

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 -©ECORFAN- 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 disminor 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.

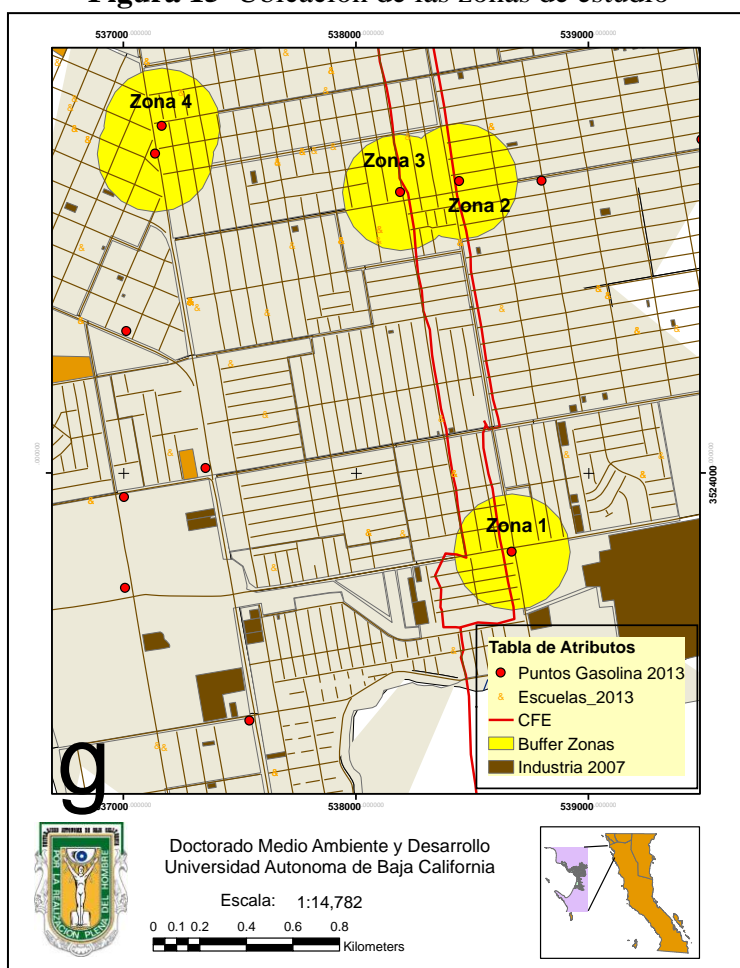
15.1 Metodología

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.

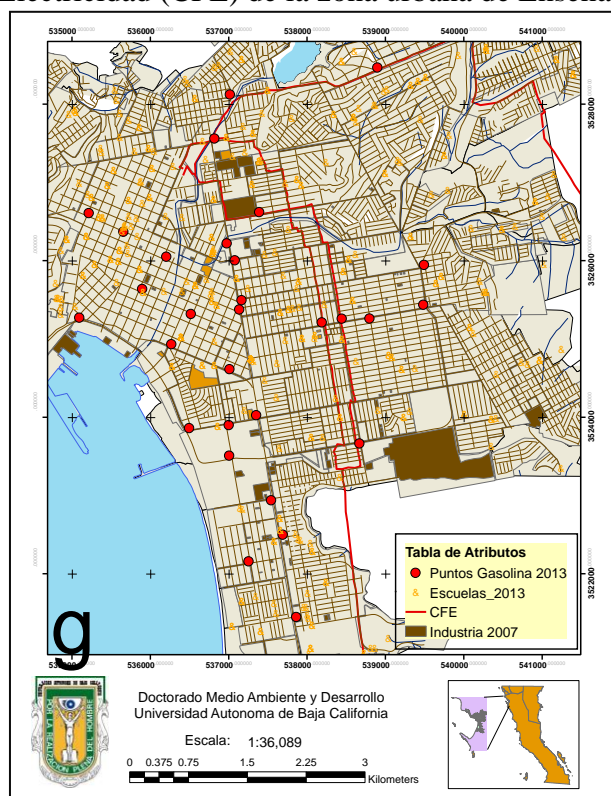
15.2 Resultados y discusión

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).

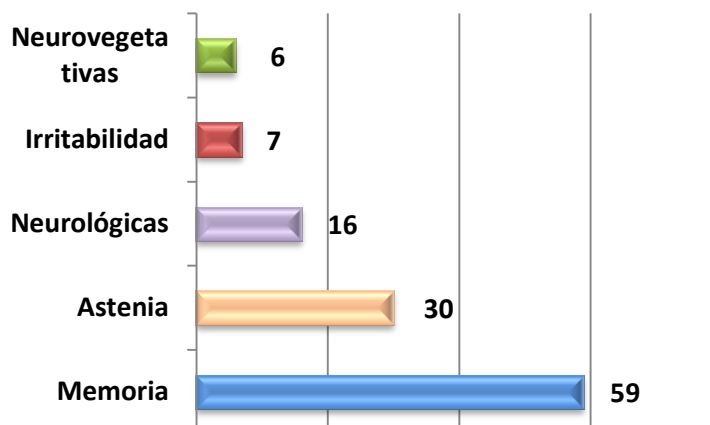
Tabla 15 Clasificación general resultados PNF
Clasificación General de los resultados de la prueba de (PNF), por exposición a COV's

	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.

