



Evaluación de la exposición a BTEX en la población del Campo de Gibraltar



Escuela Andaluza de Salud Pública
CONSEJERÍA DE SALUD

Área de Consultoría
Granada, junio 2008

Escuela Andaluza de Salud Pública

Marina Lacasaña Navarro

Beatriz González Alzaga

Miguel Rodríguez Barranco

Antonio Daponte Codina

Índice

Índice	3
Introducción	5
1. Características químicas, fuentes de emisión y vías de exposición del Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m/p-Xileno y o-Xileno (BTEX).....	6
2. Regulación de los niveles de BTEX en aire	9
3. Efectos sobre la salud	10
Objetivos	13
Material y métodos	14
1. Diseño	14
2. Población de estudio	16
3. Tamaño de la muestra	17
4. Variables de exposición y co-variables.....	17
4.1.- Exposición a BTEX en interiores y exteriores de las casas y las escuelas de los niños/as seleccionados:.....	17
4.2.- Cuestionarios	19
4.3.- Condiciones meteorológicas	20
5. Metodología para la colocación de captadores difusivos y determinación analítica.....	20
6. Análisis estadístico	22
Resultados	26
1. Características demográficas de la población participante y no participante	27
2. Concentraciones de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en exteriores e interiores de viviendas y colegios en las campañas de verano e invierno y media anual.....	30
Concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de las viviendas	30
Concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de los colegios.....	34
3. Análisis de las correlaciones entre las concentraciones de de BTEX en exteriores e interiores de las viviendas durante la campaña de invierno y verano.....	35
Correlaciones entre las concentraciones de BTEX tanto en interiores como exteriores en ambas campañas.	35
Correlaciones entre las concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de las viviendas durante la campaña de verano e invierno.....	36
4. Exposición personal a BTEX durante la campaña de verano e invierno y media anual	42
5. Distribución de las concentraciones de benceno en interiores, exteriores y personales por rangos.....	44
6. Razón de concentraciones ajustadas de BTEX en interiores, exteriores y personal durante las campañas de invierno y verano.....	47

7. Modelos de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE) multivariantes de razón de concentraciones a BTEX.....	55
8. Análisis geoespacial de la distribución de concentraciones de BTEX	60
9. Variables Meteorológicas.....	61
Discusión	62
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Bibliografía	76
Anexos	79

Introducción

Diferentes comunidades en el mundo comparten la preocupación sobre la calidad de su medio ambiente y el impacto que puede tener éste sobre la salud de la población. Esta preocupación es mayor en las comunidades donde hay una intensa actividad industrial o elevado tráfico vehicular. La evaluación de la exposición a contaminantes del aire en estas comunidades es una medida efectiva y eficiente para orientar los diferentes programas o actividades para proteger a la población de sus potenciales efectos en la salud (Buckley y cols., 2005).

En la provincia de Cádiz concretamente en el campo de Gibraltar existe una gran preocupación social respecto a los posibles efectos en la salud de la población derivados de la actividad industrial local, como consecuencia principalmente de la exposición a benceno, entre otros hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) procedentes de los vapores e inmisiones de la industria petroquímica. El Consejo Superior de Investigaciones Científicas desde octubre del 2005 a julio del 2006 realizó mediciones ambientales de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en diferentes puntos de esta zona, detectándose concentraciones promedio de benceno en La Línea de la Concepción y Los Barrios inferiores al nivel límite legislado por la Directiva Europea de Calidad del Aire (2000/69/CE), $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual en el aire ambiente que deberá alcanzarse el 1 de enero del 2010. Este valor límite se superó en la Barriada de CEPSA (Puente Mayorga) en situaciones de viento de poniente, detectándose valores máximos que superaron este nivel en un factor de 5 a 6 veces para una media de 8 horas. Este resultado, unido a los coeficientes de la correlación benceno/tolueno más bajos respecto a los del *m/p*-xileno/tolueno obtenidos en la zona, indica la presencia de una fuente industrial que da origen al benceno. (CSIC, 2006).

Los efectos en la salud de la exposición ocupacional a benceno han sido ampliamente evaluados, asociándose con leucemia aguda no linfocítica y una variedad de otros desórdenes

hematológicos (US-EPA, 2006), inmunológicos, neurológicos y reproductivos (ATSDR, 2007). Ante la falta de evidencia de lo contrario, se asume que para algunos carcinógenos como el benceno no hay un umbral de exposición “seguro” o de “no efecto” a partir del cual se observen efectos en salud (EPAQS 1994, *Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente*; Duarte-Davidson et al, 2001; Glass et al, 2003), por lo que la población no ocupacionalmente expuesta puede estar a riesgo debido a los potenciales efectos cancerígenos de la exposición crónica a benceno a bajas dosis (ATSDR, 2005).

Aunque el Tolueno, etilbenceno, *m/p*-xileno y *o*-xileno no son cancerígenos, se estudian habitualmente junto al benceno debido a las similitudes en las estructuras químicas y a que comparten las mismas fuentes de exposición.

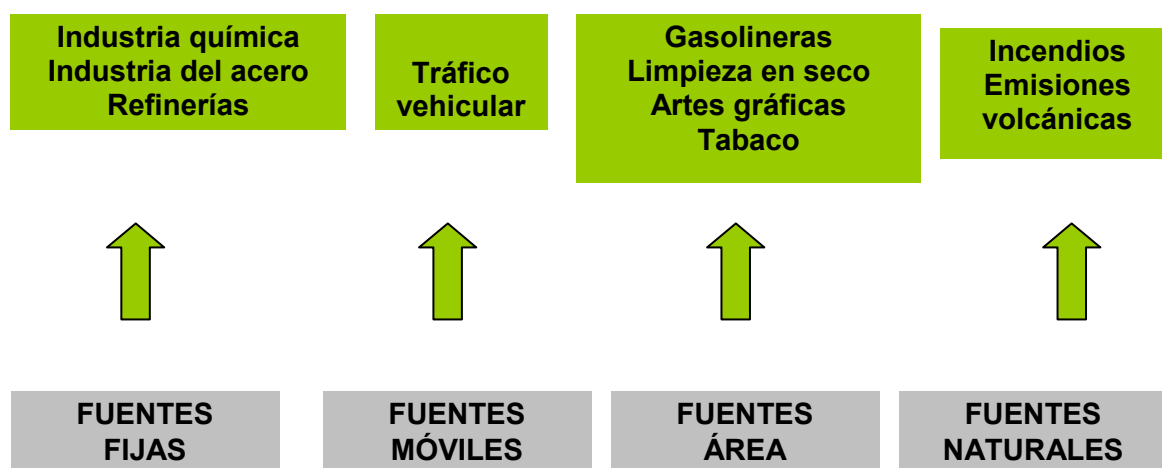
1. Características químicas, fuentes de emisión y vías de exposición del Benceno, Tolueno, Etilbenceno, *m/p*-Xileno y *o*-Xileno (BTEX)

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. Este alto poder disolvente hace que dichos compuestos, sobre todo tolueno y xileno, sean muy apreciados por la industria. (ATSDR, 2000; ATSDR, 2007).

Los BTEX pueden proceder de fuentes naturales (incendios forestales o emisiones volcánicas) o artificiales, siendo estas últimas las más importantes (figura 1). El hecho de que se encuentren de manera natural en el petróleo y en sus derivados hace que la mayoría de procesos de combustión de hidrocarburos (tanto ligados a la industria como al tráfico rodado) sean importantes fuentes de emisión de estos compuestos. A estas fuentes hay que añadir los procesos industriales que los emplean como intermediarios para la fabricación de otros productos. (EPA, 1996), así como, el humo del tabaco como otras de las principales fuentes emisoras de estos COVs. (Hinwodd y

cols., 2006). De hecho, el humo del tabaco es considerado como la principal fuente de contaminación de ambientes interiores, pudiendo incrementar considerablemente la exposición a benceno con respecto a ambientes libres de humo (Adgate y cols., 2004).

Figura 1.- Principales fuentes de BTEX

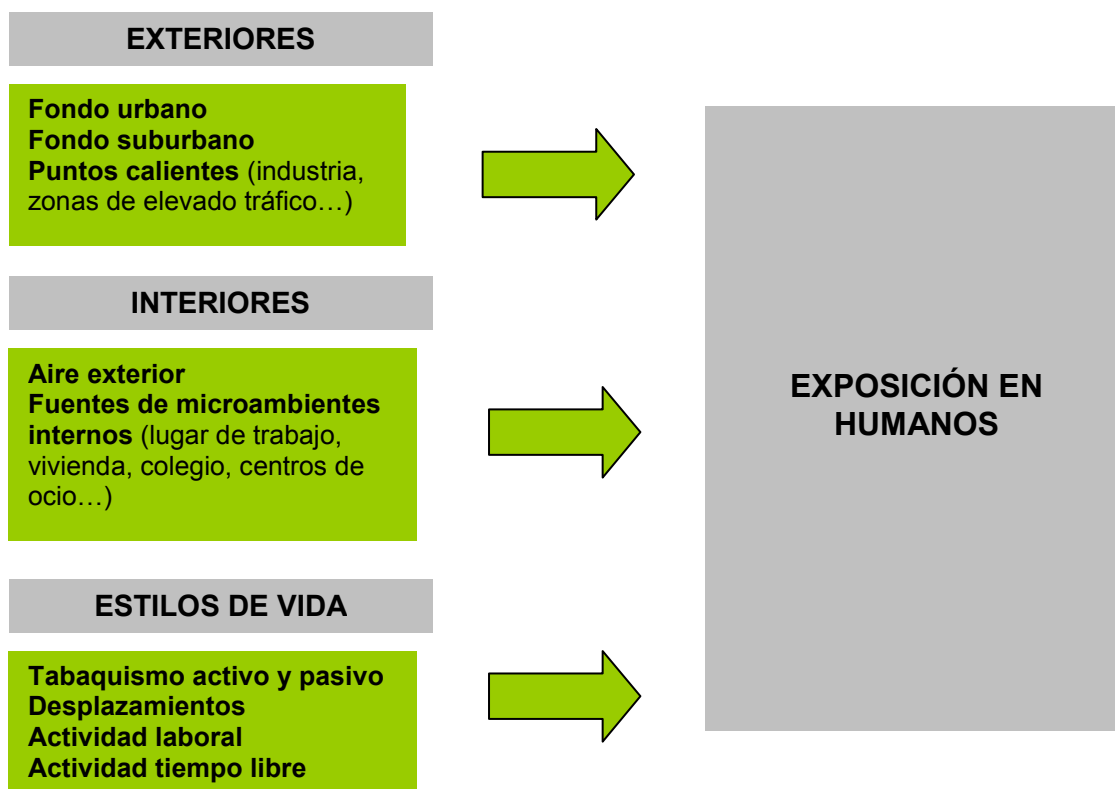


Fuente: Inventario de contaminantes tóxicos del aire en Ciudad de México. Secretaría del Medio Ambiente. 2006

La exposición a BTEX en población general se produce fundamentalmente por inhalación o por contacto, más que por otras vías como la ingestión a través de alimentos o bebidas contaminadas.

La exposición humana a estos contaminantes está determinada por las concentraciones de los mismos en la vía pública y en lugares cerrados (viviendas, oficinas, escuelas, etc), así como por las actividades personales (figura 2). Estudios empíricos han evidenciado que las personas pasan poco tiempo al aire libre, lo que refuerza la necesidad de caracterizar la exposición en recintos cerrados y durante los desplazamientos de un sitio a otro (Serrano-Trespalacios 2004). Por otro lado, varios estudios han informado niveles mayores de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en recintos cerrados que en la vía pública. Las concentraciones de COVs en recintos cerrados están influenciadas por las fuentes de emisión de la vía pública, las características de los edificios como la presencia de un garaje colindante (Batterman y cols., 2007) y fuentes del propio interior del recinto como el aire contaminado del humo del tabaco y el uso de determinados productos a nivel doméstico (pinturas, disolventes, insecticidas, ambientadores, detergentes etc.) (ATSDR, 2000).

Figura 2.- Vías de exposición a BTEX en humanos



Fuente: Modificado de People Project.Joint Research Centre, 2005.

2. Regulación de los niveles de BTEX en aire

El benceno es el primer cancerígeno regulado por las directivas europeas [Directiva Europea de Calidad del aire (2000/69/CE)], incorporado al ordenamiento jurídico nacional por el RD 1073/2002, BOE 260, de 30-10-02. La nueva directiva y el RD establecen un valor límite anual de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la concentración en el aire a alcanzarse el 01 de enero de 2010. La directiva europea establece un margen de tolerancia del 100% ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), reduciendo el 1 de enero de 2006 y posteriormente cada 12 meses $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta alcanzar 0% de tolerancia el 1 de enero de 2010.

Actualmente para el caso del tolueno, m/p-xileno, o-xileno y etilbenceno las evidencias científicas existentes no son suficientes para proponer una regulación similar a la del benceno (WHO, 2006). No obstante, para el caso del tolueno, la Organización Mundial de la Salud recomienda que las concentraciones de tolueno en aire deberían

mantenerse por debajo del umbral de detección por olor que se corresponde con un nivel de $1\text{mg}/\text{m}^3$ para un promedio de 30 minutos (WHO, 2000).

Donde sí existe regulación de la exposición a tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno es el ámbito ocupacional, donde las exposiciones a estos compuestos son mucho mayores que las de nivel ambiental (tabla 1).

Tabla 1.- Regulación de los niveles de exposición a BTEX

Compuesto	Tipo de exposición	Período promedio	Valor límite
Benceno	Ambiental	1 año civil	$0,00156\text{ppm}$ ($5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹
	Ocupacional	8 h.	1 ppm ($1620\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) ²
Tolueno	Ocupacional	8 h	100 ppm ($377\ \text{mg}/\text{m}^3$) ³
		No más de 15 min.	150 ppm ($560\ \text{mg}/\text{m}^3$) ³
Xilenos	Ambiental	30 minutos	$(1\text{mg}/\text{m}^3)$ ⁴
	Ocupacional	8 h.	100 ppm ($434\ \text{mg}/\text{m}^3$) ⁵
Etilbenceno	Ocupacional	8 h.	100 ppm ($434\ \text{mg}/\text{m}^3$) ⁶

¹ Directiva Europea de Calidad del Aire (2000/69/CE). RD 1073/2002 (España). Valor límite exigible a partir del 1 de enero de 2010.

² Niveles de Exposición Recomendados por National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards: Benzene. 2005.

³ Niveles de Exposición Recomendados por National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards: Toluene. 2005.

⁴ World Health Organisation (WHO). Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No. 23, 2nd edition, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2000

⁵ Niveles de Exposición Recomendados por National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards: Xylenes. 2005

⁶ Niveles de Exposición Recomendados por National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards: Ethylbenzene. 2005

3. Efectos sobre la salud

Los riesgos para la salud asociados a la exposición ocupacional a BTEX han sido analizados ampliamente pero existen dudas si los efectos adversos pueden ser extrapolables a los casos de exposiciones ambientales prolongadas a bajas dosis, en especial en la población infantil dada su alta vulnerabilidad a los efectos tóxicos de los contaminantes ambientales.

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 (Wallace, 1989) y se han constatado efectos graves en la salud de los trabajadores expuestos al mismo (US-EPA, 1998). Con relación a estos efectos, la exposición al benceno puede producir leucemia aguda no linfocítica y una variedad de otros desórdenes hematológicos. El nivel de riesgo establecido por la Organización Mundial de la Salud está entre 3,8 y 7,5 casos de leucemia mieloide por cada millón de personas expuestas durante toda su vida a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benceno (WHO 2000).

Además de los efectos cancerígenos del benceno también se han descrito otros daños en la salud asociados con la exposición a altas dosis de estos COVs, tales como efectos respiratorios (asma), hematológicos (anemia, trombocitopenia, leucopenia, pancitopenia, anemia aplásica), inmunológicos, neurológicos y reproductivos y de desarrollo (ATSDR, 2007).

La respuesta de la población a la exposición a COVs varía en función de sus características genéticas, estado de salud, estado nutricional y de la edad. Este es el caso de los niños, lo cuales podrían estar potencialmente a mayor riesgo que los adultos frente a la exposición a los contaminantes del aire, como los COVs. Por una parte, los niños inhalan mayores concentraciones de contaminantes debido a que tienen niveles de actividad física mayores que los adultos y una tasa de ventilación también superior. Por otra parte presentan mecanismos de detoxificación inmaduros, por lo que son más sensibles que los adultos a los efectos de estas sustancias. También hay que tener presentes otras características físicas (elevada relación superficie-volumen, etapas críticas de crecimiento y desarrollo) este hecho ha convertido a los niños en un grupo preferente de estudio en lo que a exposición a contaminantes ambientales se refiere (ATSDR 2007). Por último, no hay que olvidar la exposición *in útero* a estos compuestos., lo cuales atraviesan la placenta y pueden encontrarse en sangre de cordón umbilical a concentraciones iguales o superiores a las que estuvo expuesta la madre (Dowty et al, 1976). En un estudio realizado en humanos se observó que la principal enzima involucrada en el metabolismo del benceno (CYP2E1), no está presente en los fetos (Vieira et al 1996), lo cual sugiere

que los fetos y neonatos podrían tener un incremento del riesgo por exposición a benceno debido a su reducida capacidad metabólica.

El objetivo del presente estudio es proporcionar información sobre la exposición a benceno tolueno, etilbenceno, m, p-xileno y o-xileno en la población infantil de una comunidad preocupada por los efectos en su salud como consecuencia de la proximidad de la industria petroquímica. Para ello se medirán los niveles de estos contaminantes en exteriores e interiores de las casas y escuelas; y se evaluará la contribución de las fuentes de exposición en interiores y exteriores en la exposición personal de los niños/as de dos barrios del campo de Gibraltar expuestos a las inmisiones y vapores de la industria petroquímica, comparado con una comunidad no expuesta.

A pesar de que el objetivo principal de la presente propuesta es la evaluación de la exposición a benceno de la población de Puente Mayorga y Guadacorte-Cortijillos, consideramos pertinente la evaluación de otros COVs, en concreto tolueno, etilbenceno, m,p-xileno y o-xileno para poder caracterizar la exposición personal a ellos y poder identificar las principales fuentes de exposición.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el impacto de la industria petroquímica del Campo de Gibraltar sobre las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno) en microambientes exteriores e interiores en los que la población infantil invierte la mayor parte del tiempo, en dos zonas expuestas (Puente Mayorga y Guadacorte-Cortijillos) y en una tercera no expuesta (Tarifa).

Objetivos específicos

- 1.- Determinar los niveles de BTEX en exteriores e interiores de las viviendas y colegios de los niños/as participantes en las estaciones de verano e invierno.
- 2.- Comparar los niveles de BTEX de acuerdo a diferentes fuentes de exposición en interiores y exteriores
- 3.- Estimar la exposición personal en base al patrón tiempo/actividad y concentraciones de BTEX en los diferentes microambientes en cada una de las estaciones (verano e invierno)
- 4.- Comparar los niveles de BTEX en interiores, exteriores y personal a BTEX entre las comunidades cercanas a la zona industrial (Puente Mayorga y Guadacorte-Cortijillos) y la zona control (Tarifa), para cada campaña de muestreo (verano e invierno).
- 5.- Calcular la media anual de exposición a BTEX para las concentraciones interiores, exteriores y personales de BTEX, en base a las concentraciones de BTEX en las campañas de invierno y verano

6.- Comparar la exposición de cada zona de estudio a BTEX en interiores, exteriores y personal a través del cálculo de las razón de concentraciones ajustada por diferentes fuentes de exposición a estos compuestos tanto en interiores como en exteriores.

