, 315(14), 1491-1501.
- Pelallo, N. A. Evaluación de riesgo en salud en población infantil expuesta a una mezcla de contaminantes en Coatzacoalcos, Veracruz. Tesis (Doctorado en Ciencias Ambientales). San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2010. 73 p.
- Tunsaringkarn, T., Soogarun, S., & Palasuwan, A. (2013). Occupational exposure to benzene and changes in hematological parameters and urinary trans, trans-muconic acid. *Int J Occup Environ Med*, 4, 45-49.
- Ruchirawat, M., Settachan, D., Navasumrit, P., Tuntawiroon, J., & Autrup, H. (2007). Assessment of potential cancer risk in children exposed to urban air pollution in Bangkok, Thailand. *Toxicology Letters*, 168, 200-209.
- WHO. (2010). Exposure to benzene: A major public health concern. World Health Organization. http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/benzene/en/
- Oller Castelló, T., (2004). Gasolineras urbanas introducirán surtidores de gasolina que recuperarán el 80 % de los vapores, *Boletín Daphnia* Numero 33, Enero
- Horowitz, R. (2001). Aromatic Hydrocarbons Chap 99 In *Clinical Toxicology*. 802-812. (Ford M; Delaney, K, Ling L; Erickson T Eds). W.B Saunders. Philadelphia.

- Sikkema J & de Bont JA (1993) Metabolism of tetralin (1, 2, 3, 4-tetrahydronaphthalene) in *Corynebacterium* sp. strain C125. *Applied and environmental microbiology* 59(2):567-572.
- Sikkema J, Poolman B, Konings WN, et al. (1992) Effects of the membrane action of tetralin on the functional and structural properties of artificial and bacterial membranes. *Journal of bacteriology* 174(9):2986-2992.
- S Seoáñez, M., Angulo, I. (1997). *El medio ambiente en la opinión pública: tendencias de opinión, demanda social, análisis y gestión de la opinión pública en materia de medio ambiente, comunicación medioambiental en la administración y en las empresas.* Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.
- Jiménez Burillo, F. y Aragonés, J. I. (1991). *Introducción a la Psicología Ambiental.* Madrid: Alianza Editorial.
- OMS 2004. “Guías para la Calidad del Aire”. Traducción del Informe de la Reunión de un Grupo de Trabajo de Expertos de la OMS desarrollada en Ginebra, Suiza en diciembre de 1997. Lima.
- Cohen AJ, Ross Alexander H, Ostro B, Pandey KD, Kryzanowski M, Kunzail N, The global burden of disease due to outdoor air pollution. *J Toxicol Environ Health A* 2005;68:1–7.
- Leikauf GD. Hazardous air pollutants and asthma. *Environ Health Perspect* 2002;110(supplement 4):505–26.
- Shu XO, Stewart P, Wen W-Q, Han D, Potter JD, Buckley JD, Heineman E, Robison LL (1999) Parental exposure to hydrocarbons and risk of acute lymphocytic leukaemia in offspring. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 8: 783–791
- Patel S, Bhatnagar A, Wear C, Osiro S, Gabriel A, Kimball D, John A, Fields PJ, Tubbs RS, Loukas M. Are pediatric brain tumors on the rise in the USA? Significant incidence and survival findings from the SEER database analysis. *Childs Nerv Syst* 2014; 30:147–154.
- Health Effects Institute. *Traffic-related air pollution: A critical review of the literature on emissions, exposure and health effects, 2010 Special Report #17.* Boston: Health Effects Institute; 2010.