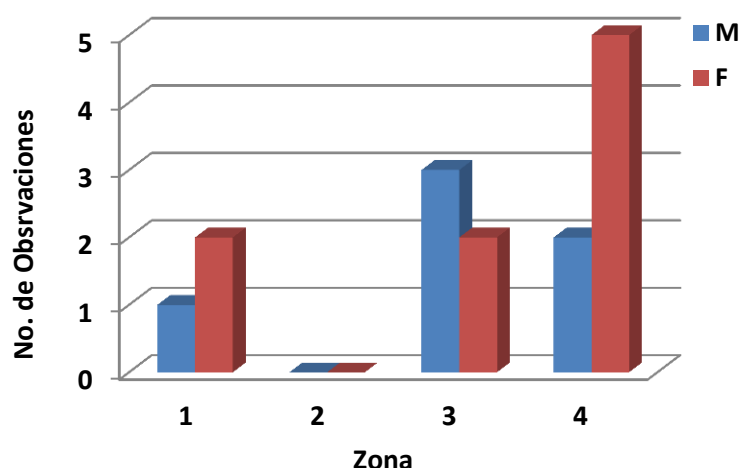
Las pruebas de concentración y atención, evalúa la capacidad para orientar y mantener la atención ya sea a estímulos visuales o auditivos. Esta capacidad es el precursor del aprendizaje y la memoria; esta prueba permite detectar los efectos debidos a la exposición a BTX en el rendimiento del comportamiento.

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.

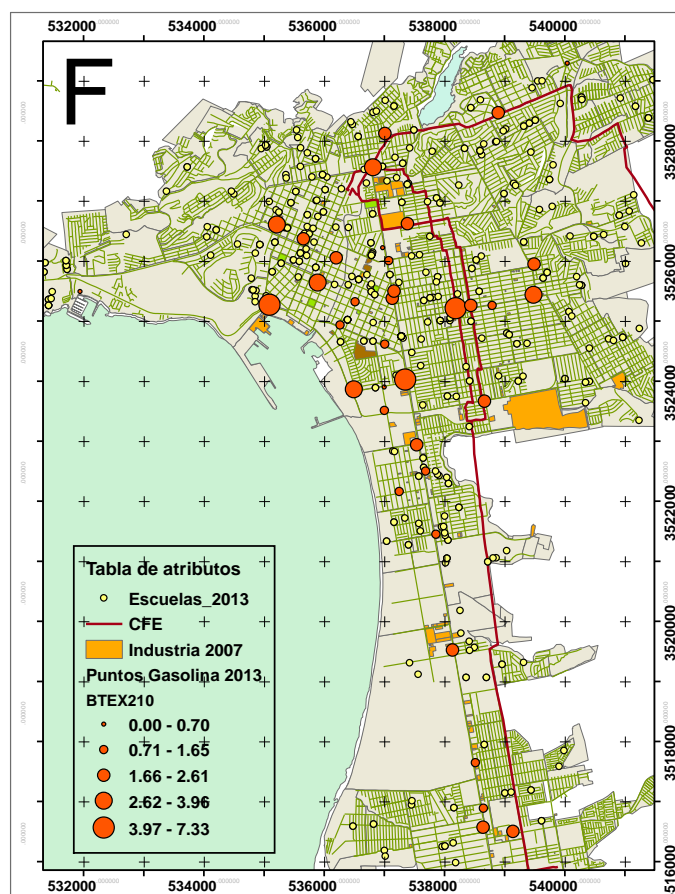
En resumen, la evidencia acumulada hasta ahora indica que los contaminantes atmosféricos son responsables de contribuir al aumento de la mortalidad general, de la mortalidad infantil, de la mortalidad de mayores de 65 años y de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas. Todos ellos 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