7.- Emplear los resultados de las mediciones en exteriores de las viviendas y de los colegios para estimar, con técnicas de geoestadística, la exposición a BTEX en cualquier punto de las áreas a estudio, y la identificación de las fuentes de exposición

Material y métodos

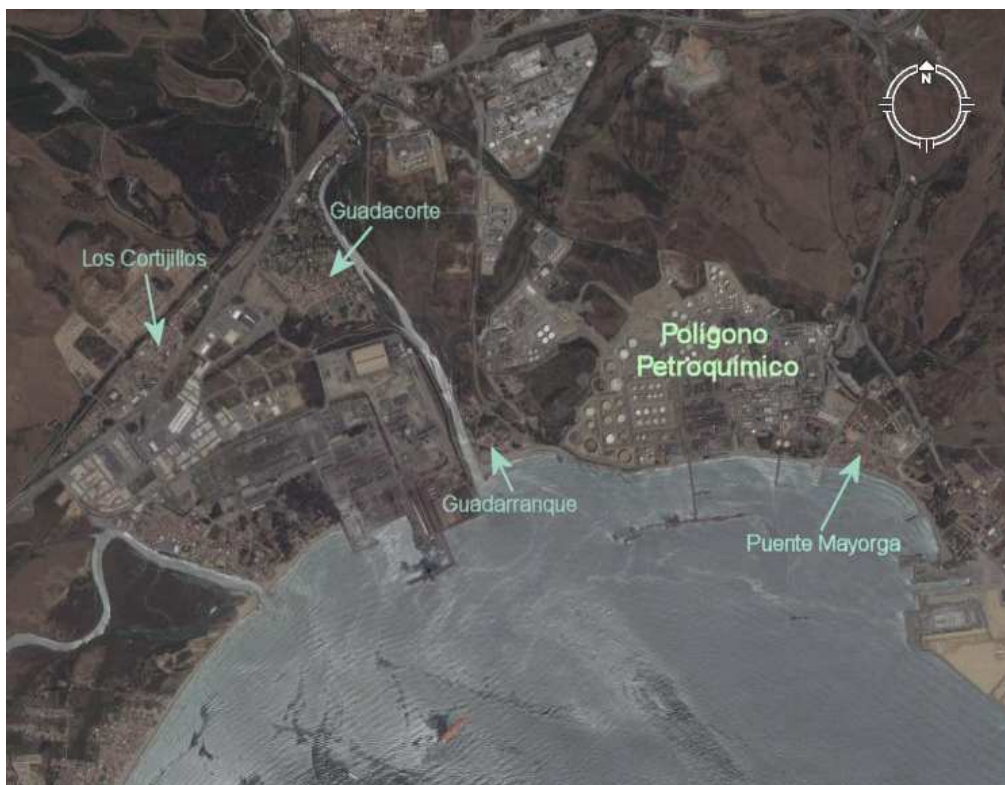
1. Diseño

Estudio longitudinal prospectivo de exposición a BTEX en niños/as de 8-12 años residentes en 2 barrios del Campo de Gibraltar (Puente Mayorga y Guadacorte-Cortijillos) expuestos a las inmisiones de la industria petroquímica y de una zona control (un barrio de Tarifa) con un tamaño de población y características sociodemográficas similares a la comunidades expuestas pero alejada de fuentes de emisión industriales (figuras 3 y 4). Se realizaron mediciones de BTEX en el interior y exterior de las casas y escuelas de los/as niños/niñas. Se midió la exposición acumulada de 15 días repitiendo las mediciones en las estaciones de verano (11 y el 26 de junio del 2007) e invierno (18 de febrero y el 4 de marzo de 2008).

Figura 3.- Ubicación geográfica de la comarca del Campo de Gibraltar



Figura 4.- Localización de los municipios de estudio con respecto a las instalaciones de la industria petroquímica.



2. Población de estudio

Se invitó a participar a todos los escolares entre 8 y 12 años matriculados durante el periodo escolar 2006-2007 en los centros educativos Sagrado Corazón de Puente Mayorga (n=86), Los Cortijos de Guadacorte- Cortijos (n=64) y Nuestra Señora de la Luz de Tarifa (n=247).

Fueron seleccionables para el estudio aquellos que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión: a) Edad comprendida entre los 8 y 12 años; b) Residir en la zona de estudio en el momento de la inclusión con intención de permanecer durante todo el año residiendo en ella; c) Conocimiento del padre, la madre o tutor del idioma español.

Criterios de exclusión: niños/as cuyos padres o tutor presenten alguna deficiencia tanto física (ej. sordos) como psíquica que limite la comprensión de las instrucciones necesarias para el perfecto desarrollo del estudio.

3. Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra necesario para evaluar si difieren las medias de la concentración de benceno en las zonas expuestas y la zona control, se consideró la media y desviación estándar de las mediciones de benceno en exteriores (medias de 8 horas) realizadas por el CSIC en Puente Mayorga desde octubre del 2005 a marzo del 2006 ($2.62 \pm 3.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y por otro lado las mediciones de benceno de fondo rural de Tarifa y sus proximidades del año 2006 realizadas por EGMASA ($0.5 \pm 0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), por lo que para una potencia del 80% y un error α del 0.05, dos mediciones durante el año, y una correlación entre las mediciones de 0.12 (calculado a partir de 4 mediciones realizadas entre octubre del 2005 a marzo del 2006 en Puente Mayorga), se requiere un tamaño muestral de 29 niños/as en cada zona de estudio. Estimaciones realizadas con el programa STATA 9.0

4. Variables de exposición y co-variables

4.1.- Exposición a BTEX en interiores y exteriores de las casas y las escuelas de los niños/as seleccionados:

- a) Niveles de BTEX en el interior y exterior de la vivienda. Se colocaron captadores difusivos en el interior y exterior de la vivienda de los participantes. En cada casa se instaló un captador en la habitación en la que el/la niño/a pasa la mayor parte del tiempo y otro en el exterior (balcón o ventana). El período de muestreo fue de 15 días (del 11 al 26 de junio de 2007 en la campaña de verano y del 18 de febrero al 4 de marzo de 2008 en la campaña de invierno) (figuras 5 y 6).

- b) Niveles de BTEX en el interior y exterior de las escuelas. Se instalaron captadores difusivos en las aulas de los/as niños/as seleccionados para el estudio (3 aulas por escuela) y en dos puntos del exterior de las mismas (áreas de recreo). El período de muestreo fue el mismo que para el caso de las viviendas (15 días, comprendidos entre el 11-26 de junio de 2007 y el 18 de febrero y el 4 de marzo).

Figura 5.- Captador difusivo Perkin-Elmer en el interior de la vivienda

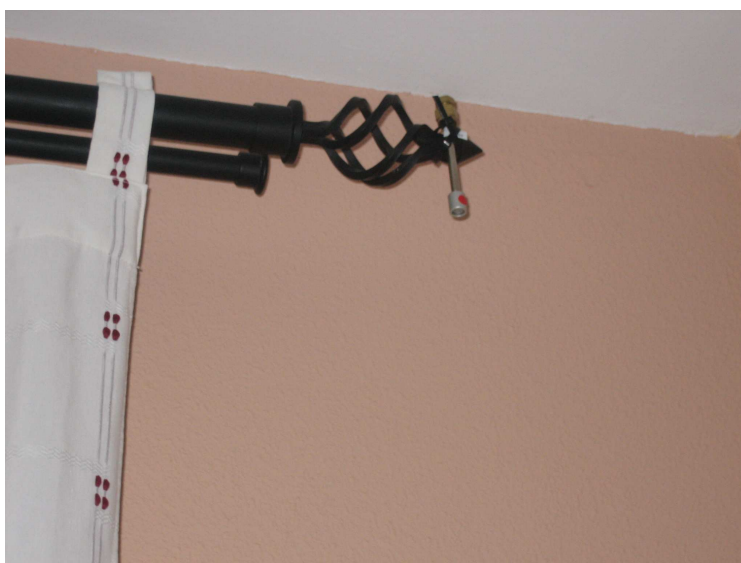


Figura 6.- Captador difusivo Perkin-Elmer en el exterior de la vivienda



4.2.- Cuestionarios

a) Cuestionario sobre características sociodemográficas y fuentes de exposición a BTEX en la casa. Se aplicó a las familias (madre/padre o tutor), tanto durante la campaña de invierno como la de verano, un cuestionario estructurado sobre características sociodemográficas y salud respiratoria infantil. Se incluyeron preguntas sobre potenciales fuentes de exposición a BTEX en interiores y exteriores, covariables y variables confusoras (anexo I):

- *Características Sociodemográficas:* edad del niño/a y de los padres, nivel de estudios de los padres, ocupación paterna y materna).
- *Localización y características generales de la vivienda:* edad, tipo de vivienda, superficie, número de habitaciones, número de personas que viven en ella, ventanas exteriores o interiores, animales domésticos, molestias por contaminación atmosférica, entre otros factores.
- *Cocina:* tipo de cocina, uso de extractor.
- *Calefacción-aire acondicionado:* tipo y uso
- *Limpieza:* frecuencia de limpieza de la casa y uso de productos químicos
- *Ventilación de la casa:* horas/día
- *Exterior de la casa:* proximidad a zonas de actividad industrial, distancia a zonas de tráfico
- *Consumo de tabaco* en el interior de la casa durante el periodo de estudio.
- *Salud infantil:* antecedentes reproductivos y salud respiratoria de los/as niños/as..

b) Diario de tiempo-actividad. Se facilitó a las familias un diario de tiempo-actividad para que recogieran el tiempo empleado por sus hijos/as en diferentes actividades, coincidiendo con los 15 días en los que estuvieron colocados los captadores en viviendas y colegios, durante las campañas de verano e invierno. Este diario fue facilitado al trabajador de campo en el momento de la retirada de los captadores y a través de él se obtuvo un patrón de tiempo-actividad del niño/a para el período de muestreo, tanto de la campaña de verano como de la de invierno (anexo II).

- c) Cuestionario de no participantes: A los padres y madres de los/as niños/as que no participaron en el estudio se les solicitó que rellenaran un cuestionario corto sobre características sociodemográficas y de percepción del estado de salud de su hijo/a, con la finalidad de comparar estas variables de interés entre los participantes y no participantes con el propósito de descartar un posible sesgo de selección debida a la no participación (Anexo III).

4.3.- Condiciones meteorológicas

Durante los dos períodos de estudio se contó con información diaria de variables meteorológicas procedentes de la Torre CEPSA de 60 metros del Centro de Calidad Ambiental de la Junta de Andalucía que abarca las zonas de Puente Mayorga y Guadacorte-Cortijos. Para la zona de Tarifa se contó con información de variables meteorológicas procedentes de la Red CLIMA y del Instituto Nacional de Meteorología. Se recogieron datos sobre velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación solar, presión, humedad y precipitación ya que podrían comportarse como variables modificadoras de los niveles de exposición a BTEX.

5. Metodología para la colocación de captadores difusivos y determinación analítica

Para la cuantificación de los niveles de BTEX se emplearon captadores difusivos Perkin-Elmer. Dicho modelo consiste en un tubo de acero inoxidable de 9 cm. de longitud, relleno con un polímero adsorbente específico encargado de retener estos contaminantes, y que se encuentra cerrado por ambos extremos con cápsulas protectoras o racores. Durante el periodo de muestreo, el tubo se encuentra cerrado por un extremo con una cápsula protectora, mientras que en el otro extremo se coloca un filtro de difusión. Este filtro de difusión posee una malla de acero inoxidable, cuyo fin es actuar como barrera protectora para reducir las turbulencias dentro del espacio de difusión del aire en el captador, así como evitar la entrada de posibles interferencias.

Los captadores difusivos ubicados en el exterior se colocaron dentro de carcasas con el fin protegerlos de la radiación solar, viento, lluvia y otros agentes que pudieran interferir en el proceso de medición.

La colocación de los captadores en interiores y exteriores de colegios y viviendas se realizó siguiendo el protocolo habitual facilitado por la Dirección de Calidad del Aire de EGMASA. (Anexo IV), En primer lugar, se codificaron para cada punto y para cada participante (interior y exterior de la vivienda e interior y exterior de los colegios). Posteriormente, los captadores se colocaron teniendo en cuenta criterios de ubicación tanto para exteriores como interiores, como fueron la altura con respecto al suelo (más de 1,5 metros), distancia a fuentes industriales, distancia a vías de tráfico, proximidad a fuentes ionizantes y chimeneas, entre otros.

Para cada captador se rellenó un protocolo en el que se recogió la fecha y hora de la colocación, así como las características de su ubicación, ya fuera en ambientes exteriores o interiores. La fecha y hora de la retirada del captador también quedó recogida en el correspondiente protocolo, con el fin de estimar la duración total del muestreo.

Para el control de calidad de las mediciones, durante las campañas de muestreo se distribuyeron un 30% de captadores duplicados y un 30% de blancos de referencia entre las ubicaciones seleccionadas. Los duplicados aportan información sobre la precisión de la medida, mientras que los blancos son tomados como valor de referencia.

Una vez retirados los captadores, se colocaron de nuevo las cápsulas protectoras y se empaquetaron para ser enviados a un laboratorio externo para su determinación analítica (Laboratorios Gradko, Londres). Todo este proceso fue gestionado por EGMASA. Una vez en el laboratorio, los captadores se desorben térmicamente y se analizan por cromatografía de gases (CG) combinada con un detector selectivo de masas (MSD).

Control de calidad:

Para el control de calidad del proceso de análisis de los captadores difusivos se siguió el siguiente procedimiento. Se desarrolló una curva de calibrado usando solventes estándares certificados. La precisión de la curva de calibrado fue regularmente controlada mientras que se desarrolló el análisis de cada uno de los tubos, para lo que se emplearon 50 ng y 100 ng de estándares de BTEX preparados a partir de solventes estándares certificados. Una vez analizadas, las muestras que se situaron por encima del intervalo de control (2-3 veces la desviación estándar) se vuelven a analizar. En caso de que se repitieran los mismos resultados iniciales se desarrolla una nueva solución de calibrado y una nueva curva de calibrado. Asimismo, el control de calidad incluye el análisis de tubos de referencia certificados una vez al mes para verificar la precisión del instrumental.

Los porcentajes de recuperación fueron los siguientes: 98,9% para el benceno, 99,2% para el tolueno, 99,2% para el etilbenceno, 99,3% para el o-xileno y 99,7% para el m/p-xileno.

El límite de detección analítica para todos los compuestos analizados es de 2,5 ng.

Los laboratorios Gradko están acreditados en la norma ISO/IEC 17025:2005 por United Kingdom Accreditation Services (anexo V).

6. Análisis estadístico

La información de los cuestionarios y las concentraciones de BTEX en cada microambiente de cada campaña de muestreo, se registraron en cuestionarios pre-codificados y se capturaron en el programa Access de manera independiente para cada una de las dos fases del estudio. Las concentraciones que estuvieron por debajo del límite de detección y que produjeron una lectura del instrumento > 0 fueron incluidas en los análisis. Las concentraciones ≤ 0 se incluyeron también en los análisis pero asignándoles un valor igual a la mitad del límite de detección (LOD=2,5 ng).

Se revisó la distribución de cada una de las variables dependientes y se realizaron las transformaciones necesarias de las variables para ser usadas posteriormente en los modelos multivariantes.

Para cada una de las fases se realizó un análisis univariante descriptivo de las variables de estudio mediante el cálculo de las medidas de tendencia central y dispersión para las concentraciones de BTEX en los diferentes microambientes, junto con un análisis bivariante de comparación de medianas de las concentraciones de BTEX en exteriores, interiores en la zona expuesta y la zona control.

En el análisis bivariante, para comparar la distribución en las tres zonas de estudio de las variables sociodemográficas y de exposición incluidas finalmente en los modelos multivariantes, se empleó la prueba de la Chi-cuadrado, o el test exacto de Fisher en caso de no cumplirse las condiciones de aplicabilidad.

Las diferencias en las concentraciones de BTEX entre el periodo de verano y el periodo de invierno se contrastaron mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para muestras apareadas, mientras que la comparación entre zonas de los niveles de BTEX en cada periodo se realizó empleando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para todos los test de hipótesis se fijó un nivel de significación del 5%.

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre los niveles de contaminación por BTEX (transformación logarítmica de las concentraciones) en exteriores e interiores de las viviendas de los niños/as en cada una de las zonas de estudio, para identificar si procedían de la misma fuente.

Con objeto de evaluar la exposición personal a BTEX se empleó un modelo de tiempo ponderado de exposición-microambiente. La información necesaria para establecer el patrón de actividad de los/as participantes se extrajo de los diarios de tiempo-actividad facilitados por las familias. Dicho diario permitió establecer diferencias entre días laborables y fines de semana en lo que a actividad de los niños/as se refiere con el fin de obtener un patrón lo más ajustado posible a los estilos de vida de los/as participantes.

Modelo ponderado exposición-microambiente:

$$Pi = \sum_j M_j \cdot C_{ij}$$

donde,

Pi = Exposición personal al compuesto i

Mj = Proporción de tiempo en el microambiente j

Cij = Nivel de exposición al compuesto i en el microambiente j

y,

$$Mj = \left(5 \cdot \frac{h_{L-V,j}}{h_{L-V,Tot}} + 2 \cdot \frac{h_{S-D,j}}{h_{S-D,Tot}} \right) / 7$$

Modelo de regresión log-lineal multivariante:

Se procedió a realizar un análisis multivariante ajustando por diferentes variables predictoras de los niveles de BTEX tanto en interiores, exteriores y personal

$$\ln(Pi) = \alpha + \sum_{k=1}^p \beta_k \cdot X_k$$

donde,

- X_k covariables:

- Zona: tomando Tarifa (zona control) como referencia.
- Sociodemográficas: sexo, edad.
- Exposición exterior: distancia a calles con tráfico, frecuencia de paso de vehículos (coches y vehículos pesados).
- Características de la vivienda: aplicación de pinturas en el último mes, aire acondicionado, ventilación.
- Exposición interior: tabaco, uso de productos de limpieza, frecuencia de limpieza.

A través de los modelos de regresión log-lineal hemos estimado mediante una transformación exponencial de los coeficientes de regresión (e^{β}) una medida relativa de las concentraciones de BTEX de cada zona de estudio frente a la zona control. Dado que los modelos están ajustados por variables confusoras y por otras co-variables indicadoras de fuentes de exposición a BTEX en interiores y exteriores, denominamos a esta medida razón de concentraciones ajustada.

A partir de los resultados de cada una de las campañas se calculó una media anual de concentraciones de BTEX en exteriores e interiores y de exposición personal. Esta media se estimó sumando las mediciones (exterior, interior y personal) de cada participante para cada una de las campañas, y nos servirá como valor de referencia para conocer cuál es la situación general a lo largo del año de la zona de estudio con respecto al comportamiento de estos contaminantes.

Además, para integrar las mediciones de los dos periodos (verano e invierno) se desarrollaron modelos para medidas repetidas mediante Ecuaciones de Estimación Generalizadas --"Generalized Estimating Equations" (GEE)--, de forma análoga a los modelos de regresión lineal, pero integrando las dos mediciones de cada individuo. Estos modelos son una extensión de los modelos lineales generalizados (GLM), que permiten incluir una estructura de correlación entre observaciones relacionadas a través de una matriz diagonal. Mediante los modelos GEE es posible controlar la correlación entre las mediciones de un mismo individuo en momentos de tiempo distintos, obteniendo así estimadores insesgados y más eficientes que los que se obtendrían mediante GLM.

Todos los análisis estadísticos se realizarán con los programas estadísticos STATA v. 8 y SPSS v. 14.0

Resultados

En la campaña de verano se obtuvieron muestras pareadas de interiores y exteriores de las viviendas de 58 niños/as cuyos padres y/o madres aceptaron participar voluntariamente en el estudio tras la firma de una carta de consentimiento informado (anexo VI). Las muestras del interior y del exterior de la casa de un niño se tuvieron que descartar por estar contaminadas. Asimismo, de otro niño no fue posible obtener la información de los cuestionarios, por lo tanto se incluyeron en el análisis la información de 56 niños/as de los cuales se dispone de información completa. En la campaña de invierno se obtuvieron muestras pareadas de interiores y exteriores de las viviendas de 53 niños/as cuyos padres y/o madres aceptaron seguir participando voluntariamente en el estudio, tras la firma de la carta de consentimiento informado correspondiente a la segunda fase del estudio. Con respecto al número de participantes en la primera fase, en la segunda se produjeron un total de 4 pérdidas, dos de ellas en Puente Mayorga por cambio de residencia de los participantes, una tercera en Guadacorte-Cortijillos por cambio en el municipio de residencia y una cuarta en Tarifa por la no conformidad materna de seguir participando en el estudio.

Del total niños/as que participaron en la campaña de verano, 15 residen en Puente Mayorga, 3 en Guadarranque, 17 en Guadacorte-Cortijillos y 25 en Tarifa, mientras que en la de invierno 13 residen en Puente Mayorga, 3 en Guadarranque, 18 en Guadacorte-Cortijillos y 22 en Tarifa.

A efectos de análisis la información correspondiente a los niños/as de Guadarranque se analizó conjuntamente con la de Guadacorte-Cortijillos debido a su localización geográfica respecto a la industria petroquímica.

1. Características demográficas de la población participante y no participante

En la tabla 2 se recoge el grado de participación de los niños/as por colegio. Hay que destacar las diferencias de participación en función de la zona, siendo Guadacorte-Cortijillos la zona con mayor porcentaje de participación, seguida de Puente Mayorga y Tarifa. De un total de 338 niños/as que no aceptaron participar en el estudio, respondieron al cuestionario de no participantes 225 (66,6%) (anexo VII).