- Fleming AJ, Chi SN. Brain tumors in children. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 2012; 42:80–103.
- Almirall Pedro.(2001). Neurotoxicología. Apuntes teóricos y aplicaciones prácticas. Habana-Cuba. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores.
- Maizlish N, Feo O. (1993). Alteraciones neuropsicológicas en trabajadores expuestos a neurotóxicos. *Salud de los Trabajadores*. Jul;2(1):5-34.a.
- Atkinson S, Coppock J, Fritschi L, (2001). Lympho-haematopoietic cancer and exposure to benzene in the Australian Petroleum Industry. Technical report and appendices. Monash University and Deakin University. Australia.
- Bayliss, D; Chen, C; Jarabek, A; Sonawane, B; Valcovic, L. (1997). Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. Asociación de Protección al Ambiente de Estados Unidos: Centro Nacional de la Evaluación del Ambiente.
(<http://www.epa.gov/ncea/pdfs/benzene.pdf>)
- Bellinger, D. (2012). Comparing the population neurodevelopmental burdens associated with children's exposures to environmental chemicals and other risk factors. *Neurotoxicology*, 33(4), 641-643.
- Bosque S. J., Gómez D. M., Palm F. (2006) “Un nuevo modelo para localizar instalaciones no deseables: ventajas derivadas de la integración de modelos de localización-asignación y SIG”, *Cuadernos Geográficos*, Vol. 39, pp. 53-68
- Calvo García–Tornel, F. (1997). Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, n1 10
- Calvo García –Tornel, F. (2001): Sociedades y territorios en riesgos. Barcelona, Serbal. *Cartography and Geographic Information Systems*, 186 p
- Castillejos M, Gold DR, Dockery DW, Tosteson T, Baum T, Speizer FE. (1992). Effects of ambient ozone on respiratory function and symptoms in Mexico City schoolchildren. *Am Rev Respir Dis*;145:276-282.
- Chen R, Semple S, Dick F, Nasal, eye, and skin irritation in dockyard painters. *Occup Environ Med* 2001; 58:542-3.
- Harper CC, Faroon O, and Mehlman MA. (1993). “Carcinogenic effects of benzene as a major component of gasoline and jet fuels”. In E.J. Calabrese and P.T. Kostecki, eds., *Hydrocarbon Contaminated Soils: Volume III*. Lewis Publishers. 215-241.

- Hogstedt C., Lundberg L. Epidemiology of occupat neurobehav. Liozards. (1992). Methodological experiences from organic solvent research. Rev. Epidemiol. Sante Publique 40, Sppl. 1
- Jerrett, M., Burnett, R.T., Ma, R.J., Pope, C.A., Krewski, D., Newbold, K.B., Thurston, G., Shi, Y.L., Finkelstein, N., Calle, E.E., Thun, M.J., (2005). Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. Epidemiology 16 (6), 727–736.
- Maizlish N, Feo O. (1993). Alteraciones neuropsicológicas en trabajadores expuestos a neurotóxicos. Salud de los Trabajadores..Jul;2(1):5-34.a. 25.
- Mayor J, Almirall P. EEGq. (1993). and automated expert system in assessing neurotoxic effect in workers chronically exposed to organic solvents and pesticides. Paper presented at 4th International Symposium of the International Society for Brain Electromagnetic Topography; July 20-23; Havana
- Mayor J. (1995).Efectos de los solventes orgánicos sobre el sistema nervioso. Los métodos neurológicos. Salud de los trabajadores.. Jul;3(2):107-115.
- Mergler, Donna D. (2012), Neurotoxic Exposures and Effects: Gender and Sex Matter! Hänninen Lecture 2011, Neurotoxicology, volume 33 issue 4 pages 644-651
- Morales I, Doval M., González E, Baeza E., Barberá J (2010), Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings, Journal of environmental management.
- Scheutz, C., Mosbæk, H., Kjeldsen, P. (2004). Bioremediation and biodegradation. Attenuation of methane and volatile organic compounds in landfill soil covers. Technical reports. Technical University of Denmark, Environment & Resources. Environ Qual. 33:
- Uribe Manuel, Urrea Enrique. (2000). Neurotoxicología y neurología ocupacional. Guías de neurología de la asociación Colombiana de Neurología. (CEPIS/OMS).
- Division of Air Quality.Emission Calculations and Cost/Benefit Analysis of the Regulation Revisions to Vapor Emission Control Requirements at Gas Stations in Delaware. Delaware : Estate of Delaware, 2014
- World Health Organization (WHO) (2005). Air Quality Guidelines Global Update. Disponible en:
http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2005). Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsea/fulltext/contaminacion/indice.pdf>
- Jacobson, M. Z. (2002). Atmospheric pollution: history, science, and regulation. Cambridge University Press.
- Brañez, Raúl. Manual de Derecho Ambiental Mexicano. México, Fondo de Cultura Económica, 2000, p.38.
- Brañes, Raúl. 2000b. El Acceso a la Justicia Ambiental en América latina: Derecho Ambiental y Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC).
- Miller, Tyler (1994), Ecología y medio ambiente, México, Grupo Editorial Iberoamérica.
- Nebel, Bernard y Richard Wrigth (1999), Ciencias ambientales. Ecología y Desarrollo sostenible, México, Prentice Hall/Pearson.
- Gutiérrez Nájera, Raquel. Introducción al Estudio del Derecho Ambiental, Editorial Porrúa, 6ª ed., México 2007.
- Peterson, Thomas, Roberto McKinsty Jr. y John Dernbach (2008), “Developing a comprehensive approach to climate change policy in the United States that fully integrates levels of government and economic sectors”, Virginia Environmental Law Journal, vol. 26, pp. 227-69.
- Gilbreath, Jean (2003), “Environment and Development in Mexico. Ecommendations for Reconciliation”, Significant Issues Series, núm. 25, p. 2.
- Instituto Nacional de Ecología (2000), Protegiendo al ambiente. Políticas y gestión institucional, México, INE-SEMARNAP.
- Leff, Enrique. La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable. Economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. OSAL, año VI, núm. 17, 2005, p. 263-273
- Aguilar Villanueva, Luis F., 1993, Problemas públicos y agenda de gobierno, México, Porrúa, 286pp.