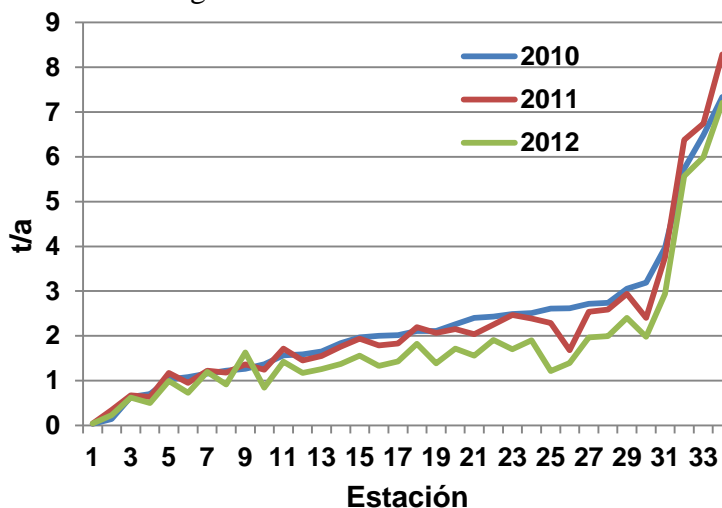


Cantidad de combustible y se atendieron más vehículos, que con las muestras 1-3, respectivamente.

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

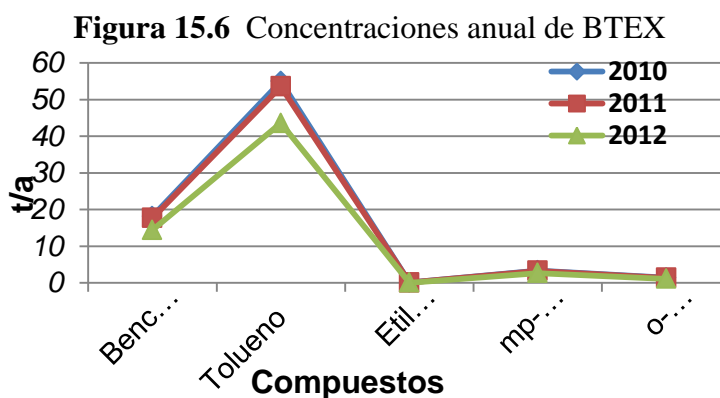


Este hecho también se ha puesto de manifiesto en trabajos realizados por diversos autores, los individuos que realizan la operación de despacho de combustible pueden estar expuestos a concentraciones muy elevadas de vapores de gasolineras.

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).

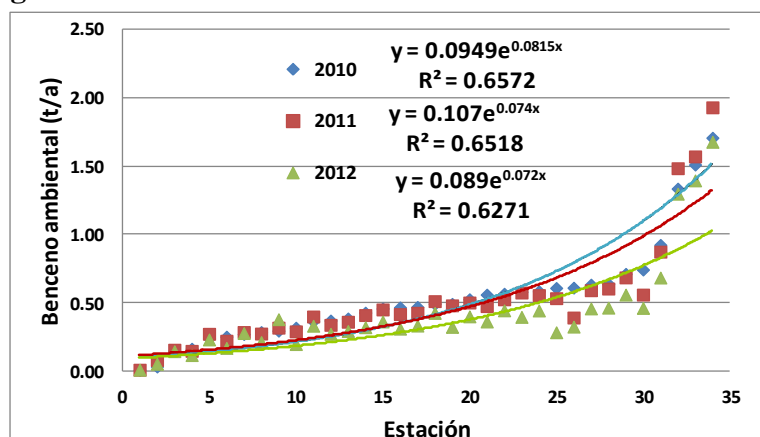
En el figura 7 se muestra la comparación entre los promedios de concentración de BTEX por los tres años de venta de gasolina.

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.



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.

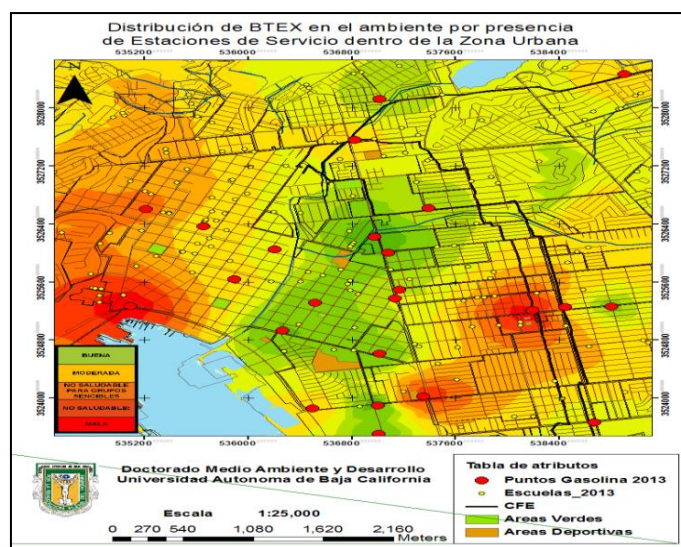
Figura 15.7 Relación entre concentración ambiental a benceno



En la Figura muestra el resultado del análisis de regresión no lineal tomando como variable dependiente los valores de emisión a la atmosfera 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 expuestos 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., Alexanderaaon. 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, Farías 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.