Tabla 2.- Número de participantes de la fase I por centro educativo

Zona Geográfica (Colegio)	Alumnos/as totales (8-12 años)	Tamaño Muestral	Participantes	Participación ^a (%)	Participación ^b (%)
Puente Mayorga (Sagrado Corazón)	86	29	18	20,9	62
Guadacorte-Cortijillos (Los Cortijillos)	64	29	17	26,56	58,6
Tarifa (N ^a .Sra.de la Luz)	247	29	25	10,12	86,2

aRespecto al total de niños/as seleccionables

bRespecto al total del tamaño muestral

En la tabla 3 se muestran las características demográficas y de percepción del estado de salud de los niños/as participantes y no participantes. No se observaron diferencias en cuanto a la edad, sexo y curso académico. Respecto a la percepción del estado de salud de sus hijos/a aunque se observaron diferencias significativas entre participantes y no participantes cabe señalar que más del 93% de las madres en ambos grupos reportaron que percibían que su hijo tenía un buen estado de salud.

Tabla 3.- Características demográficas y percepción de estado de salud del niño/a de los participantes y no participantes en el estudio.

Variables		Participantes (n=59)		No participantes (n=225)		p-valor ^b
Edad [Media (DE)]		10,0	(1,5)	10,1	(1,3)	0,763
Sexo	Niño	30	(50,8%)	107	(47,6%)	0,652
	Niña	29	(49,2%)	118	(52,4%)	
Curso	3º	10	(16,9%)	66	(29,7%)	0,108
	4º	15	(25,4%)	36	(16,2%)	
	5º	18	(30,5%)	57	(25,7%)	
	6º	13	(22,0%)	63	(28,4%)	
Estado de salud	Excelente	14	(23,7%)	93	(41,5%)	0,022
	Muy buena	20	(33,9%)	68	(30,4%)	
	Buena	21	(35,6%)	59	(26,3%)	
	Regular	4	(6,8%)	4	(1,8%)	
	Mala	0	(0%)	0	(,0%)	
	NS/NC	0	(0%)	0	(,0%)	

a Incluye tres casos de Guadarranque

b El 66,6 % del total de niños que no aceptaron participar entregaron el cuestionario de no participantes

En la tabla 4 se describen las características demográficas y de fuentes de exposición en interiores y exteriores a BTEX de la población infantil que ha participado en el presente estudio, tanto en la campaña de verano como en la de invierno. No se observaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de participación en relación al sexo de los niños/as. En relación a las fuentes de exposición a BTEX en exteriores observamos que, tanto en la campaña de invierno como en la de verano, en las tres zonas de estudio no se observa diferencias en cuanto a la frecuencia de paso de coches y vehículos pesados por la calle donde está la vivienda de los niños/as. En Guadacorte-Cortijillos y Puente Mayorga más del 70% de los niños residen a una distancia ≤ 100 m de una calle en la que pasa el tráfico continuamente.

Respecto a las fuentes de exposición a BTEX en interiores el consumo de tabaco en la casa se ha reportado en un mayor porcentaje de niños de Puente Mayorga comparado con las otras dos zonas de estudio, 73,3% en la campaña de verano y 61,5% en la campaña de invierno, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas. En cuanto al uso de calefacción central en la casa se observaron diferencias significativas entre las zonas en ambas campañas, siendo la zona de Guadacorte-Cortijillos donde más se utiliza. No se observaron diferencias significativas respecto al resto de variables relacionadas con exposición a BTEX en interiores

Tabla 4.- Descripción de las características demográficas y fuentes de exposición a BTEX en interiores y exteriores de las viviendas de la población infantil participante en el estudio de acuerdo a la estación del año.

	Tarifa (n=23)		VERANO Guadacorte-Cortijillos (n=18)		Puente Mayorga (n=15)		p	Tarifa (n=22)		INVIERNO Guadacorte-cortijillos (n=18)		Puente Mayorga (n=13)		p
	n	%	n	%	n	%		n	%	n	%	n	%	
Sexo														
Niño	12	(52,2)	10	(55,6)	6	(40,0)		11	(50,0)	10	(55,6)	5	(38,5)	
Niña	11	(47,8)	8	(44,4)	9	(60,0)	0,71 ^a	11	(50,0)	8	(44,4)	8	(61,5)	0,69 ^a
Frecuencia paso de coches														
Prácticamente nunca	3	(13,0)	3	(16,7)	2	(13,3)		3	(13,6)	3	(16,7)	2	(15,4)	
Poco	6	(26,1)	4	(22,2)	2	(13,3)		6	(27,3)	4	(22,2)	2	(15,4)	
Con bastante frecuencia	7	(30,4)	7	(38,9)	6	(40,0)		6	(27,3)	6	(33,3)	4	(30,8)	
Continuamente	7	(30,4)	4	(22,2)	5	(33,3)	0,97 ^b	7	(31,8)	5	(27,8)	5	(38,5)	0,99 ^b
Frecuencia paso vehículos pesados														
Prácticamente nunca	10	(43,5)	7	(38,9)	6	(40,0)		9	(40,9)	6	(33,3)	4	(30,8)	
Poco	9	(39,1)	8	(44,4)	7	(46,7)		9	(40,9)	9	(50,0)	7	(53,8)	
Con bastante frecuencia	3	(13,0)	1	(5,6)	1	(6,7)		3	(13,6)	1	(5,6)	1	(7,7)	
Continuamente	1	(4,3)	2	(11,1)	1	(6,7)	0,97 ^b	1	(4,5)	2	(11,1)	1	(7,7)	0,94 ^b
Distancia a calle con tráfico														
≤100 metros	11	(50,0)	13	(72,2)	11	(73,3)		11	(52,4)	13	(72,2)	10	(76,9)	
>100 metros	11	(50,0)	5	(27,8)	4	(26,7)	0,24 ^a	10	(47,6)	5	(27,8)	3	(23,1)	0,32 ^a
Pintó la casa en el último mes														
No	15	(65,2)	12	(66,7)	10	(66,7)		17	(77,3)	12	(66,7)	12	(92,3)	
Si	8	(34,8)	6	(33,3)	5	(33,3)	0,99 ^a	5	(22,7)	6	(33,3)	1	(7,7)	0,24 ^b
Aire acondicionado en casa														
No	20	(87,0)	13	(72,2)	12	(80,0)		15	(68,2)	15	(83,3)	12	(92,3)	
Si	3	(13,0)	5	(27,8)	3	(20,0)	0,44 ^b	7	(31,8)	3	(16,7)	1	(7,7)	0,26 ^b
Calefacción central en casa														
No	20	(87,0)	7	(38,9)	15	(100)		17	(77,3)	7	(38,9)	11	(84,6)	
Si	3	(13,0)	11	(61,1)	0	(0)	<0,001 ^b	5	(22,7)	11	(61,1)	2	(15,4)	0,01 ^a
Ventilación de la casa														
≤2 horas/día	1	(4,3)	1	(5,6)	1	(6,7)		4	(18,2)	3	(16,7)	2	(15,4)	
>2 horas/día	22	(95,7)	17	(94,4)	14	(93,3)	0,99 ^b	18	(81,8)	15	(83,3)	11	(84,6)	0,99 ^b
Tabaco en la casa														
No	12	(52,2)	7	(41,2)	4	(26,7)		14	(63,6)	12	(66,7)	5	(38,5)	
Si	11	(47,8)	10	(58,8)	11	(73,3)	0,29 ^a	8	(36,4)	6	(33,3)	8	(61,5)	0,26 ^a
Frecuencia de limpieza														
≤1 vez/semana	9	(39,1)	4	(22,2)	2	(13,3)		10	(45,5)	8	(44,4)	2	(15,4)	
>1 vez/semana	14	(60,9)	14	(77,8)	13	(86,7)	0,22 ^b	12	(54,5)	10	(55,6)	11	(84,6)	0,19 ^b

^a Prueba de la Chi-cuadrado; ^b Test exacto de Fisher

2. Concentraciones de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en exteriores e interiores de viviendas y colegios en las campañas de verano e invierno y media anual

Concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de las viviendas

En cuanto a los niveles de BTEX en exteriores e interiores de las viviendas en la campaña de verano, se incluyeron en el análisis 112 mediciones (56 en interiores y 56 en exteriores) (Tabla 5). En Puente Mayorga se ha observado que la mediana de las concentraciones de BTEX tanto en exteriores como interiores de viviendas son significativamente superiores al resto de zonas de estudio. Aunque la mediana de las concentraciones de benceno en interiores y exteriores durante la campaña de verano no superó el límite legislado de los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es importante señalar que en un 10 % de las viviendas muestreadas de Puente Mayorga las concentraciones en interiores fueron superiores a los $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la campaña de invierno se obtuvieron un total de 106 mediciones (53 en interiores y 53 en exteriores de las viviendas). Los resultados de la tabla 6 muestran niveles más altos en exteriores de Puente Mayorga de todos los COVs estudiados excepto para el tolueno y o-xileno donde la mediana de concentración en Guadacorte-Cortijillos fue ligeramente superior a la de Puente Mayorga. En términos generales los niveles de BTEX en exteriores en la campaña de invierno mostraron diferencias mucho menos marcadas entre las zonas de estudio. Por último, al comparar las concentraciones en exteriores de ambas campañas observamos concentraciones significativamente superiores de benceno en exteriores en Tarifa y Guadacorte-Cortijillos en la campaña de invierno frente a la de verano ($p < 0,05$).

En interiores de las vivienda durante la campaña de invierno, la mediana de las concentraciones de de estos compuestos excepto el o-xileno fueron mayores en Puente Mayorga. Cabe destacar que un 10 % de las mediciones en interiores de las viviendas muestreadas de Puente Mayorga las concentraciones fueron superiores a los $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al comparar las concentraciones en interiores entre ambas campañas los niveles de benceno y Tolueno fueron significativamente mayores en la campaña de

invierno en Guadacorte-Cortijos, esa misma tendencia se observó en Puente Mayorga para el tolueno.

Los resultados de las mediciones en exteriores de las viviendas en ambas campañas no superaron en ninguna de las zonas de estudio el límite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ marcado por la Directiva Europea de Calidad del Aire previsto para 2010. No obstante, aunque no existe regulación para benceno en ambientes interiores, es importante señalar que las concentraciones en los interiores de las viviendas de las tres zonas de estudio en la campaña de invierno doblaron los valores observados en el exterior de las mismas.

La mediana de la concentración anual (media aritmética de la concentración en verano e invierno) también resultó ser significativamente mayor en el exterior de las viviendas de Puente Mayorga para la totalidad de los compuestos analizados, sin embargo en interiores estas diferencias sólo fueron significativas para el caso del benceno y Tolueno (tabla 7). Es importante señalar que en un 10 % de las mediciones en interiores de las viviendas muestreadas de Puente Mayorga las concentraciones fueron superiores a los $9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 5. Concentraciones de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el interior y exterior de las casas y razón de concentraciones interiores/exteriores en la campaña de verano

VERANO		n	Interior casa			Exterior casa			Razón Int/Ext
			Mediana	P10	P90	Mediana	P10	P90	
Benceno	Tarifa	23	1,6	0,7	3,5	0,6	0,3	1,0	2,9
	Guadacorte-Cortijos**	18	1,1	0,3	1,4	0,7	0,3	1,0	1,5
	Puente Mayorga	15	3,2	2,1	6,1	3,0*	2,1	4,2	1,1
			p<0,001			p<0,001			
Tolueno	Tarifa	23	6,3	3,2	39,2	1,5	0,5	23,9	4,1
	Guadacorte-Cortijos**	18	4,5	1,9	68,9	1,3	0,7	6,4	3,3
	Puente Mayorga	15	10,7	7,9	117,0	7,2	6,0	17,0	1,5
			p=0,018			p<0,001			
Etilbenceno	Tarifa	23	2,8	1,5	9,7	1,2*	0,5	2,8	2,4
	Guadacorte-Cortijos**	18	1,9	1,3	15,9	1,0	0,5	2,4	2,0
	Puente Mayorga	15	3,8	2,3	9,9	2,6*	2,0	5,5	1,5
			p=0,029			p<0,001			
m/p-Xileno	Tarifa	23	3,8	1,8	17,4	1,3	0,6	4,0	2,9
	Guadacorte-Cortijos**	18	2,9	1,5	50,2	1,4	0,8	4,6	2,0
	Puente Mayorga	15	10,3	5,5	32,2	8,4*	6,9	11,3	1,2
			p=0,005			p<0,001			
o-Xileno	Tarifa	23	1,8	0,7	4,9	0,5	0,3	1,5	3,6
	Guadacorte-Cortijos**	18	1,0	0,5	13,0	0,4	0,2	1,9	2,4
	Puente Mayorga	15	3,2	1,9	27,6	2,6*	1,6	3,7	1,2
			p=0,004			p<0,001			

(*) El valor es significativamente mayor ($p<0.05$) respecto al otro periodo en base al test de Wilcoxon

(**) Incluye tres casos de Guadarranque

El p-valor corresponde al test no paramétrico de Kruskal-Wallis

Tabla 6. Concentraciones de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el interior y exterior de las casas, y razón de concentraciones interiores/exteriores en la campaña de invierno

INVIERNO		n	Interior casa			Exterior casa			Razón Int/Ext
			Mediana	P10	P90	Mediana	P10	P90	
Benceno	Tarifa	22	1,8	1,2	2,9	1.0*	0,8	1,3	1,8
	Guadacorte-C**	18	2.8*	1,7	4,5	1.4*	0,9	3,1	2,0
	Puente Mayorga	13	3,8	2,3	15,7	1,8	1,4	2,5	2,1
			p<0,001			p<0,001			
Tolueno	Tarifa	22	6,1	3,2	24,5	1,3	0,6	12,8	4,7
	Guadacorte_C**	18	10.7*	3,4	44,6	2,5	1,1	4,7	4,3
	Puente Mayorga	13	21.7*	6,7	74,3	2,3	1,8	14,4	9,7
			p=0,004			p=0,063			
Etilbenceno	Tarifa	22	1,6	0,9	7,9	0,6	0,3	1,2	2,6
	Guadacorte-C**	18	2,5	1,0	15,5	0,8	0,4	1,8	3,2
	Puente Mayorga	13	3,7	1,9	20,0	1,1	0,7	2,2	3,3
			p=0,034			p=0,009			
m/p-Xileno	Tarifa	22	4,2	1,8	23,6	1,4	0,8	2,6	3,0
	Guadacorte-C**	18	7,0	2,7	17,7	2,2	1,5	4,8	3,2
	Puente Mayorga	13	8,9	3,8	23,5	2,7	1,7	4,1	3,3
			p=0,048			p<0,001			
o-Xileno	Tarifa	22	1,2	0,6	5,5	0,4	0,2	1,0	2,8
	Guadacorte-C**	18	2,5	1,3	7,7	1.1*	0,5	4,1	2,2
	Puente Mayorga	13	2,1	1,1	6,7	0,8	0,4	1,1	2,5
			p=0,020			p<0,001			

(*) El valor es significativamente mayor ($p<0.05$) respecto al otro periodo en base al test de Wilcoxon

(**) Incluye tres casos de Guadarranque

El p-valor corresponde al test no paramétrico de Kruskal-Wallis

Tabla 7. Concentración media anual* de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el interior y exterior de las casas y razón de concentraciones interiores/exteriores

		Interior casa				Exterior casa			Razón Int/Ext
		n	Mediana	P10	P90	Mediana	P10	P90	
Benceno	Tarifa	22	1,8	1,1	3,7	0,8	0,6	1,1	2,4
	Guadacorte**	17	1,9	1,1	2,4	1,0	0,8	2,0	2,0
	Puente Mayorga	13	4,1	2,3	9,4	2,3	1,8	3,0	1,8
			p<0,001			p<0,001			
Tolueno	Tarifa	22	7,0	3,6	36,3	1,6	0,8	12,2	4,4
	Guadacorte**	17	9,5	3,4	53,0	2,2	1,3	5,5	4,3
	Puente Mayorga	13	16,6	9,7	69,4	4,8	4,2	10,3	3,5
			p=0,048			p=0,004			
Etilbenceno	Tarifa	22	2,5	1,5	6,3	0,8	0,5	4,2	2,9
	Guadacorte**	17	2,7	1,1	10,0	1,0	0,6	1,8	2,6
	Puente Mayorga	13	4,8	2,5	11,9	2,0	1,5	2,7	2,5
			p=0,104			p=0,001			
m/p-Xileno	Tarifa	22	6,0	2,2	15,8	1,4	0,8	5,9	4,4
	Guadacorte**	17	5,3	2,6	31,3	2,1	1,2	4,1	2,5
	Puente Mayorga	13	10,2	5,3	20,5	5,4	4,4	7,1	1,9
			p=0,062			p<0,001			
o-Xileno	Tarifa	22	1,8	0,7	4,4	0,5	0,3	1,2	3,7
	Guadacorte**	17	2,1	0,9	10,3	0,8	0,4	2,7	2,7
	Puente Mayorga	13	2,7	1,7	15,6	1,7	1,3	2,2	1,7
			p=0,088			p<0,001			

* Media aritmética de las concentraciones en las campañas de verano e invierno.

(**) Incluye tres casos de Guadarranque

El p-valor corresponde al test no paramétrico de Kruskal-Wallis

Concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de los colegios

En la tabla 8 se presentan los resultados de las muestras tomadas en interiores y exteriores de los colegios en ambas campañas. En verano se repite el mismo patrón que para las viviendas, es decir, niveles más altos en Puente Mayorga que en las otras dos zonas de estudio, si bien las concentraciones se sitúan por debajo de los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabla 8). En invierno, los niveles más altos se observaron en Puente Mayorga, para todos los compuestos analizados, a excepción del tolueno, cuya concentración media fue superior en el exterior de los centros de Tarifa (tabla 8).

Tabla 8. Media aritmética de las concentraciones de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el interior y exterior de los colegios y razón de concentraciones interiores/exteriores de acuerdo a la estación del año.

VERANO	Tarifa			Guadacorte-Cortijillos			Puente Mayorga		
	Interior (n=3)	Exterior (n=2)	Razón I/E	Interior (n=3)	Exterior (n=2)	Razón I/E	Interior (n=3)	Exterior (n=2)	Razón I/E
Benceno	0,6	0,2	3,5	1,0	0,5	2,1	3,0	3,0	1,0
Tolueno	0,4	0,3	1,2	11,5	0,3	43,5	22,7	6,3	3,6
Etilbenceno	0,9	0,4	2,3	1,0	0,9	1,2	4,4	3,3	1,3
m/p-Xileno	1,0	0,3	3,0	2,1	0,9	2,3	13,6	10,0	1,4
o-Xileno	0,5	0,3	1,7	0,6	0,3	1,7	3,9	3,5	1,1

INVIERNO	Tarifa			Guadacorte-Cortijillos			Puente Mayorga		
	Interior (n=6)	Exterior (n=3)	Razón I/E	Interior (n=6)	Exterior (n=3)	Razón I/E	Interior (n=3)	Exterior (n=2)	Razón I/E
Benceno	1,7	1,2	1,4	1,7	0,9	1,8	2,3	2,1	1,1
Tolueno	6,3	8,8	0,7	7,4	1,2	6,1	16,4	5,3	3,1
Etilbenceno	2,3	3,2	0,7	1,0	0,5	1,9	6,4	7,6	0,8
m/p-Xileno	5,5	4,3	1,3	2,9	1,4	2,2	10,2	8,7	1,2
o-Xileno	1,1	1,2	0,9	1,0	0,5	1,8	2,6	2,1	1,2

*Media aritmética de los resultados de las mediciones en las campañas de invierno y verano

3. Análisis de las correlaciones entre las concentraciones de BTEX en exteriores e interiores de las viviendas durante la campaña de invierno y verano

Correlaciones entre las concentraciones de BTEX tanto en interiores como exteriores en ambas campañas.

En la tabla 9 se muestran los coeficientes de correlación de Pearson de los diferentes compuestos entre sí, observándose una alta correlación positiva en el período de verano entre los BTEX en exteriores de las viviendas de Tarifa, con coeficientes de correlación que oscilan entre $r=0,597$ y $r=0,979$, lo cual indica que todos ellos proceden de la misma fuente. Los coeficientes de correlación fueron ligeramente inferiores en Guadacorte-Cortijillos y en Puente Mayorga. En Puente Mayorga, las concentraciones de benceno, etilbenceno y m/p xileno en exteriores de las vivienda fueron las que presentaron coeficientes de correlación mayores, con valores que oscilaron entre $r=0,594$ y $r=0,862$

En el periodo de invierno las concentraciones de BTEX en exteriores de las viviendas de Tarifa y Guadacorte-Cortijillos presentaron coeficientes de correlación elevados, con valores entre $r=0,631$ y $r=0,976$ lo cual indica que todos ellos proceden de la misma fuente. En Puente Mayorga, las concentraciones etilbenceno, m/p xileno y o-xileno en exteriores de las vivienda son los que mostraron una mayor correlación entre ellos con valores entre $r=0,793$ y $r=0,968$ (tabla 10)

En el periodo de verano se observan altas correlaciones entre las concentraciones en interiores de los diferentes BTEX en Tarifa y Puente Mayorga, aunque es esta última zona la correlación en interiores de benceno y Tolueno es relativamente baja ($r=0,382$). En Guadacorte-Cortijillos, se observa una elevada correlación entre las concentraciones de estos compuestos excepto para el benceno (tabla 9). En el período de invierno también se detectó una importante correlación entre los niveles interiores de BTEX en Tarifa y Guadacorte-Cortijillos. Sin embargo en Puente Mayorga, el tolueno es el único compuesto que presenta los más bajos coeficientes de correlación con el resto de COVs, con coeficientes de correlación de Pearson inferiores a 0,250 (Tabla 10).