- Aguilar Villanueva, Luis F., 2010, Política pública, Escuela de Administración Pública, México, DF.
- Gil Corrales, Miguel, 2007, Crónica Ambiental: Gestión pública de política ambiental en México, México, Fondo de Cultura Económica, SEMARNAT e INE, 369 pp.
- Lahera P., Eugenio, 2004, Política y políticas públicas, Santiago de Chile, CEPAL, 32p., vol 95 de Serie de Políticas sociales.
- Leff, E. 2000. La complejidad ambiental. Fundación Siglo XXI, México.
- Gligo, N. (1997). Institucionalidad pública y políticas ambientales explícitas e implícitas. Revista de la CEPAL.
- Cruz, Cesar Nicandro; Petrizzo, Mariángela; 2003. El estudio de las políticas públicas: el estado de la disciplina y la consolidación democrática en América Latina.
- URL: <http://petrizzo.googlepages.com/PoliticasPublicas.pdf>
- Dye, Thomas R.; 2008, Understanding public policy, twelfth edition, Prentice Hall, United States of America
- Landa, Rosalva; Magaña, Víctor; Neri, Carolina; 2008. Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- URL:http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx
- Ávalos Gómez, Montserrat; 2004, “Panel Intergubernamental de cambio climático IPCC” en Martínez, Julia; Fernández Bremauntz, Adrián; 2004. Cambio climático: una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México.
- URL:http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Doc/uments/enac/sintesis/061127%20Portada.pdf
- García R. 1986. Conceptos Básicos para el Estudio de Sistemas Complejos, en Leff E. (Coord.) Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo, Siglo XXI, Editores.