Correlaciones entre las concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de las viviendas durante la campaña de verano e invierno.

En verano destaca una alta correlación positiva entre los niveles de benceno en exterior e interior de las viviendas de Puente Mayorga, hecho que no se manifestó en Guadacorte-Cortijillos ni en Tarifa, donde incluso se dio una correlación inversa entre benceno exterior e interior (figura 6). Para el Tolueno, etilbenceno y xilenos las correlaciones entre interiores y exteriores fueron menores y en muchas ocasiones estas fueron inversas.

Por otro lado, en la campaña de invierno, y para el caso de Puente Mayorga, se obtuvieron correlaciones positivas en interiores y exteriores para todos los compuestos, con valores de r comprendidos entre 0,326 para el caso del benceno y 0,682 para el tolueno (figura 8). También se observaron correlaciones positivas entre los niveles en exteriores e interiores de BTEX en la zona de Guadacorte-Cortijillos, con valores de r que oscilaron entre 0,365 para el caso del m/p-xileno y 0,550 para el o-xileno. En Tarifa, la correlación entre las concentraciones exteriores e interiores de los compuestos analizados fue muy baja.

En la campaña de invierno hay que destacar el incremento de la correlación entre las concentraciones de exteriores e interiores de BTEX en Guadacorte-Cortijillos, con respecto a la campaña de verano, lo mismo ocurre en Puente Mayorga para todos los compuestos analizados excepto el benceno, cuyas las concentraciones en interiores y exteriores disminuyeron respecto a la campaña de verano.

Tabla 9. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el logaritmo de los niveles de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las comunidades de estudio en la campaña verano

Área		Ln[Benceno exterior casa]	Ln[Tolueno exterior casa]	Ln[Etilbenceno exterior casa]	Ln[m/p-Xileno exterior casa]	Ln[o-Xileno exterior casa]	Ln[Benceno interior casa]	Ln[Tolueno interior casa]	Ln[Etilbenceno interior casa]	Ln[m/p-Xileno interior casa]	Ln[o-Xileno interior casa]
Puente Mayorga	Ln[Benceno exterior casa]	1									
	Ln[Tolueno exterior casa]	-0,268	1								
	Ln[Etilbenceno exterior casa]	0,597	-0,061	1							
	Ln[m/p-Xileno exterior casa]	0,793	-0,250	0,862	1						
	Ln[o-Xileno exterior casa]	0,368	-0,335	0,594	0,675	1					
	Ln[Benceno interior casa]	0,518	-0,695	0,323	0,460	0,143	1				
	Ln[Tolueno interior casa]	-0,148	-0,449	-0,450	-0,412	-0,230	0,382	1			
	Ln[Etilbenceno interior casa]	0,326	-0,692	0,082	0,254	0,141	0,854	0,587	1		
	Ln[m/p-Xileno interior casa]	0,421	-0,675	0,203	0,369	0,201	0,928	0,523	0,969	1	
	Ln[o-Xileno interior casa]	0,353	-0,659	0,045	0,189	0,143	0,827	0,760	0,862	0,899	1
Guadacorte-Cortijillos	Ln[Benceno exterior casa]	1									
	Ln[Tolueno exterior casa]	0,399	1								
	Ln[Etilbenceno exterior casa]	0,436	0,728	1							
	Ln[m/p-Xileno exterior casa]	0,242	0,867	0,842	1						
	Ln[o-Xileno exterior casa]	0,152	0,794	0,512	0,752	1					
	Ln[Benceno interior casa]	-0,410	-0,399	-0,498	-0,464	-0,503	1				
	Ln[Tolueno interior casa]	-0,186	-0,121	-0,438	-0,272	-0,361	0,463	1			
	Ln[Etilbenceno interior casa]	-0,071	-0,160	-0,422	-0,280	-0,382	0,471	0,888	1		
	Ln[m/p-Xileno interior casa]	-0,129	-0,162	-0,459	-0,251	-0,294	0,421	0,846	0,949	1	
	Ln[o-Xileno interior casa]	-0,096	-0,130	-0,465	-0,236	-0,193	0,417	0,812	0,920	0,971	1
Tarifa	Ln[Benceno exterior casa]	1									
	Ln[Tolueno exterior casa]	0,658	1								
	Ln[Etilbenceno exterior casa]	0,597	0,809	1							
	Ln[m/p-Xileno exterior casa]	0,634	0,930	0,853	1						
	Ln[o-Xileno exterior casa]	0,631	0,915	0,864	0,979	1					
	Ln[Benceno interior casa]	-0,276	0,043	0,116	0,114	0,032	1				
	Ln[Tolueno interior casa]	0,104	0,372	0,169	0,314	0,222	0,533	1			
	Ln[Etilbenceno interior casa]	0,079	0,165	0,213	0,190	0,103	0,699	0,758	1		
	Ln[m/p-Xileno interior casa]	0,040	0,239	0,205	0,223	0,156	0,753	0,785	0,928	1	
	Ln[o-Xileno interior casa]	0,034	0,211	0,063	0,156	0,096	0,643	0,824	0,830	0,902	1

Tabla 10. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el logaritmo de los niveles de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las comunidades de estudio en la campaña verano

Área		Ln[Benceno exterior casa	Ln[Tolueno exterior casa	Ln[Etilbenceno exterior casa	Ln[m/p-Xileno exterior casa	Ln[o-Xileno exterior casa	Ln[Benceno interior casa	Ln[Tolueno interior casa	Ln[Etilbenceno interior casa	Ln[m/p-Xileno interior casa	Ln[o-Xileno interior casa
Puente Mayorga	Ln[Benceno exterior casa	1									
	Ln[Tolueno exterior casa	-0,202	1								
	Ln[Etilbenceno exterior casa	0,159	-0,024	1							
	Ln[m/p-Xileno exterior casa	0,393	0,056	0,893	1						
	Ln[o-Xileno exterior casa	0,477	0,144	0,793	0,968	1					
	Ln[Benceno interior casa	0,326	-0,261	0,322	0,215	0,141	1				
	Ln[Tolueno interior casa	0,004	0,682	-0,293	-0,271	-0,145	0,155	1			
	Ln[Etilbenceno interior casa	0,281	-0,078	0,659	0,550	0,489	0,818	0,138	1		
	Ln[m/p-Xileno interior casa	0,446	-0,202	0,490	0,465	0,446	0,880	0,192	0,928	1	
Ln[o-Xileno interior casa	0,456	-0,191	0,386	0,386	0,389	0,864	0,250	0,869	0,967	1	
Guadacorte-Cortijillos	Ln[Benceno exterior casa	1									
	Ln[Tolueno exterior casa	0,732	1								
	Ln[Etilbenceno exterior casa	0,737	0,832	1							
	Ln[m/p-Xileno exterior casa	0,631	0,651	0,845	1						
	Ln[o-Xileno exterior casa	0,876	0,818	0,846	0,761	1					
	Ln[Benceno interior casa	0,545	0,581	0,515	0,428	0,382	1				
	Ln[Tolueno interior casa	0,286	0,382	0,184	-0,056	0,181	0,437	1			
	Ln[Etilbenceno interior casa	0,526	0,517	0,444	0,389	0,390	0,718	0,545	1		
	Ln[m/p-Xileno interior casa	0,434	0,488	0,400	0,365	0,318	0,743	0,581	0,967	1	
Ln[o-Xileno interior casa	0,642	0,672	0,528	0,397	0,550	0,725	0,767	0,840	0,851	1	
Tarifa	Ln[Benceno exterior casa	1									
	Ln[Tolueno exterior casa	0,440	1								
	Ln[Etilbenceno exterior casa	0,825	0,705	1							
	Ln[m/p-Xileno exterior casa	0,828	0,676	0,976	1						
	Ln[o-Xileno exterior casa	0,788	0,664	0,935	0,957	1					
	Ln[Benceno interior casa	-0,062	-0,232	-0,135	-0,185	-0,091	1				
	Ln[Tolueno interior casa	0,037	-0,174	-0,042	-0,077	-0,051	0,509	1			
	Ln[Etilbenceno interior casa	-0,073	-0,168	0,015	0,005	-0,038	0,479	0,673	1		
	Ln[m/p-Xileno interior casa	-0,053	-0,154	0,017	0,022	0,000	0,519	0,680	0,975	1	
Ln[o-Xileno interior casa	-0,020	-0,165	0,050	-0,015	0,033	0,626	0,722	0,878	0,875	1	

Figura 6.- Correlaciones entre los niveles de BTEX de interiores y exteriores de viviendas por comunidades de estudio durante la campaña de verano.

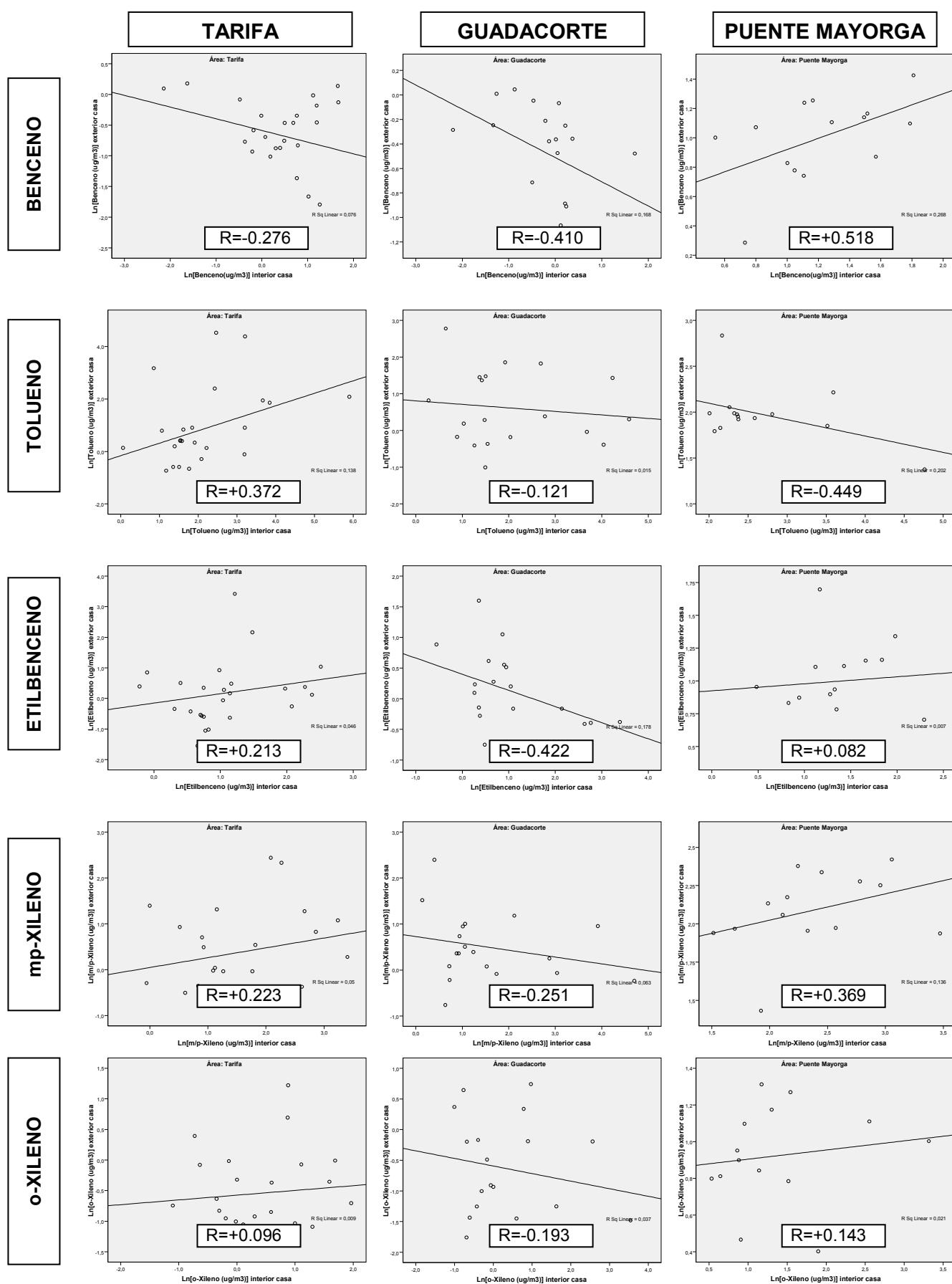
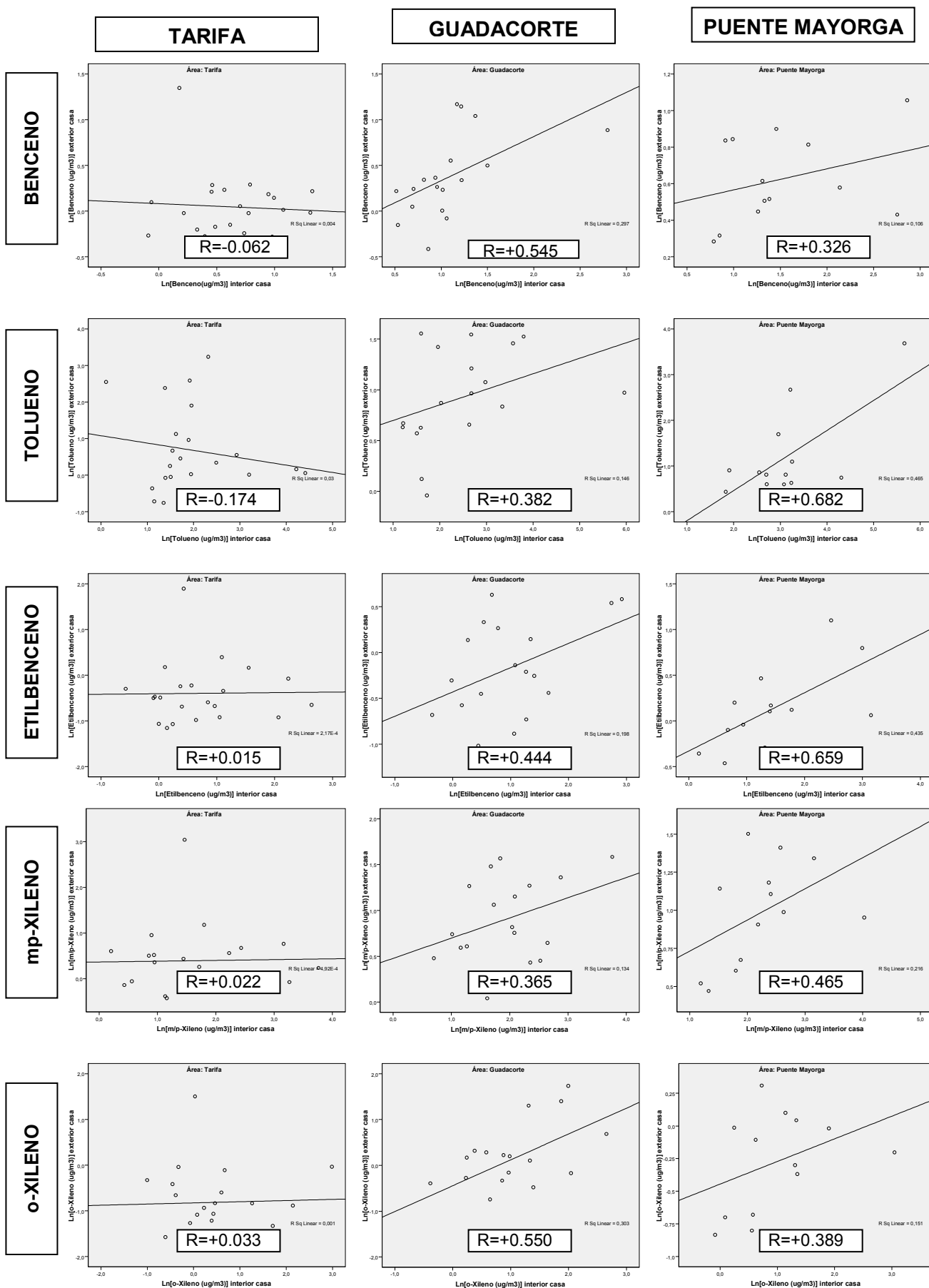


Figura 7.- Correlaciones entre los niveles de BETX de interiores y exteriores de viviendas por comunidades de estudio durante la campaña de invierno.



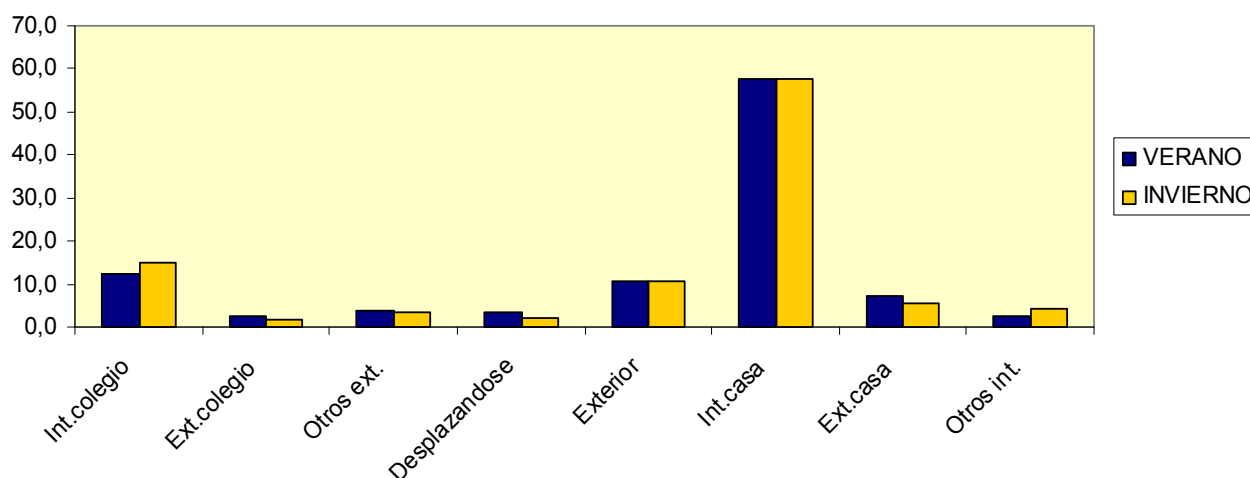
4. Exposición personal a BTEX durante la campaña de verano e invierno y media anual

Los niveles de exposición personal a BTEX se estimaron en base a las concentraciones de BTEX en interiores y exteriores de la casa y de la escuela y el porcentaje de tiempo ponderado de actividad del niño/a en cada uno de los microambientes de acuerdo a la información proporcionada por la madre a través de los diarios de tiempo-actividad de cada uno de los períodos de estudio (tabla 11 y figura 8).

Tabla 11.- Porcentaje medio de tiempo empleado en cada microambiente en cada una de las campañas.

MICROAMBIENTE	VERANO					INVIERNO				
	Media	DE	Mínimo	Mediana	Máximo	Media	DE	Mínimo	Mediana	Máximo
Interior del colegio	12,5	1,4	7,9	11,9	16,0	14,9	2,4	10,7	14,9	21,9
Exterior del colegio	2,4	0,7	1,4	2,9	4,3	1,8	0,7	0,0	1,5	4,7
En otros edificios	3,9	3,9	0,0	3,0	13,4	3,5	3,4	0,0	3,0	12,7
Desplazándose (al colegio, compra,...)	3,3	1,8	0,3	2,7	8,5	2,1	1,4	0,0	1,9	7,0
Exterior (paseando, en un parque,...)	10,6	5,2	0,0	10,7	28,8	10,5	7,5	0,0	8,3	34,1
Interior de la casa	57,8	7,7	37,5	58,3	76,2	57,7	10,8	34,5	57,7	81,4
Exterior de la casa	7,1	6,7	0,0	5,0	24,4	5,4	6,2	0,0	4,1	27,8
Interior de otras casas	2,4	4,4	0,0	0,8	26,8	4,2	5,2	0,0	3,0	31,2

Figura 8.- Porcentaje medio de tiempo empleado en cada microambiente para las campañas de verano e invierno



Las concentraciones estimadas de exposición personal a BTEX durante el periodo de verano fueron significativamente mayores en Puente Mayorga que en Guadacorte-Cortijillos y Tarifa (Tabla 12).

Durante el periodo de invierno, los/as niños/as de Puente Mayorga también fueron los que se encontraron expuestos a mayores concentraciones de benceno, con un 10% de ellos con concentraciones por encima de los 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, hay que señalar que la concentración estimada de exposición a benceno en invierno en Guadacorte-Cortijillos aumento significativamente con respecto al verano (mediana 0,8 vs 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Por ultimo, los niños/as de Guadacorte-Cortijillos estuvieron expuestos durante este periodo a los niveles más elevados de o-xileno. (tabla 12)

La media anual de exposición personal a BTEX también resultó ser mayor para el caso de Puente Mayorga, siendo las diferencias estadísticamente significativas para el caso del benceno con respecto a las zonas de Guadacorte-Cortijillos y Tarifa. Tomando en cuenta la exposición de los dos periodos se estimó que un 10% de la población infantil de Puente Mayorga está expuesta a lo largo del año a concentraciones de benceno superiores a 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabla 13)

Tabla 12.- Estimación de los niveles de exposición personal a BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las campañas de verano e invierno.

		VERANO				INVIERNO			
		n	Mediana	P10	P90	n	Mediana	P10	P90
Benceno	Tarifa	23	1,1	0,5	2,5	22	1,4	0,9	1,9
	Guadacorte_C**	18	0,8	0,4	1,1	18	2,2*	1,4	3,5
	Puente Mayorga	15	2,8	1,5	4,7	13	2,6	2,0	6,0
			p<0,001				p<0,001		
Tolueno	Tarifa	23	4,0	2,1	22,3	22	4,2	3,0	18,6
	Guadacorte-C**	18	5,6	2,4	39,9	18	8,1	3,3	37,9
	Puente Mayorga	15	9,8	6,4	86,0	13	11,6	6,8	46,3
			p=0,012				p=0,004		
Etilbenceno	Tarifa	23	1,7	1,0	5,7	22	1,2	0,8	4,9
	Guadacorte-C**	18	1,6	1,0	9,1	18	1,9	0,8	11,0
	Puente Mayorga	15	3,2	1,7	7,7	13	3,3	2,3	8,8
			p=0,032				p=0,003		
m/p-Xileno	Tarifa	23	2,4	1,3	10,5	22	3,3	1,9	15,9
	Guadacorte-C**	18	3,0	1,6	28,6	18	5,1	2,2	13,4
	Puente Mayorga	15	8,7	4,9	24,8	13	6,7	4,2	10,7
			p=0,002				p=0,023		
o-Xileno	Tarifa	23	0,9	0,5	2,9	22	0,8	0,5	3,4
	Guadacorte-C**	18	0,8	0,4	7,4	18	2,0	0,8	5,4
	Puente Mayorga	15	2,8*	1,5	20,2	13	1,5	1,1	3,2
			p=0,001				p=0,005		

(*) El valor es significativamente mayor (p<0.05) respecto al otro periodo en base al test de Wilcoxon

(**) Incluye tres casos de Guadarranque

El p-valor corresponde al test no paramétrico de Kruskal-Wallis

Tabla 13.- Estimación de los niveles medios anuales de exposición personal a BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		n	Mediana	P10	P90
Benceno	Tarifa	22	1,2	0,9	2,4
	Guadacorte-C**	17	1,6	1,0	2,0
	Puente Mayorga	13	2,5	1,9	4,2
			p<0,001		
Tolueno	Tarifa	22	4,8	3,0	21,8
	Guadacorte-C**	17	8,6	3,4	32,0
	Puente Mayorga	13	10,0	7,7	52,0
			p=0,033		
Etilbenceno	Tarifa	22	1,9	1,1	4,2
	Guadacorte-C**	17	2,0	1,0	6,6
	Puente Mayorga	13	3,2	2,1	6,0
			p=0,015		
m/p-Xileno	Tarifa	22	4,1	1,9	9,4
	Guadacorte-C**	17	4,6	2,0	18,5
	Puente Mayorga	13	7,1	4,7	16,7
			p=0,015		
o-Xileno	Tarifa	22	1,1	0,6	2,9
	Guadacorte-C**	17	1,4	0,7	6,2
	Puente Mayorga	13	2,2	1,4	9,9
			p=0,010		

* Media aritmética de las concentraciones personales en las campañas de verano e invierno.

(**) Incluye tres casos de Guadarranque

El p-valor corresponde al test no paramétrico de Kruskal-Wallis

5. Distribución de las concentraciones de benceno en interiores, exteriores y personales por rangos

Respecto a las concentraciones de benceno en exteriores de las viviendas podemos observar que en Puente Mayorga el rango de concentraciones por encima de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fue sobrepasado por el 6,7% de las muestras tomadas en la campaña de verano, mostrando diferencias estadísticamente significativas con el resto de las zonas de estudio (Tabla 14) .

Tabla 14.- Porcentaje de muestras según rangos de concentración de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en exteriores de las viviendas para cada zona de estudio durante las campañas de verano, invierno y media anual

		Tarifa		Guadacorte-Cortijillos		Puente Mayorga		p-valor*
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
Verano	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	(100)	18	(100)	8	(53,3)	<0,001
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	6	(40,0)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	1	(6,7)	
Invierno	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21	(95,5)	16	(88,9)	13	(100)	0,603
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	(4,5)	2	(11,1)	0	(0)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	0	(0)	
Media anual	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22	(100)	17	(100)	11	(84,6)	0,059
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	2	(15,4)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	0	(0)	

(*) Test exacto de Fisher

En la tabla 15 se muestra la distribución por rangos de la concentración de benceno en interiores de las viviendas, donde se observa que en Puente Mayorga más del 30% de las viviendas presentaron niveles por encima de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la campaña de invierno y en la media anual, mientras que en la campaña de verano estos niveles se superaron en un 20% de las muestras.

Tabla 15.- Porcentaje de muestras según rangos de concentración de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en interiores de las viviendas para cada zona de estudio durante las campañas de verano, invierno y media anual

		Tarifa		Guadacorte-Cortijillos		Puente Mayorga		p-valor*
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
Verano	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17	(73,9)	17	(94,4)	5	(33,3)	0,001
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4	(17,4)	0	(0)	7	(46,7)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	(8,7)	1	(5,6)	3	(20,0)	
Invierno	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20	(90,9)	11	(61,1)	4	(30,8)	0,001
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	(9,1)	6	(33,3)	5	(38,5)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	1	(5,6)	4	(30,8)	
Media anual	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	(81,8)	17	(100)	4	(30,8)	<0,001
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4	(18,2)	0	(0)	5	(38,5)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	4	(30,8)	

(*) Test exacto de Fisher

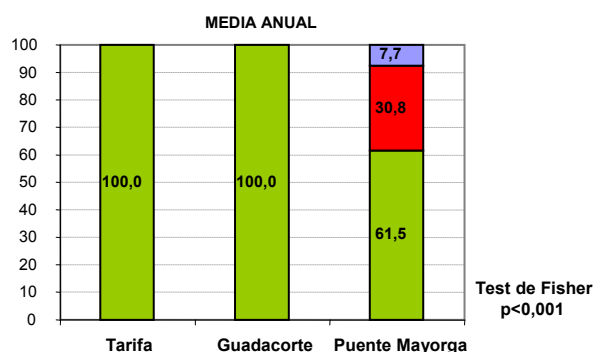
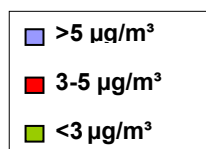
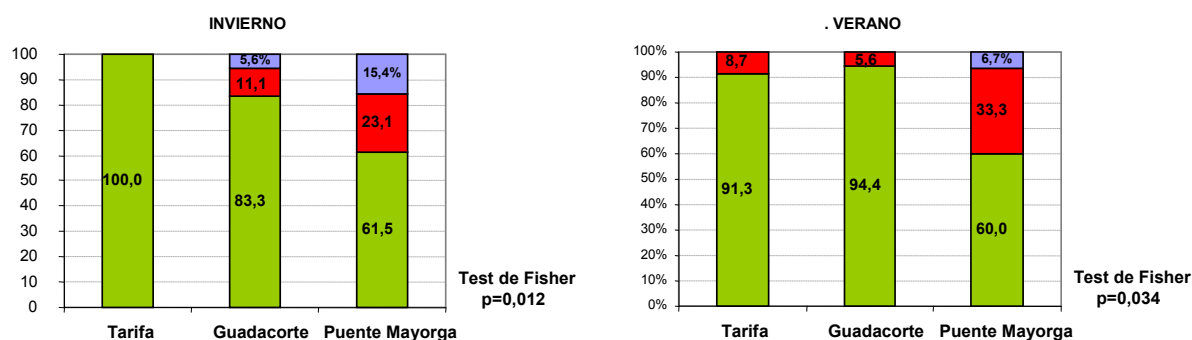
Por último, se observó que un 6,7 % de la población infantil de Puente Mayorga presentan niveles de exposición personal superiores a los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el periodo de verano, 15% en el periodo de invierno y cuando contemplamos la media anual aproximadamente el 8% de los niños superaron este nivel (tabla 16, figura 9),

Tabla 16 . Porcentaje de muestras según rangos de exposición a benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a nivel personal para cada zona de estudio durante las campañas de verano, invierno y media anual

	Tarifa	Guadacorte-Cortijillos		Puente Mayorga		p-valor*		
		n	(%)	n	(%)		n	(%)
Verano	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21	(91,3)	17	(94,4)	9	(60,0)	0,034
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	(8,7)	1	(5,6)	5	(33,3)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	1	(6,7)	
Invierno	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22	(100)	15	(83,3)	8	(61,5)	0,012
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	2	(11,1)	3	(23,1)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	1	(5,6)	2	(15,4)	
Media anual	<3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22	(100)	17	(100)	8	(61,5)	<0,001
	3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	4	(30,8)	
	>5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	(0)	0	(0)	1	(7,7)	

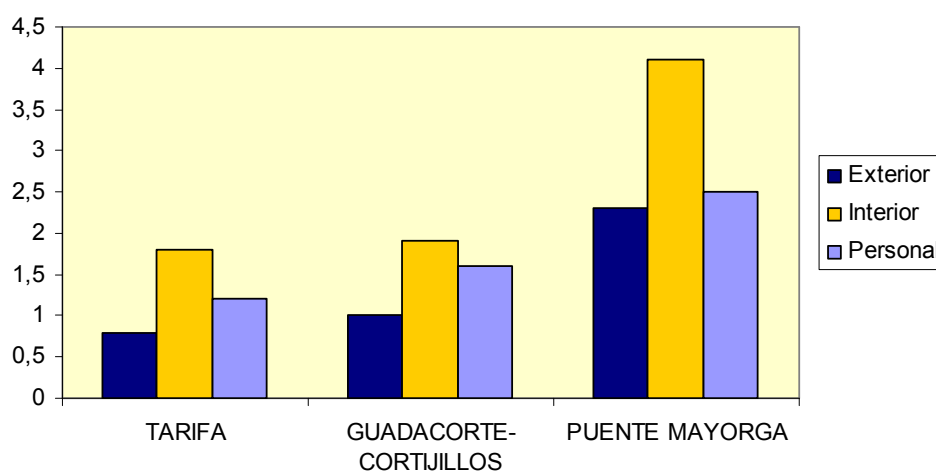
(*) Test exacto de Fisher

Figura 9.- Distribución de las exposiciones personales a benceno por rangos de concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para cada una de las comunidades de estudio durante la campaña de verano, invierno y anual



En la figura 10 se muestran los niveles medios anuales de benceno en interiores, exteriores y personal en la diferentes zonas de estudio. Como cabía esperar destaca Puente Mayorga con los niveles más altos en los diferentes microambientes.

Figura 10.- Niveles medios anuales de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de la Fase I y Fase II en exteriores, interiores y personales por zonas.



6. Razón de concentraciones ajustadas de BTEX en interiores, exteriores y personal durante las campañas de invierno y verano

En las tablas 17 a 22 se muestran los resultados de los modelos de regresión log lineal multivariante de la razón de las concentraciones de BTEX en interiores, exteriores y personal ajustando por diferentes variables predictoras de las concentraciones de estos compuestos, tomando como nivel de referencia las concentraciones de Tarifa.

En la tablas 17 y 18, así como en la figura 15 se muestra que la razón de concentraciones ajustada en exteriores para todos los COVs analizados durante el periodo de verano e invierno son significativamente superiores en Puente Mayorga comparado con el resto de las zonas, independientemente de la intensidad de tráfico vehicular medido a través de la distancia en metros de la vivienda a una calle con tráfico, así como, de la frecuencia de paso de coches y vehículos pesados. En concreto para el caso del benceno la razón de concentraciones en puente Mayorga es 5 veces superior a los niveles observados en Tarifa [$e^{\beta} = 5,30$; IC 95% : 3,74-7,53] durante el periodo de verano y casi dos veces superior durante el periodo de invierno [$e^{\beta} = 1,75$; IC 95% : 1,33-2,30].

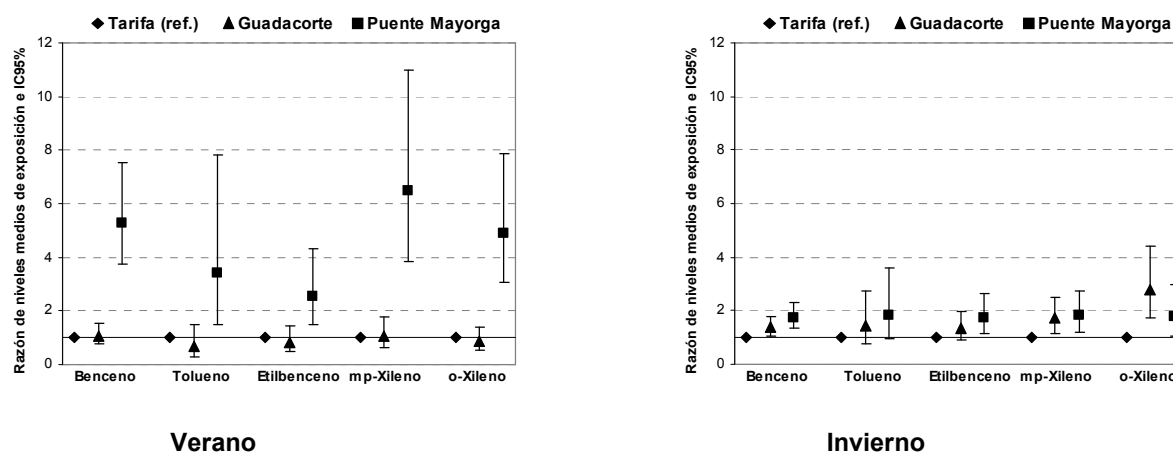
Tabla 17.- Modelo de regresión log- lineal multivariante de las concentraciones de BTEX en exteriores durante el periodo de verano

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijos	1,08 (0,77-1,52)	0,67 (0,30-1,49)	0,84 (0,50-1,42)	1,05 (0,63-1,76)	0,87 (0,55-1,38)
Puente Mayorga	5,30 (3,74-7,53)	3,42 (1,50-7,82)	2,54 (1,49-4,34)	6,48 (3,82-11,0)	4,89 (3,05-7,85)
Frecuencia de paso de coches					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	0,71 (0,41-1,20)	1,10 (0,31-3,89)	0,57 (0,25-1,29)	1,01 (0,45-2,27)	0,89 (0,43-1,84)
Con bastante frecuencia	1,00 (0,62-1,63)	0,95 (0,30-2,98)	0,52 (0,25-1,09)	0,85 (0,41-1,77)	1,05 (0,55-2,02)
Continuamente	0,83 (0,49-1,41)	0,79 (0,23-2,78)	0,46 (0,20-1,04)	0,67 (0,30-1,49)	0,78 (0,38-1,61)
Frecuencia de paso de vehículos pesados					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	1,11 (0,79-1,57)	0,93 (0,41-2,09)	0,86 (0,50-1,45)	0,88 (0,52-1,48)	0,95 (0,60-1,51)
Con bastante frecuencia	0,82 (0,46-1,46)	0,55 (0,14-2,15)	0,89 (0,37-2,15)	0,95 (0,40-2,28)	0,97 (0,44-2,13)
Continuamente	0,91 (0,45-1,84)	0,47 (0,09-2,49)	1,06 (0,36-3,10)	0,73 (0,25-2,10)	0,80 (0,31-2,07)
Distancia a calle con tráfico (por cada 100 metros de alejamiento)	0,98 (0,94-1,02)	0,95 (0,86-1,04)	0,97 (0,92-1,03)	0,96 (0,91-1,02)	0,99 (0,94-1,04)

Tabla 18.- Modelo de regresión log-lineal multivariante de las concentraciones de BTEX en exteriores durante el periodo de invierno

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	mp-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijos	1.37 (1.06-1.77)	1.45 (0.77-2.72)	1.33 (0.91-1.96)	1.71 (1.16-2.52)	2.78 (1.74-4.44)
Puente Mayorga	1.75 (1.33-2.30)	1.84 (0.94-3.61)	1.73 (1.15-2.62)	1.81 (1.19-2.74)	1.79 (1.08-2.96)
Frecuencia de paso de coches					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	0.83 (0.55-1.26)	1.32 (0.48-3.65)	0.81 (0.44-1.51)	0.82 (0.44-1.54)	0.96 (0.45-2.05)
Con bastante frecuencia	1.08 (0.73-1.60)	1.47 (0.56-3.88)	1.10 (0.61-1.98)	1.05 (0.58-1.91)	1.37 (0.67-2.82)
Continuamente	0.92 (0.62-1.37)	1.56 (0.59-4.14)	0.98 (0.54-1.77)	0.88 (0.48-1.61)	1.14 (0.55-2.35)
Frecuencia de paso de vehículos pesados					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	1.14 (0.85-1.51)	1.03 (0.50-2.08)	1.35 (0.88-2.07)	1.36 (0.88-2.11)	1.19 (0.70-2.01)
Con bastante frecuencia	1.02 (0.66-1.59)	1.12 (0.37-3.33)	1.13 (0.58-2.20)	1.13 (0.58-2.23)	1.15 (0.51-2.59)
Continuamente	0.95 (0.56-1.61)	0.65 (0.18-2.41)	0.98 (0.44-2.17)	1.05 (0.47-2.35)	1.03 (0.39-2.73)
Distancia a calle con tráfico (por cada 100 metros de alejamiento)	1.01 (0.95-1.07)	0.98 (0.85-1.13)	1.07 (0.98-1.17)	1.03 (0.94-1.13)	1.07 (0.96-1.19)

Figura 15.- Razón de concentraciones ajustadas* de BTEX en exteriores durante las campañas de verano e invierno por zona de estudio



* Modelo ajustado por distancia en metros a una calle con tráfico y frecuencia de paso de coches y vehículos pesados

En las tablas 19 y 20 se recoge la razón de concentraciones ajustada en interiores de las viviendas, tanto para la campaña de verano como de invierno. En el verano, la razón de concentraciones de benceno fue casi dos veces mayor en Puente Mayorga que en Tarifa (nivel de referencia), después de ajustar por factores como el uso de pinturas en el último mes, uso de calefacción, frecuencia de ventilación de la vivienda, consumo tabaco, uso de productos de limpieza y frecuencia de limpieza [$e^{\beta} = 1,54$; IC 95%: 0,85-2,80], aunque dicho resultado no alcanzó la significación estadística.

En invierno, la razón de concentraciones del benceno en el caso de Puente Mayorga respecto a Tarifa fue significativamente superior [$e^{\beta} = 2,71$; IC 95%:1,85-3,98]. Es preciso señalar que en Guadacorte-Cortijillos la razón de concentraciones de benceno en interiores correspondientes al periodo de invierno casi duplicó los niveles de la zona de referencia (Tarifa) [$e^{\beta} = 1,83$; IC 95% : 1,25,-2,66] (tablas 19 y 20, figura 16).