- Leff, E. 1993. La interdisciplinariedad de las Relaciones Población-Ambiente. Hacía un Programa de Demografía Ambiental. En: H. Izazola y S. Lerner (comp.). Población y Ambiente ¿Nuevas Interrogantes a viejos problemas?. Sociedad Mexicana de Demografía. El Colegio de México, ThePopulation Council, México.
- Tudela F. 1995. Población y Medio Ambiente: Los Desafíos de la Complejidad, Perfiles Latinoamericanos, Año 4, No. 6, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México.
- Qian, Z., He, Q., Lin, H. M., Kong, L., Bentley, C. M., Liu, W., & Zhou, D. (2008). High temperatures enhanced acute mortality effects of ambient particle pollution in the "oven" city of Wuhan, China. *Environmental health perspectives*, 116(9), 1172.
- Caprino, L., & Togna, G. I. (1998). Potential health effects of gasoline and its constituents: A review of current literature (1990-1997) on toxicological data. *Environmental Health Perspectives*, 106(3), 115.
- Parent, M. E., Rousseau, M. C., Boffetta, P., Cohen, A., & Siemiatycki, J. (2007). Exposure to diesel and gasoline engine emissions and the risk of lung cancer. *American journal of epidemiology*, 165(1), 53-62.
- Ahmed, F. E. (2001). Toxicology and human health effects following exposure to oxygenated or reformulated gasoline. *Toxicology letters*, 123(2), 89-113.
- Chen, R., & Seaton, A. (1996). A meta-analysis of mortality among workers exposed to organic solvents. *Occupational medicine*, 46(5), 337-344.
- Peckham, T., Kopstein, M., Klein, J., & Dahlgren, J. (2014). Benzene-contaminated toluene and acute myeloid leukemia: a case series and review of literature. *Toxicology and industrial health*, 30(1), 73-81.
- Moore, L. E., Stewart, P. A., & Karami, S. (2014). Kidney Cancer. In *Occupational Cancers* (pp. 439-459). Springer London.
- Awasthi, G., Joshi, D., Swarup, A., Mandal, T. K., & Awasthi, D. K. (2016). Epidemiological studies on Petroleum toxicity.
- Metgud, R., Khajuria, N., Patel, S., & Lerra, S. (2015). Nuclear anomalies in exfoliated buccal epithelial cells of petrol station attendants in Udaipur, Rajasthan. *Journal of cancer research and therapeutics*, 11(4), 868.

- Cezar-Vaz, M. R., Rocha, L. P., Bonow, C. A., da Silva, M. R. S., Vaz, J. C., & Cardoso, L. S. (2012). Risk perception and occupational accidents: a study of gas station workers in Southern Brazil. *International journal of environmental research and public health*, 9(7), 2362-2377.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres – CENAPRED (2001). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D. F., México.
- Roa Rivera, R. (2013). "Guía de Respuesta en caso de emergencia, GRE-2012". *Revista de Química*, 26(1-2), 46.
- PEMEX 2008. Hojas de datos de seguridad de sustancias (Magna, Diesel, Premium) [En línea]. Disponible en: <http://www.pemex.com/files/content> [Consultado el 25 de marzo 2011].
- Kales, S. N., Polyhronopoulos, G. N., Castro, M. J., Goldman, R. H. y Christiani, D. C. (1997). "Injuries caused by hazardous materials accidents", *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 30, No. 5, pp. 598-603.
- Horton, D. K., Berkowitz, Z., Haugh, G. S., Orr, M. F. y Kaye, W. E. (2003). "Acute public health consequences associated with hazardous substances released during transit, 1993-2000", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 98, No.1-3, pp. 161-175.
- Arcos, M., Treviño, C., Espinosa, B., Balboa, R. y Medina, E. (2007). Riesgos químicos, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D. F., México.
- Rivera, R., Arcos, M., Izcapa, C., Bravo, E., Bernabé, L., Muñoz, E., Torres, L., Zepeda, O., Andrade, E. y López, L. (2006). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Químicos, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D.F., México.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres – CENAPRED (2001). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, 1ª edición, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, D. F., México.

Anexos



¿Gasolina? ¡Preguntas y respuestas!