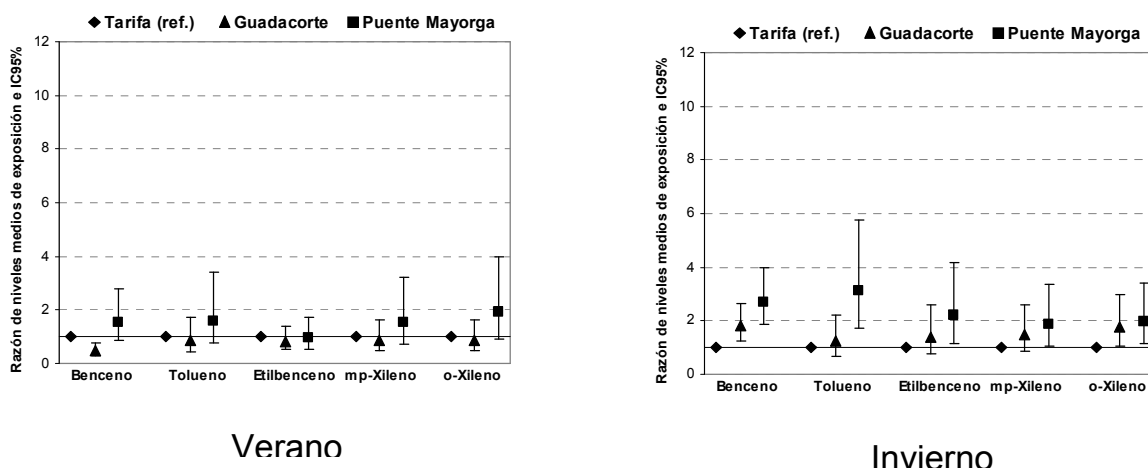
Tabla 19.- Modelo de regresión log-lineal multivariante de concentraciones de BTEX en interiores durante el periodo de verano

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijillos	0,49 (0,30-0,79)	0,86 (0,43-1,72)	0,84 (0,51-1,38)	0,88 (0,48-1,61)	0,88 (0,49-1,61)
Puente Mayorga	1,54 (0,85-2,80)	1,60 (0,75-3,40)	0,94 (0,51-1,73)	1,55 (0,74-3,23)	1,92 (0,93-3,97)
Pintura en el último mes	1,36 (0,90-2,06)	2,45 (1,35-4,46)	1,64 (1,08-2,51)	1,97 (1,18-3,30)	2,38 (1,43-3,95)
Tiene aire acondicionado	1,57 (0,92-2,68)	1,20 (0,54-2,68)	1,28 (0,74-2,21)	1,06 (0,54-2,06)	1,11 (0,58-2,15)
Ventilación de la vivienda					
<=2 horas al día	1	1	1	1	1
>2 horas al día	1,34 (0,51-3,53)	0,70 (0,18-2,73)	1,25 (0,47-3,36)	1,15 (0,35-3,80)	0,96 (0,29-3,15)
Fumar en casa	1,82 (1,18-2,80)	1,80 (0,97-3,36)	1,63 (1,05-2,52)	1,93 (1,14-3,28)	1,61 (0,95-2,72)
Lejía	0,43 (0,24-0,77)	0,32 (0,14-0,73)	0,32 (0,18-0,58)	0,29 (0,14-0,58)	0,34 (0,17-0,69)
Quitamanchas	0,57 (0,33-0,97)	-	-	-	-
Limpiacristales	0,78 (0,36-1,68)	-	0,57 (0,26-1,26)	0,59 (0,23-1,54)	0,58 (0,23-1,50)
Productos para alfombras	1,51 (0,70-3,23)	1,37 (0,51-3,64)	0,99 (0,48-2,01)	1,01 (0,43-2,38)	1,03 (0,44-2,41)
Ambientadores	-	1,19 (0,59-2,38)	-	-	-
Productos multiusos	1,52 (0,92-2,54)	-	1,28 (0,76-2,15)	1,39 (0,74-2,61)	1,38 (0,74-2,57)
Limpieza en seco	0,67 (0,14-3,33)	-	-	-	-
Frecuencia de limpieza					
≤1 vez/sem.	1	1	1	1	1
>1 vez/sem.	0,63 (0,35-1,14)	0,57 (0,27-1,19)	1,07 (0,60-1,93)	1,06 (0,52-2,15)	1,02 (0,50-2,05)

Tabla 20.- Modelo de regresión log-lineal multivariante de concentraciones de BTEX en interiores durante el periodo de invierno

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	mp-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijillos	1.83 (1.25-2.66)	1.24 (0.69-2.20)	1.41 (0.77-2.57)	1.49 (0.86-2.57)	1.77 (1.05-2.98)
Puente Mayorga	2.71 (1.85-3.98)	3.13 (1.71-5.75)	2.20 (1.17-4.16)	1.89 (1.06-3.37)	1.99 (1.16-3.42)
Pintura en el último mes	0.86 (0.60-1.23)	0.58 (0.32-1.05)	0.78 (0.42-1.46)	0.7 (0.4-1.24)	0.83 (0.48-1.43)
Tiene calefacción central	0.83 (0.58-1.18)	1.09 (0.63-1.87)	0.90 (0.51-1.58)	0.81 (0.48-1.37)	0.78 (0.48-1.25)
Ventilación de la vivienda					
≤2 horas al día	1	1	1	1	1
>2 horas al día	1.01 (0.69-1.47)	0.97 (0.52-1.79)	1.17 (0.61-2.23)	1.22 (0.67-2.23)	1.04 (0.59-1.82)
Fumar en casa	1.13 (0.81-1.58)	1.15 (0.66-2.01)	0.95 (0.54-1.69)	1.04 (0.62-1.77)	0.82 (0.49-1.37)
Amoniaco	1.16 (0.78-1.72)	-	-	-	-
Limpiamuebles	1.18 (0.85-1.62)	2.55 (1.49-4.36)	-	-	1.11 (0.68-1.82)
Ambientadores	-	-	-	1.94 (1.10-3.42)	2.10 (1.22-3.59)
Spray para planchar	-	2.98 (0.82-10.8)	2.93 (0.78-11.0)	3.39 (1.00-11.4)	3.06 (0.94-9.93)
Productos líquidos multiusos	0.79 (0.58-1.07)	-	-	-	-
Naftalina u otros antipolillas	1.46 (0.92-2.30)	-	-	-	3.26 (1.56-6.79)
Productos de limpieza en seco	-	-	-	-	0.96 (0.39-2.40)
Frecuencia de limpieza					
≤1 vez/sem.	1	1	1	1	1
>1 vez/sem.	0.73 (0.53-1.02)	0.68 (0.38-1.20)	0.63 (0.34-1.14)	0.55 (0.32-0.96)	0.53 (0.32-0.89)

Figura 16.- Razón de concentraciones ajustadas* de BTEX en interiores durante las campañas de verano e invierno por zona de estudio



* Modelo ajustado por uso de pintura en el último mes en la casa, uso de calefacción, frecuencia de ventilación de la casa, consumo de tabaco en la casa, productos de limpieza y frecuencia de limpieza.

La razón de concentraciones de exposición personal de BTEX fueron mayores en Puente Mayorga que en las otras dos zonas de estudio después de ajustar por diferentes factores predictores tanto demográficos como de exposición a BTEX, tales como el sexo y la edad del niño/a, frecuencia de paso de coches y vehículos pesados, distancia de la vivienda a calles con tráfico, consumo de tabaco en la casa, uso de productos de limpieza y frecuencia de limpieza. De este modo, en el caso del benceno, se observó una razón de concentraciones ajustadas que duplicó la de Tarifa tanto en el periodo de verano [$e^{\beta} = 2,28$; IC 95% : 1,29- 4,02] como en el de invierno [$e^{\beta} = 2,27$; IC 95% : 1,67-3,19], siendo en ambos casos los resultados estadísticamente significativos. En el caso de Guadacorte-Cortijillos se observó un incremento de la razón de concentraciones de exposición personal en invierno de todos los compuestos analizados con respecto a los niveles de referencia de Tarifa, en comparación con los resultados de la campaña de verano. Para el caso concreto del benceno, la razón de concentraciones de exposición personal en esta zona durante el periodo de invierno fue casi el doble que la de la zona control [$e^{\beta} = 1,78$; IC 95% : 1,24-2,55] (tablas 21 y 22, figura 17).

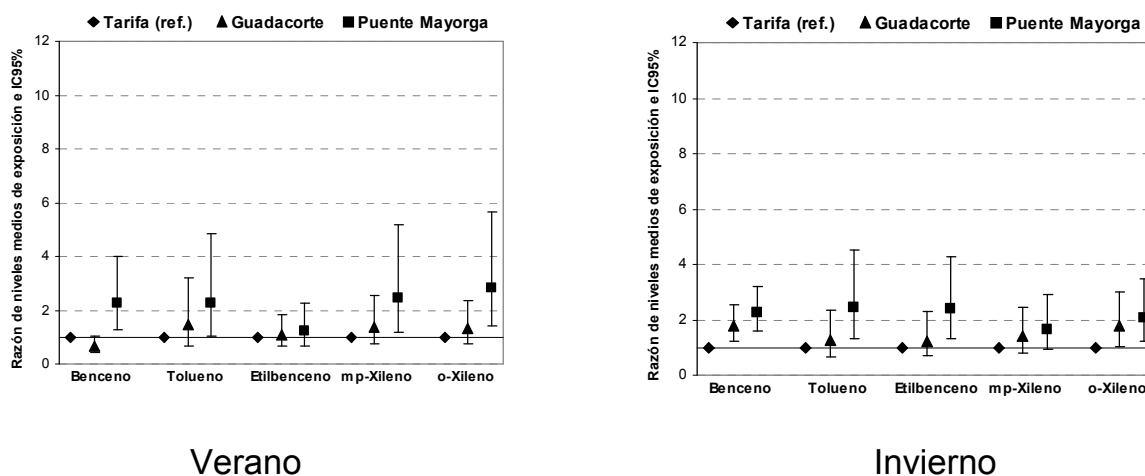
Tabla 21.- Modelo de regresión log-lineal multivariante de concentración personal a BTEX durante el periodo de verano

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijos	0,66 (0,42-1,04)	1,48 (0,68-3,19)	1,09 (0,64-1,85)	1,37 (0,73-2,56)	1,31 (0,73-2,34)
Puente Mayorga	2,28 (1,29-4,02)	2,24 (1,04-4,86)	1,21 (0,64-2,28)	2,46 (1,16-5,20)	2,81 (1,40-5,65)
Sexo					
Niño	1	1	1	1	1
Niña	1,05 (0,69-1,60)	1,29 (0,66-2,49)	1,09 (0,69-1,72)	1,14 (0,67-1,94)	1,26 (0,77-2,08)
Edad del niño/a	0,91 (0,79-1,05)	1,04 (0,83-1,30)	1,00 (0,85-1,18)	0,94 (0,77-1,13)	0,93 (0,78-1,11)
Frecuencia de paso de coches					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	1,55 (0,78-3,05)	1,56 (0,52-4,69)	1,06 (0,49-2,31)	1,34 (0,54-3,33)	1,48 (0,63-3,47)
Con bastante frecuencia	1,17 (0,60-2,31)	2,56 (0,87-7,53)	1,77 (0,83-3,78)	2,08 (0,85-5,08)	2,62 (1,14-6,01)
Continuamente	1,04 (0,49-2,23)	1,93 (0,53-7,05)	1,71 (0,72-4,08)	2,05 (0,74-5,72)	2,23 (0,86-5,80)
Frecuencia de paso de vehículos pesados					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	0,73 (0,44-1,22)	0,72 (0,33-1,54)	0,79 (0,47-1,32)	0,62 (0,34-1,15)	0,64 (0,36-1,12)
Con bastante frecuencia	1,01 (0,47-2,17)	0,43 (0,13-1,45)	0,55 (0,23-1,31)	0,53 (0,19-1,45)	0,53 (0,20-1,35)
Continuamente	1,16 (0,45-3,00)	0,64 (0,13-3,06)	0,58 (0,20-1,70)	0,46 (0,13-1,62)	0,52 (0,16-1,70)
Distancia a calle con tráfico (por cada 50 metros de alejamiento)	0,98 (0,93-1,04)	0,97 (0,89-1,05)	0,99 (0,93-1,05)	1,00 (0,93-1,08)	1,01 (0,94-1,08)
Pintura en el último mes	1,37 (0,92-2,05)	2,17 (1,15-4,10)	1,42 (0,89-2,26)	1,74 (1,00-3,00)	2,01 (1,21-3,35)
Tiene aire acondicionado	1,13 (0,69-1,88)	0,93 (0,38-2,28)	1,04 (0,58-1,87)	0,86 (0,43-1,72)	0,88 (0,46-1,67)
Ventilación de la vivienda					
<=2 horas al día	1	1	1	1	1
>2 horas al día	0,81 (0,31-2,08)	0,45 (0,11-1,88)	0,85 (0,29-2,47)	0,80 (0,23-2,81)	0,59 (0,18-1,91)
Fumar en casa	1,48 (0,95-2,30)	1,27 (0,65-2,50)	1,26 (0,78-2,04)	1,39 (0,79-2,44)	1,22 (0,72-2,06)
Lejía	0,60 (0,35-1,03)	0,40 (0,17-0,93)	0,36 (0,20-0,66)	0,33 (0,16-0,68)	0,37 (0,19-0,72)
Quitamanchas	0,72 (0,42-1,22)	-	-	-	-
Limpiacristales	1,03 (0,50-2,10)	-	0,65 (0,29-1,49)	0,76 (0,29-2,00)	0,74 (0,30-1,83)
Productos para alfombras	1,45 (0,61-3,47)	1,34 (0,44-4,09)	1,01 (0,45-2,27)	1,16 (0,44-3,00)	1,24 (0,51-3,02)
Ambientadores	-	1,29 (0,57-2,91)	-	-	-
Productos multiusos	1,13 (0,68-1,88)	-	1,43 (0,79-2,57)	1,36 (0,68-2,72)	1,32 (0,69-2,51)
Limpeza en seco	0,59 (0,11-3,07)	-	-	-	-
Frecuencia de limpieza					
<=1 vez/sem.	1	1	1	1	1
>1 vez/sem.	0,66 (0,37-1,16)	0,46 (0,21-1,01)	0,91 (0,49-1,68)	0,84 (0,41-1,74)	0,75 (0,38-1,48)

Tabla 22.- Modelo de regresión lineal multivariante de concentración personal a BTEX durante el periodo de invierno

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	mp-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijillos	1.78 (1.24-2.55)	1.25 (0.66-2.36)	1.30 (0.72-2.32)	1.40 (0.80-2.47)	1.77 (1.05-2.99)
Puente Mayorga	2.27 (1.61-3.19)	2.43 (1.30-4.54)	2.39 (1.33-4.28)	1.65 (0.94-2.92)	2.07 (1.24-3.48)
Sexo					
Niño	1	1	1	1	1
Niña	0.75 (0.54-1.03)	0.98 (0.51-1.86)	0.77 (0.44-1.34)	0.95 (0.55-1.62)	0.69 (0.40-1.20)
Edad del niño/a	0.97 (0.88-1.06)	0.97 (0.79-1.18)	0.87 (0.72-1.04)	0.96 (0.80-1.16)	0.89 (0.75-1.05)
Frecuencia de paso de coches					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	0.79 (0.46-1.35)	0.97 (0.32-2.94)	1.36 (0.54-3.42)	1.41 (0.55-3.61)	1.27 (0.45-3.62)
Con bastante frecuencia	1.03 (0.64-1.66)	1.57 (0.63-3.93)	1.13 (0.49-2.63)	1.17 (0.51-2.70)	1.52 (0.65-3.58)
Continuamente	1.04 (0.62-1.73)	1.45 (0.54-3.94)	1.25 (0.52-3.04)	1.21 (0.51-2.90)	1.29 (0.54-3.09)
Frecuencia de paso de vehículos pesados					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	1.01 (0.71-1.42)	1.14 (0.57-2.26)	1.19 (0.63-2.25)	1.04 (0.56-1.93)	0.74 (0.42-1.30)
Con bastante frecuencia	0.89 (0.48-1.66)	0.68 (0.21-2.27)	0.64 (0.21-1.95)	0.58 (0.20-1.70)	0.55 (0.20-1.49)
Continuamente	0.62 (0.30-1.28)	1.10 (0.30-3.98)	0.54 (0.17-1.76)	0.53 (0.17-1.67)	0.36 (0.12-1.09)
Distancia a calle con tráfico (por cada 100 metros de alejamiento)	1.00 (0.93-1.08)	0.97 (0.84-1.12)	0.96 (0.84-1.1)	0.94 (0.82-1.07)	0.95 (0.84-1.06)
Pintura en el último mes	0.93 (0.62-1.40)	0.84 (0.37-1.90)	0.97 (0.46-2.08)	0.96 (0.46-2.01)	1.01 (0.52-1.95)
Tiene calefacción central	0.78 (0.57-1.08)	0.87 (0.49-1.55)	0.82 (0.48-1.41)	0.72 (0.42-1.24)	0.69 (0.43-1.12)
Ventilación de la vivienda					
<=2 horas al día	1	1	1	1	1
>2 horas al día	0.91 (0.63-1.31)	0.87 (0.43-1.76)	0.87 (0.45-1.68)	1.04 (0.53-2.04)	0.88 (0.48-1.62)
Fumar en casa	1.27 (0.91-1.77)	1.21 (0.61-2.4)	1.31 (0.69-2.47)	1.21 (0.63-2.34)	1.08 (0.59-1.98)
Amoniaco	0.98 (0.68-1.41)	-	-	-	-
Limpiamuebles	1.33 (0.96-1.85)	2.40 (1.24-4.65)	-	-	1.17 (0.65-2.10)
Ambientadores	-	-	-	1.42 (0.79-2.55)	1.49 (0.86-2.57)
Spray para planchar	-	3.56 (0.82-15.5)	4.41 (1.17-16.6)	4.08 (1.07-15.5)	3.08 (0.90-10.5)
Productos líquidos multiusos	0.84 (0.62-1.14)	-	-	-	-
Naftalina u otros antipolillas	1.66 (1.10-2.50)	-	-	-	3.53 (1.74-7.16)
Productos de limpieza en seco	-	-	-	-	1.04 (0.38-2.89)
Frecuencia de limpieza					
<=1 vez/sem.	1	1	1	1	1
>1 vez/sem.	0.70 (0.52-0.95)	0.67 (0.36-1.25)	0.59 (0.33-1.05)	0.63 (0.36-1.11)	0.52 (0.31-0.85)

Figura 17.- Razón de concentraciones personales a BTEX ajustadas*, correspondientes a las campañas de verano e invierno por zona de estudio



*Modelo ajustado por sexo, edad, distancia en metros a calle con tráfico, frecuencia de paso de coches y vehículos pesados, pintura en el último mes, calefacción, ventilación, tabaco, productos de limpieza y frecuencia de limpieza.

7. Modelos de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE) multivariantes de razón de concentraciones a BTEX

Se desarrollaron modelos GEE multivariantes para estimar la razón de concentraciones de BTEX ajustadas en exteriores, interiores y exposición personal para cada una de las zonas geográficas.

Los resultados de los modelos GEE ajustados de las concentraciones de BTEX en exteriores, integrando la información de los dos períodos de estudio, mostraron que la razón de concentraciones de todos los compuestos fueron superiores en Puente Mayorga en comparación con las de la zona de referencia de Tarifa, después de ajustar los modelos por la distancia de la vivienda a una calle con tráfico y la frecuencia de paso de coches y vehículos pesados. De este modo, las razones de concentración del benceno, m/p-xileno y o-xileno fueron tres veces mayores que las de la zona de referencia [$e^{\beta} = 3,03$; IC 95% : 2,47-3,72], [$e^{\beta} = 3,48$; IC 95% : 2,42-5,01]; [$e^{\beta} = 3,04$; IC 95%: 2,07-4,46], respectivamente, siendo estos resultados estadísticamente significativos (tabla 23, figura 18).

La distancia de la vivienda a una calle con tráfico y la frecuencia de paso de coches y vehículos pesados no mostraron ser predictores de la exposición ya que no se observaron diferencias significativas entre las diferentes categorías de exposición (tabla 23).

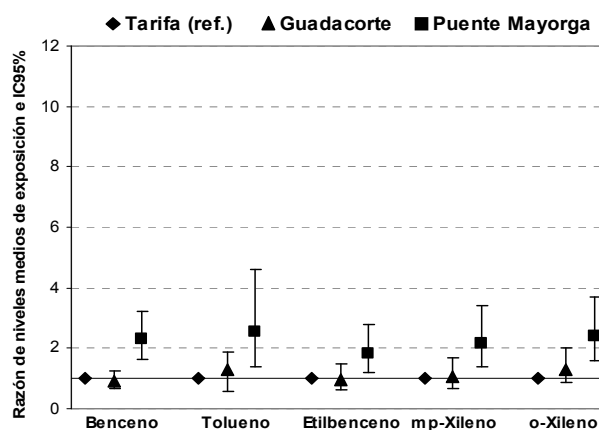
Resultados similares se obtuvieron para interiores donde las razones de concentraciones más elevadas para todos los BTEX corresponden a la zona de Puente Mayorga, después de ajustar por diferentes predictores de exposición en interiores. Las razones de concentraciones de todos los COVs analizados fueron significativamente mayores que las de Tarifa, duplicando la concentración de la zona de referencia (tabla 24, figura 19). En cuanto a otras fuentes de exposición a BTEX en interiores hay que destacar que el consumo de tabaco en la vivienda fue también un importante predictor de exposición a BTEX. El tabaco contribuyó de manera independiente con un incremento del 30% en los niveles de benceno en interiores de las casas de los fumadores (tabla 24).