- De ocurrir algún derrame de combustible, debe advertir inmediatamente a los empleados de la estación de gasolina.
- No usar gasolina en fogatas, limpieza autopartes u utensilios ni en dilución de pinturas.
- Evite la inhalación de los vapores de gasolina manteniendo sus vidrios arriba.
- Almacene la gasolina únicamente en recipientes de metal o de plástico apropiados, lejos del alcance de los niños.
- Nunca ingiera gasolina, si por accidente ocurre, no induzca el vómito y consulte inmediatamente al médico.

¿Cómo pueden las familias reducir el riesgo de exposición a gasolina?

- Apague el motor del vehículo, active el freno de mano y apague cualquier fuente de ignición, tales como calefacción, luces, el aire acondicionado.
- No llene demasiado el tanque ya que puede causar un derrame de combustible.



Instituto de Investigaciones Oceanológicas,
Universidad Autónoma de Baja California,
Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja
California C.P. 22860.



¿Qué es gasolina?

La gasolina es una mezcla compleja, que no existe de forma natural en el medio ambiente, sin embargo, la mayor parte de los productos químicos que se encuentran en la gasolina están generalmente presentes en varios estados físicos (gaseoso, líquido, u otros), producidos mediante el refinamiento del petróleo.

Es el principal combustible utilizado como fuente de energía para vehículos automotores como automóviles, podadoras, botes, motocicletas, barredoras, tractores y más, por ello juega un papel muy importante en la vida cotidiana, al punto que se minimizan los riesgos en su manejo, almacén, cuidado, y exposición.

En este último punto, la gasolina es un problema de contaminación atmosférica a escala local porque los vapores pesan más que el aire por lo que se acumulan en áreas bajas.



¿Riesgo por exposición a vapores de Gasolina?

La gasolina contiene más de 250 sustancias químicas incluyendo pequeñas cantidades de benceno, tolueno, xileno (BTEX) y plomo que no existen naturalmente en el ambiente. La manera más probable, a través de la cual usted se podría exponer a la gasolina, es al respirar los vapores de gasolina mientras llena el tanque de gasolina de su automóvil en una estación de servicio. Los vapores en el medio ambiente originan desperfectos sobre los materiales, formación de oxidantes, aumento del ozono troposférico y malos olores.

En la salud, si se tiene contacto repetido o prolongado seca la piel, puede causar dolor temporal de ojos, neumonitis química y edema pulmonar, alteración del sistema nervioso central (como mareos, jaquecas, falta de apetito, somnolencia, temblores, falta de coordinación, alucinaciones visuales y auditivas, pérdida de la memoria e inconsciencia), y si bien no hay información clara de si provoca cáncer, la gasolina contiene elementos altamente cancerígenos.

¿Cómo entran y salen los vapores en el cuerpo?

La gasolina puede fácilmente entrar a su cuerpo cuando usted respira el aire o al beber agua contaminada. Algunos de estos componentes de la gasolina tales como los BTEX, al ser inhalados pueden pasar a la sangre rápidamente. Una vez en la sangre, la gasolina viajará a través de todo su cuerpo, llegando al hígado, son transformados a otras sustancias tóxicas. La mayoría de estas nuevas sustancias viajarán en la sangre hasta los riñones donde serán eliminadas en la orina, sin embargo, algunas de las sustancias formadas en el hígado no serán eliminadas de su cuerpo rápidamente.

¿Cómo puede afectar a mi salud la gasolina?

Respirar concentraciones altas de gasolina por períodos breves o ingerir grandes cantidades de gasolina también puede afectar adversamente el sistema nervioso. Los efectos leves incluyen mareos y dolor de cabeza, mientras que los efectos más serios incluyen estado de coma y la incapacidad para respirar. Se han observado efectos adversos en el sistema nervioso en personas expuestas a vapores de gasolina por períodos largos, tanto en el trabajo o al inhalar gasolina intencionalmente con el propósito de sufrir alucinaciones.

La gasolina contiene un químico tóxico llamado Benceno que puede causar cáncer de los órganos productores de sangre; esta condición se denomina leucemia, evite respirar los vapores de la gasolina o llevarse gasolina a la boca.