Por último, en el modelo GEE multivariante de exposición personal a BTEX se volvió a observar razones de concentraciones superiores en Puente Mayorga para la totalidad de compuestos analizados. Los valores de las razones de concentraciones de BTEX duplicaron de manera significativa los niveles de referencia de Tarifa (tabla 25, figura 20). También se observó la influencia del tabaco sobre la exposición personal a BTEX. En el caso del benceno, los niveles de exposición personal de los niños que residen en casa de fumadores fueron un 19% superiores respecto a los que residen en casas de no fumadores, dicha diferencia estuvo al borde de la significación estadística (tabla 25)

Tabla 23.- Modelos GEE multivariantes de razón de concentraciones ajustadas a BTEX en exteriores de las zonas de estudio.

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	mp-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijillos	1.22 (1.00-1.48)	0.93 (0.54-1.60)	1.05 (0.76-1.45)	1.31 (0.92-1.85)	1.53 (1.06-2.21)
Puente Mayorga	3.03 (2.47-3.72)	2.50 (1.42-4.40)	2.12 (1.51-2.99)	3.48 (2.42-5.01)	3.04 (2.07-4.46)
Frecuencia de paso de coches					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	0.83 (0.61-1.13)	1.34 (0.56-3.18)	0.77 (0.46-1.29)	0.99 (0.57-1.73)	0.98 (0.55-1.77)
Con bastante frecuencia	1.01 (0.76-1.35)	1.34 (0.61-2.93)	0.82 (0.51-1.31)	1.04 (0.63-1.73)	1.29 (0.76-2.20)
Continuamente	0.89 (0.66-1.20)	1.21 (0.52-2.77)	0.72 (0.43-1.18)	0.82 (0.48-1.40)	1.00 (0.57-1.76)
Frecuencia de paso de vehículos pesados					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	1.09 (0.88-1.34)	0.90 (0.51-1.59)	0.97 (0.69-1.38)	1.02 (0.71-1.48)	1.01 (0.68-1.49)
Con bastante frecuencia	0.92 (0.66-1.28)	0.70 (0.28-1.76)	0.93 (0.53-1.62)	0.96 (0.53-1.73)	0.99 (0.53-1.84)
Continuamente	0.93 (0.62-1.39)	0.51 (0.17-1.55)	0.95 (0.49-1.85)	0.81 (0.40-1.66)	0.86 (0.40-1.81)
Distancia a calle con tráfico (por cada 100 metros de alejamiento)					
	0.99 (0.94-1.03)	0.94 (0.83-1.06)	1.00 (0.93-1.08)	0.98 (0.9-1.06)	1.02 (0.94-1.11)

Figura 18.- Análisis GEE de razón de concentraciones ajustada* de BTEX en exteriores

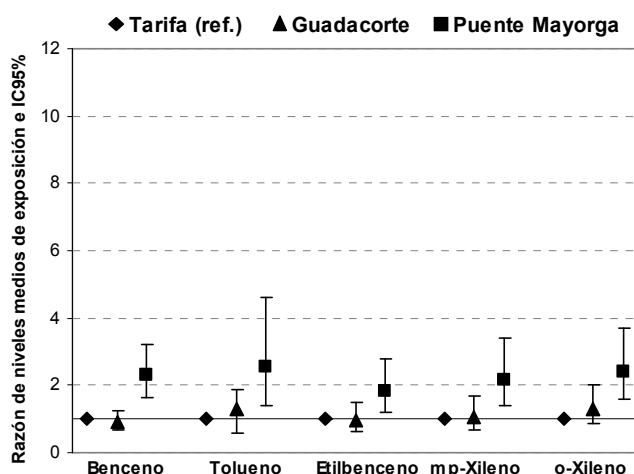


*Modelo ajustado por distancia en metros a calle con tráfico y frecuencia de paso de coches y vehículos pesados.

Tabla 24.- Modelos GEE multivariantes de concentración a BTEX en interiores. Razón de concentraciones ajustada

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	mp-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijillos	0.90 (0.65-1.26)	1.06 (0.59-1.88)	0.97 (0.64-1.47)	1.08 (0.69-1.68)	1.30 (0.85-2.00)
Puente Mayorga	2.30 (1.63-3.23)	2.55 (1.41-4.61)	1.83 (1.20-2.77)	2.18 (1.39-3.41)	2.42 (1.57-3.72)
Pintura en el último mes					
	1.08 (0.80-1.45)	1.28 (0.85-1.93)	1.21 (0.86-1.71)	1.31 (0.90-1.89)	1.56 (1.09-2.25)
Tiene aire acondicionado					
	0.92 (0.65-1.29)	0.63 (0.38-1.05)	0.79 (0.52-1.19)	0.66 (0.42-1.03)	0.68 (0.44-1.05)
Tiene calefacción central					
	1.12 (0.79-1.57)	1.57 (0.94-2.61)	1.28 (0.85-1.93)	1.41 (0.91-2.19)	1.46 (0.95-2.25)
Ventilación de la vivienda					
<=2 horas al día	1	1	1	1	1
>2 horas al día	0.97 (0.64-1.48)	0.72 (0.38-1.36)	1.06 (0.64-1.78)	0.86 (0.50-1.49)	0.71 (0.42-1.22)
Fumar en casa					
	1.30 (0.98-1.72)	1.33 (0.85-2.10)	1.11 (0.78-1.57)	1.30 (0.90-1.89)	1.18 (0.82-1.69)
Lejía					
	-	-	-	0.64 (0.39-1.05)	0.64 (0.40-1.04)
Salfumán					
	-	-	-	-	0.32 (0.09-1.12)
Limpiacristales					
	0.82 (0.56-1.22)	-	-	-	-
Spray para mopa					
	0.59 (0.29-1.21)	-	-	-	-
Productos de limpieza perfumados					
	-	-	1.29 (0.88-1.89)	-	-
Naftalina u otros antipolillas					
	1.74 (1.13-2.67)	1.91 (0.99-3.69)	-	1.89 (1.08-3.32)	2.53 (1.46-4.38)
Frecuencia de limpieza					
<=1 vez/sem.	1	1	1	1	1
>1 vez/sem.	0.73 (0.53-1.00)	0.67 (0.42-1.08)	0.85 (0.58-1.23)	0.81 (0.54-1.21)	0.78 (0.53-1.15)

Figura 19.- Razón ajustada* de niveles medios de exposición a BTEX en interiores. Análisis GEE de razón de concentraciones ajustada* de BTEX en interiores

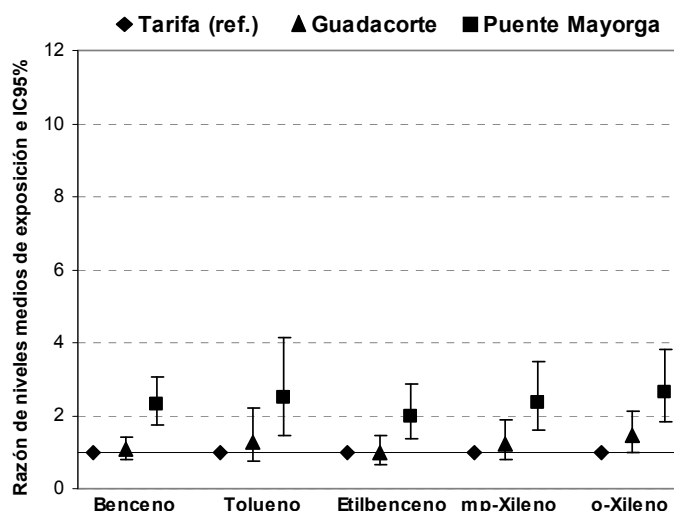


*Modelo ajustado por uso de pinturas, uso de aire acondicionado y calefacción, frecuencia de ventilación, consumo de tabaco en la vivienda, uso de productos de limpieza y frecuencia de limpieza

Tabla 25.- Modelos GEE multivariantes de exposición personal a BTEX. Razón de concentraciones ajustada

Variables	Razón de concentraciones (95% IC)				
	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	mp-Xileno	o_Xileno
Área geográfica					
Tarifa	1	1	1	1	1
Guadacorte-Cortijillos	1.06 (0.80-1.40)	1.29 (0.76-2.22)	0.97 (0.66-1.44)	1.22 (0.81-1.86)	1.46 (0.99-2.14)
Puente Mayorga	2.30 (1.74-3.05)	2.48 (1.48-4.15)	1.98 (1.37-2.86)	2.35 (1.58-3.49)	2.65 (1.85-3.79)
Sexo					
Niño	1	1	1	1	1
Niña	0.77 (0.61-0.98)	0.94 (0.60-1.47)	0.82 (0.60-1.13)	0.92 (0.65-1.30)	0.86 (0.62-1.18)
Edad del niño/a	0.93 (0.86-1.00)	0.98 (0.85-1.14)	0.93 (0.83-1.03)	0.93 (0.83-1.04)	0.93 (0.84-1.03)
Frecuencia de paso de coches					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	1.16 (0.80-1.69)	1.45 (0.67-3.14)	1.34 (0.78-2.31)	1.46 (0.82-2.61)	1.55 (0.92-2.63)
Con bastante frecuencia	1.25 (0.88-1.78)	2.45 (1.21-4.97)	1.60 (0.97-2.64)	1.70 (0.99-2.92)	2.29 (1.40-3.74)
Continuamente	1.19 (0.81-1.74)	1.77 (0.82-3.83)	1.52 (0.88-2.62)	1.58 (0.89-2.83)	1.80 (1.06-3.05)
Frecuencia de paso de vehículos pesados					
Casi nunca	1	1	1	1	1
Poco	0.75 (0.59-0.97)	0.80 (0.48-1.32)	0.86 (0.6-1.23)	0.74 (0.51-1.09)	0.69 (0.48-0.98)
Con bastante frecuencia	0.84 (0.55-1.26)	0.43 (0.19-0.99)	0.50 (0.28-0.89)	0.50 (0.27-0.94)	0.47 (0.26-0.82)
Continuamente	0.66 (0.40-1.09)	0.52 (0.19-1.42)	0.58 (0.28-1.19)	0.46 (0.21-1.00)	0.46 (0.23-0.92)
Distancia a calle con tráfico (por cada 100 metros de alejamiento)	0.96 (0.91-1.02)	0.88 (0.79-0.99)	0.94 (0.87-1.02)	0.96 (0.88-1.04)	0.97 (0.90-1.05)
Pintura en el último mes	1.11 (0.86-1.43)	1.32 (0.91-1.93)	1.22 (0.89-1.67)	1.38 (0.98-1.94)	1.62 (1.17-2.23)
Tiene aire acondicionado	0.86 (0.65-1.14)	0.69 (0.44-1.07)	0.78 (0.55-1.12)	0.72 (0.49-1.06)	0.68 (0.47-0.98)
Tiene calefacción central	0.97 (0.74-1.27)	1.17 (0.74-1.83)	1.12 (0.79-1.60)	1.13 (0.76-1.66)	1.25 (0.87-1.80)
Ventilación de la vivienda					
<=2 horas al día	1	1	1	1	1
>2 horas al día	0.81 (0.57-1.15)	0.77 (0.44-1.36)	0.84 (0.53-1.32)	0.80 (0.49-1.30)	0.65 (0.41-1.02)
Fumar en casa	1.19 (0.93-1.51)	1.16 (0.76-1.76)	1.15 (0.83-1.59)	1.25 (0.88-1.77)	1.16 (0.84-1.61)
Lejía	-	-	-	0.66 (0.43-1.01)	0.72 (0.48-1.08)
Salfumán	-	-	-	-	0.28 (0.09-0.83)
Limpiacristales	0.93 (0.67-1.30)	-	-	-	-
Spray para mopa	0.46 (0.25-0.85)	-	-	-	-
Productos de limpieza perfumados	-	-	1.32 (0.94-1.85)	-	-
Naftalina u otros antipolillas	1.76 (1.24-2.49)	1.59 (0.89-2.83)	-	1.62 (0.99-2.66)	2.1 (1.32-3.32)
Frecuencia de limpieza					
<=1 vez/sem.	1	1	1	1	1
>1 vez/sem.	0.78 (0.60-1.00)	0.64 (0.42-0.96)	0.81 (0.58-1.12)	0.80 (0.56-1.13)	0.73 (0.53-1.01)

Figura 20.- Razón ajustada* de niveles medios de exposición personal a BTEX. Análisis GEE de razón de concentraciones ajustada* de exposición personal BTEX



*Modelo ajustado por sexo y edad del niño/a, distancia en metros a calle con tráfico, frecuencia de paso de coches y vehículos pesados, uso de pintura en el último mes, uso de aire acondicionado y calefacción, frecuencia de ventilación, consumo de tabaco en la vivienda, uso de productos de limpieza y frecuencia de limpieza.

8. Análisis geoespacial de la distribución de concentraciones de BTEX

Las concentraciones de BTEX en el exterior de las viviendas y colegios en las tres zonas de estudio se representaron en mapas con objeto de identificar su distribución espacial. Para caracterizar mejor la distribución espacial de las concentraciones de BTEX se utilizó un distribución geométrica de los rangos de concentración, lo cual permite identificar diferentes conglomerados incluso con diferencias pequeñas de concentración de BTEX entre ellos. Debido a ello los mapas permiten comparar las concentraciones en exteriores de las diferentes zonas de estudio para cada campaña de manera independiente.

En los mapas se pone de nuevo de manifiesto las diferencias entre las concentraciones de BTEX en exteriores de Puente Mayorga con respecto a Guadacorte-Cortijillos y Tarifa (anexo VIII)

9. Variables Meteorológicas

En las figuras 21 y 22 se muestra un resumen de las condiciones meteorológicas durante los dos periodos de muestreo de los captadores difusivos.

Figura 21.- Condiciones meteorológicas durante el período de muestreo de la campaña de verano.

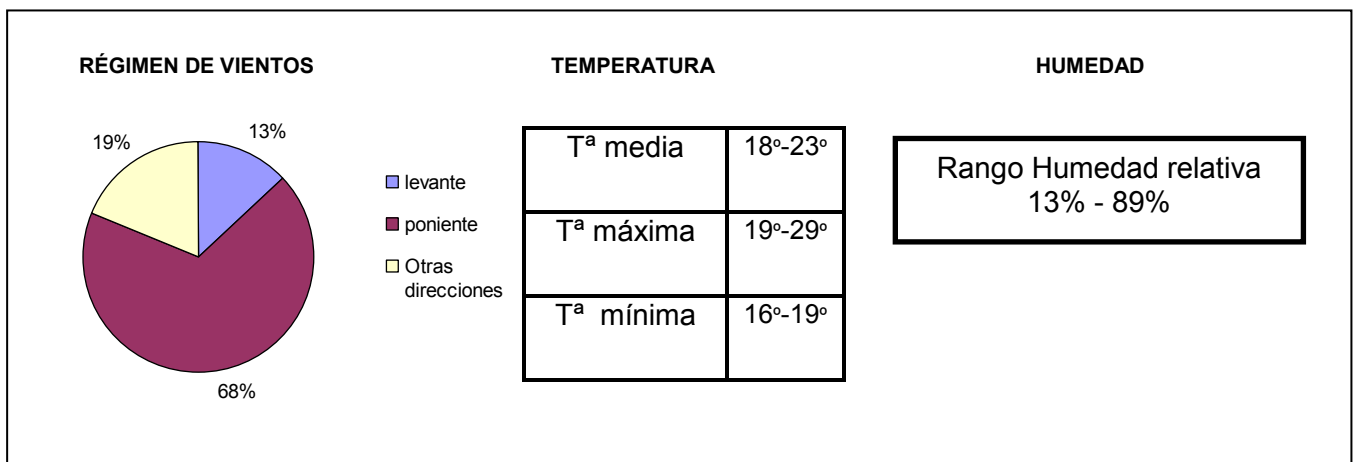
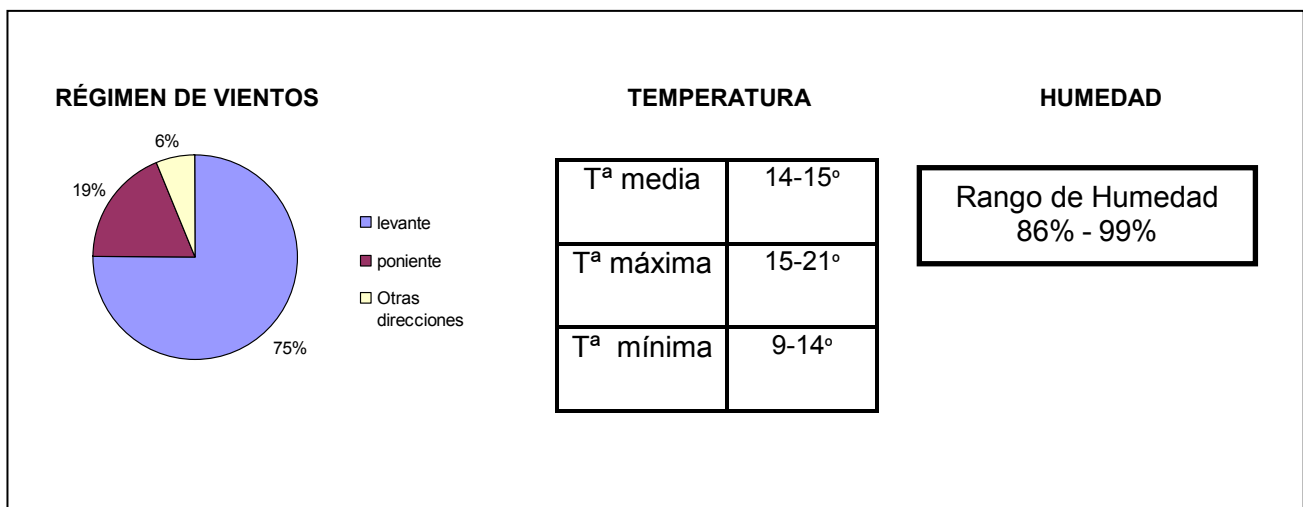


Figura 22.- Condiciones meteorológicas durante el período de muestreo de la campaña de invierno



Discusión

Este estudio fue diseñado para evaluar el impacto de la industria petroquímica del Campo de Gibraltar en las concentraciones de BTEX en diferentes microambientes exteriores e interiores donde la población infantil pasa habitualmente la mayor parte del tiempo, para, en base a ello, estimar la exposición personal de una muestra de niños/as que residen en Puente Mayorga y Guadacorte-Cortijillos, comparando los resultados con una zona control (Tarifa) no expuesta a las inmisiones de la industria.

Los compuestos orgánicos volátiles analizados en este estudio, benceno, tolueno, etilbenceno, m/o-xileno y o-xileno, se pueden encontrar tanto en ambientes interiores como en exteriores. Por lo que se obtuvieron muestras concurrentes de estos compuestos tanto en interiores como en exteriores de las escuelas y las casas de niños/as de 8-12 años residentes en 2 barrios del Campo de Gibraltar y en una zona control durante dos periodos de muestreo (verano e invierno).

Respecto a los niveles de BTEX en exteriores de las viviendas de los/as niños/as participantes se observó durante el periodo de estudio un claro patrón caracterizado por altas concentraciones en Puente Mayorga de todos los compuestos frente a concentraciones menores en las zona de Guadacorte-Cortijillos y Tarifa, con la excepción de que durante el periodo de invierno Guadacorte-Cortijillos presentó niveles ligeramente superiores a Puente Mayorga de o-xileno y tolueno.

Si bien es cierto que las concentraciones de benceno en exteriores de las viviendas y los colegios, en ninguna de las zonas de estudio superaron el límite de los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ marcado por la Directiva Europea de Calidad del Aire (2000/69/CE) para el 2010, es importante señalar que los resultados de los modelos GEE ajustados por intensidad de tráfico vehicular mostraron una razón de concentraciones para los BTEX en exteriores de Puente Mayorga significativamente superiores a las observadas en las otras zonas de estudio, con niveles casi tres veces superiores a los de Tarifa, lo cual indica la importante contribución de la industria en los niveles de BTEX en exteriores de Puente Mayorga. Por otra parte también es importante señalar que un 10 % de las mediciones de benceno realizadas en el exterior de las viviendas de Puente Mayorga

durante el periodo de verano fueron superiores a los 4 µg/m³. Este mismo patrón de niveles de BTEX en exteriores se observó en el conjunto de medidas realizadas en el exterior de los centros educativos, tanto en el muestreo de verano como en el invierno, excepto para el tolueno cuya concentración promedio fue superior en Tarifa en la campaña de invierno.

Esta misma tendencia de concentraciones de BTEX superiores en Puente Mayorga comparado con otros municipios del Campo de Gibraltar se ha venido observando durante los últimos años como se muestran los resultados de las campañas de difusores pasivos realizadas por EGMASA desde enero del 2005 hasta octubre del 2007 (ver anexo IX), donde se puede observar que las concentraciones de cada uno de estos compuestos se mantiene más o menos constante a lo largo del tiempo.

Por lo tanto la población de Puente Mayorga se encuentra crónicamente expuesta a carcinógenos como el benceno, que aunque se encuentre a concentraciones por debajo de los límites fijados por la directiva europea, no se puede establecer un umbral de exposición seguro o de no efecto, a partir del cual se observen efectos en salud (EPAQS, 1994; *Directiva 2000/69 /CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente*; Duarte-Davidson et al, 2001; Glass et al, 2003).

Al comparar la concentración promedio anual de benceno en exteriores de la zona de estudio con los niveles de fondo urbano y suburbano de este mismo compuesto medidos en las diferentes capitales andaluzas en el 2006 (EGMASA, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía; comunicación personal) (ver tabla 26 y figura 23), se puede apreciar que en el 50% de las mediciones en el exterior de las casas de Puente Mayorga se observaron concentraciones que duplicaron los niveles de fondo urbano y suburbano de las capitales andaluzas, mientras que en Guadacorte-Cortijillos y Tarifa la mediana de los niveles promedio anuales fueron muy similares a los niveles de fondo de estas ciudades (tabla 26, figura 23). Este hecho vuelve a mostrar la importante contribución de la industria en las concentraciones de benceno en exteriores de Puente Mayorga, lo cual se vio incrementado durante el periodo de verano por el predominio de vientos de poniente, al igual que mostraron los resultados del informe presentado por el CSIC en el 2006 sobre el diagnóstico de la situación ambiental del entorno del Campo de Gibraltar (CSIC, 2006). Lo anterior refuerza la necesidad de tomar acciones en Puente Mayorga que a pesar de ser un barrio de 1649 habitantes (de acuerdo al censo del 2001) su población esta expuesta a

concentraciones de benceno superiores a las de poblaciones de más de 600.000 habitantes como Sevilla.

Tabla 26.- Comparativa de concentraciones de fondo urbano y suburbano de benceno en capitales andaluzas (EGMASA 2006) y concentraciones observadas en las campañas de verano e invierno en las zonas de Puente Mayorga, Guadacorte-Cortijillos y Tarifa.

Provincia	Nombre estación	Tipo de zona	Fuente	Concentraciones de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
				Media	Percentil 75	Percentil 25
Almería	El Boticario	Suburbana	Fondo	0,57	0,91	0,27
Cádiz	Avda. Marconi	Urbana	Tráfico ¹	0,83	1,04	0,57
Córdoba	Asomadilla	Suburbana	Fondo	0,63	0,84	0,37
Córdoba	Lepanto	Urbana	Fondo	0,88	1,18	0,59
Granada	Campus Cartuja	Suburbana	Fondo	0,82	1,17	0,46
Granada	Paseos universitarios	Urbana	Fondo	0,84	1,00	0,63
Huelva	Campus El Carmen	Urbana	Fondo	1,13	1,13	0,46
Jaén	Ronda del Valle	Urbana	Fondo	0,94	1,10	0,64
Málaga	Carranque	Urbana	Fondo	1,09	1,48	0,64
Málaga	El Atabal	Suburbana	Fondo	0,90	0,97	0,65
Sevilla	Centro	Urbana	Fondo	0,93	1,19	0,70
Sevilla	Príncipes	Urbana	Fondo	0,89	1,16	0,61
Sevilla	Santa Clara	Suburbana	Fondo	1,03	1,31	0,62
Sevilla	Bermejales	Urbana	Fondo	1,00	1,34	0,59
Puente Mayorga ²				3,35	3,45	2,29
Guadacorte-Cortijillos ²				0,60	0,83	0,42
Tarifa ²				0,66	0,81	0,41
Puente Mayorga ³				1,90	2,30	1,60
Guadacorte-Cortijillos ³				1,92	2,31	1,56
Tarifa ³				1,14	1,24	0,82
Puente Mayorga ⁴				2,30	1,80	3,00
Guadacorte-Cortijillos ⁴				1,00	0,80	2,00
Tarifa ⁴				0,80	0,60	1,10

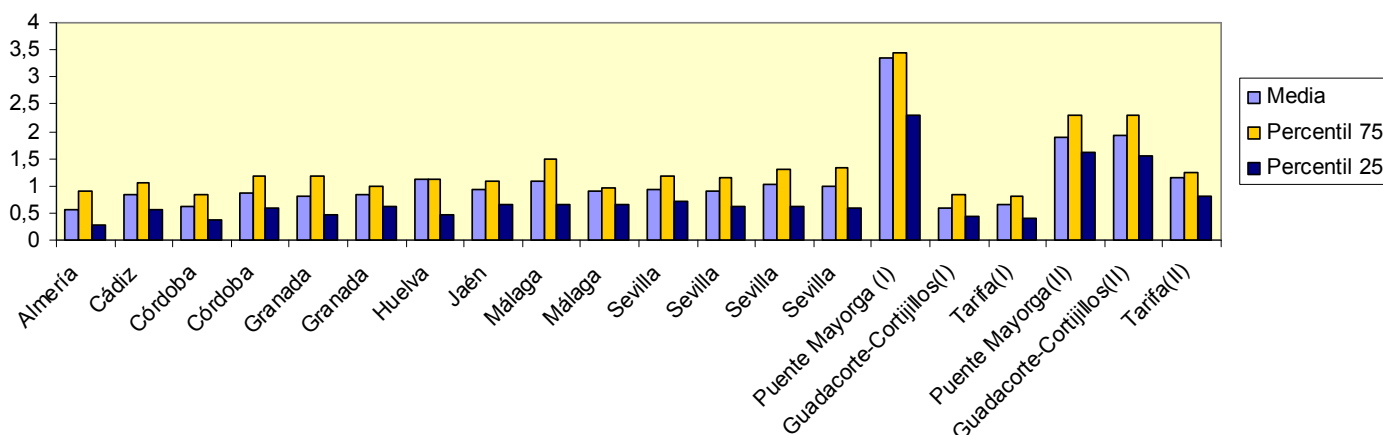
1 Para la ciudad de Cádiz la información de los niveles de BTEX procede sólo de una estación de zona de tráfico y no de fondo urbano.

2 Valores correspondientes a la campaña de verano 2007 del presente estudio

3 Valores correspondientes a la campaña de invierno 2008 del presente estudio

4 Valores correspondientes a la concentración promedio anual

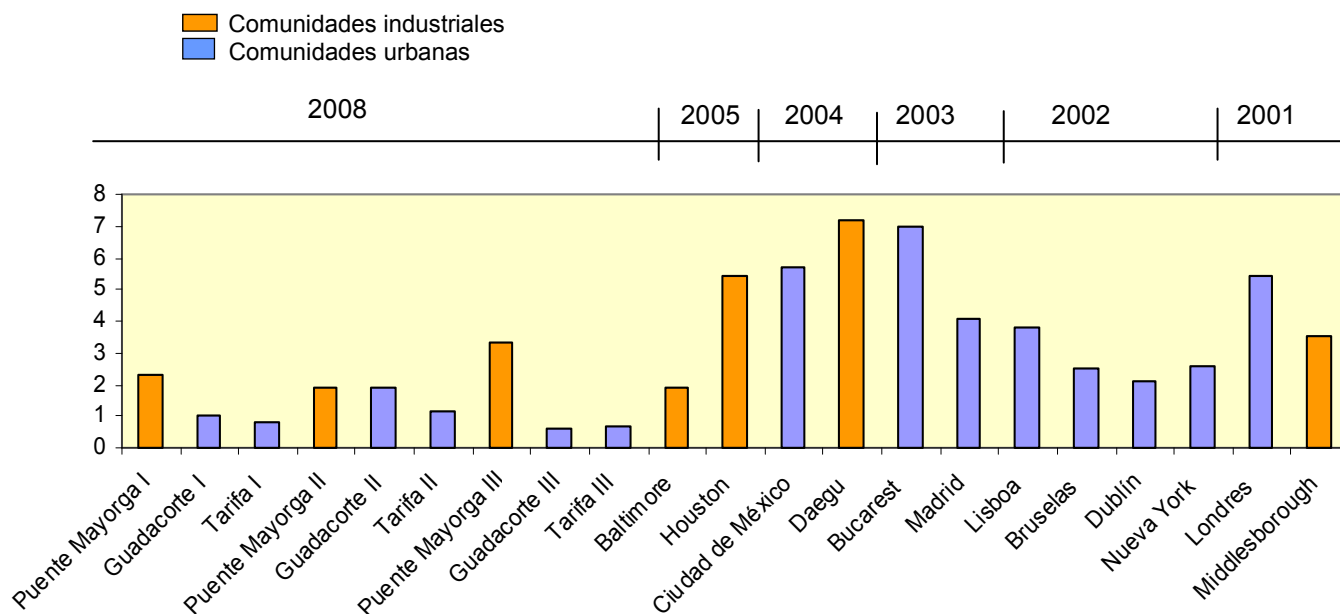
Figura 23.- Comparación de los niveles de fondo de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en capitales andaluzas y niveles de benceno observados en las campañas de verano (I) e invierno (II) en las zonas de Puente Mayorga, Guadacorte-Cortijillos y Tarifa.



Si comparamos los niveles de benceno de Puente Mayorga durante el periodo de verano, en el que hubo un predominio de vientos de poniente, con las concentraciones registradas en grandes ciudades con elevado tráfico vehicular como Madrid (People Project, 2005), Bucarest (People Project, 2005), Londres (Duarte-Davidson y cols., 2001), Ciudad de México (Serrano-Trespacios y cols., 2004) observamos que los niveles en Puente Mayorga son inferiores, aunque superiores a la media anual registrado en Nueva York (Kinney y cols., 2002), Bruselas y Dublín, y similares a otras grandes capitales como Lisboa y Liubliana (figura 24). Hay que señalar que los niveles observados el día que se realizó la campaña de captadores del proyecto People en Madrid el nivel de benceno se correspondía con el percentil 90 de concentraciones de benceno con respecto al último año de medidas de la red de vigilancia atmosférica continua en Madrid.

Los niveles de benceno en exteriores registrados en Puente Mayorga son superiores a los observados en un estudio similar realizado en una comunidad afectada por las inmisiones industriales en Baltimore (Buckley y cols., 2005), similares a los de Middlesborough (Duarte-Davidson y cols., 2001) e inferiores a los observados en otros entornos industriales como Daegu (Wan-Kuen y cols., 2004), Houston (EPA Air Data Report, 2005).

Figura 24.- Comparación de las concentraciones medias de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en exteriores de diferentes ciudades urbanas e industriales



2008: Concentración promedio anual en el Campo de Gibraltar (I); Campaña de invierno en el Campo de Gibraltar (I)

2007: Campaña de verano en el Campo de Gibraltar

2005: Buckley y cols. (Baltimore); EPA Air Report (Houston)

2004: Serrano-Trespalacios y cols. (Ciudad de México). Wan-Kuen J. (Daegu)

2003: People Project (Bucarest, Madrid)

2002: People Project (Lisboa, Bruselas, Dublín) Kinney y cols. (Nueva York).

2001: Duarte-Davidson y cols. (Londres y Middlesborough)

En cuanto a las concentraciones en exteriores del resto de compuestos analizados hay que decir que para el caso de la concentración promedio anual de tolueno el valor de Puente Mayorga es similar al de las mediciones de fondo urbano de Córdoba y Granada e inferior a los observados en Huelva, Málaga (estación de Carranque) y Sevilla (excepto para la estación de Bermejales). Para este mismo compuesto las concentraciones promedio anual en Guadacorte-Cortijillos y Tarifa fueron inferiores a las del resto de capitales andaluzas (ver tabla 27).

Para el etilbenceno, la concentración promedio anual observada en Puente Mayorga fue similar a los niveles de fondo urbano registrados en Córdoba y Malaga e inferior a los de Huelva y Sevilla (estaciones Centro y Santa Clara) (Tabla 27)

En el caso del m/p-xileno, la concentración promedio anual observada en el exterior de las viviendas de Puente Mayorga superó los niveles de fondo del resto de capitales andaluzas, salvo los de Huelva. Por último en el caso del o-xileno el nivel promedio anual en exteriores de Puente Mayorga fue similar a los niveles medios de fondo urbano y suburbano de Málaga (estación Carranque) y Sevilla (estaciones Centro) e inferior a los observados en Huelva (tabla 27).

Tabla 27.- Comparativa de concentraciones medias anuales de fondo urbano y suburbano de tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en capitales andaluzas (EGMASA 2006) y concentraciones promedio anual de Puente Mayorga, Guadacorte-Cortijillos y Tarifa.

Municipio	Tipo Zona	Estación	COMPUESTO			
			Tolueno	Eilbenceno	m/p-xileno	o-xileno
Almería	Suburbana	El Boticario	1,13	0,89	0,79	0,30
Córdoba	Suburbana	Asomadilla	2,69	2,13	2,30	0,81
Córdoba	Urbana	Lepanto	5,04	1,78	3,72	1,30
Granada	Suburbana	Campus de Cartuja	2,87	0,89	2,02	0,75
Granada	Urbana	Paseos Universitarios	4,10	1,09	2,57	0,91
Huelva	Urbana	Campus el Carmen	10,04	86,96	6,01	3,52
Jaén	Urbana	Ronda del Valle	3,42	1,58	3,67	1,37
Málaga	Urbana	Carranque	6,07	1,71	4,36	1,64
Málaga	Suburbana	El Atabal	3,52	1,11	2,75	1,10
Sevilla	Urbana	Centro	6,54	8,21	3,71	1,68
Sevilla	Urbana	Príncipes	5,73	1,80	3,02	1,15
Sevilla	Suburbana	Santa Clara	6,67	2,65	4,11	1,58
Sevilla	Urbana	Bermejales	3,98	1,55	3,19	1,08
Puente Mayorga	-	-	4,80	2,00	5,40	1,70
Guadacorte-Cortijillos	-	-	2,20	1,00	2,10	0,80
Tarifa	-	-	1,60	0,80	1,40	0,50

En cuanto a las concentraciones de BTEX en los interiores de las viviendas se repite el mismo patrón observado con las concentraciones exteriores, es decir, concentraciones significativamente más altas de todos los compuestos en Puente Mayorga con respecto a las otras dos zonas de estudio, tanto en la campaña de verano como en la de invierno, alcanzándose para este último periodo niveles de benceno superiores a los $15,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un 10% de las viviendas muestreadas. Asimismo, en invierno, las concentraciones de benceno y tolueno en el interior de las viviendas de Guadacorte-Cortijillos fueron significativamente mayores a las de la campaña de verano, probablemente debido al predominio de los vientos de levante durante dicho periodo que favoreció el desplazamiento de las emisiones industriales hacia Guadacorte-Cortijillos, observándose en esta zona concentraciones de benceno y tolueno (en exteriores e interiores de las viviendas) significativamente mayores con respecto al periodo de verano con predominio de vientos de poniente, lo cual favoreció concentraciones más altas en Puente Mayorga. A pesar de ello, la concentración

promedio anual de benceno en el interior de las viviendas de Puente Mayorga duplicó las de Guadacorte-Cortijos y Tarifa.

Los niveles en interiores fueron mayores a los de exteriores para todos los compuestos en las tres zonas de estudio. Esta tendencia viene a reproducir los resultados obtenidos en otros estudios como los realizados en la Ciudad de México (Serrano-Trespacios y cols., 2004), Madrid (People Project, 2005), Salónica o Catania (Kotzias y cols., 2005), Minneapolis (Adgate, 2004), donde las concentraciones en ambientes interiores superaron las de exteriores.

Comparado con las concentraciones en interiores de las casas y colegios reportado en cada una de las ciudades que participaron el proyecto People (2005), las concentraciones de benceno en el interior de las viviendas de Puente Mayorga, también con predominio de vientos de poniente, fueron similares a las concentraciones en ambientes interiores de Lisboa, superiores a las de Liubliana y Dublín e inferiores a las de Bruselas, Bucarest y Madrid. Hay que tener presente el hecho de que en el Proyecto People las mediciones se realizaron en viviendas de no fumadores (excepto Bruselas), mientras que en Puente Mayorga se incluyeron en el muestreo viviendas de fumadores y no fumadores, aunque en el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre las concentraciones interiores de benceno entre las casas de fumadores y no fumadores ($p > 0,80$) quizás debido al pequeño tamaño de la muestra. Por último, para los interiores de los colegios, las concentraciones medias de Puente Mayorga en condiciones de predominio de vientos de poniente, fueron similares a las de Lisboa (People Project, 2005), más altas que las de Liubliana, Dublín (People Project, 2005) y Minneapolis (Adgate y cols 2004) y más bajas que las registradas en Bruselas, Bucarest y Madrid (People Project, 2005) (tabla 28 y figura 24).

Tabla 28.- Comparación de las concentraciones de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Puente Mayorga, Guadacorte-Cortijillos y Tarifa para los periodos de verano e invierno con otras ciudades europeas y de EEUU.

Ciudad	Año	Exteriores			Interiores	
		Mediana	Máximo	Mínimo	Viviendas ¹ Mediana	Colegios Mediana
Bruselas ³	2002	2,5	6,2	1,5	6,3 ²	1,6
Lisboa ³	2002	3,8	7,9	1,8	3,5	4,2
Bucarest ³	2003	7,1	14,1	4,7	7,9	4,6
Liubliana ³	2003	3,1	5,4	1,3	2,2	2,5
Madrid ³	2003	4,5	15,0	0,9	5,3	6,0
Dublín ³	2004	1,1	2,0	0,5	1,6	1,5
Minneapolis ⁴	2004	1,3 ⁷	0,4 ⁷	2,2	2,2	0,6
Puente Mayorga ⁵	2007	3,0	10,8	1,3	4,4	3,0
Guadacorte-Cortijillos ⁵	2007	0,6	1,1	0,2	2,1	1,0
Tarifa ⁵	2007	0,7	1,0	0,3	1,2	0,6
Puente Mayorga ⁶	2008	1,8	2,9	1,3	3,3	2,3
Guadacorte-Cortijillos ⁶	2008	1,4	3,8	0,7	0,6	1,7
Tarifa ⁶	2008	1,0	3,2	0,7	0,7	1,7

¹ Concentraciones medias de benceno en viviendas de no fumadores

² Concentraciones medias de benceno en viviendas de fumadores y no fumadores

³ People Project. Methodological Strategy and Basic Results. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability. EUR 21810 EN. 2005

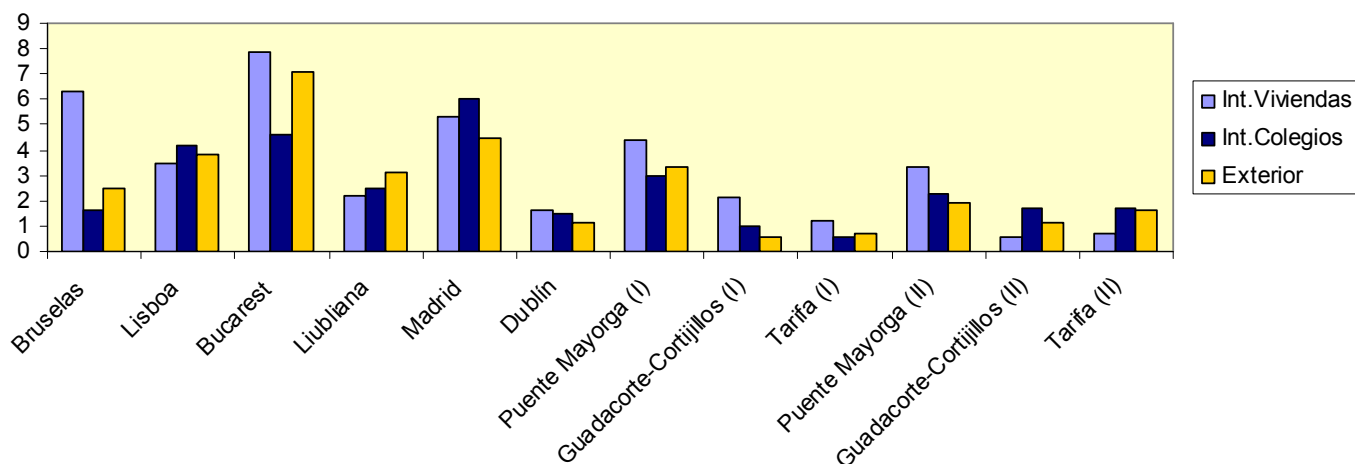
⁴ Adgate JL, Chuch TR, Ryan AD et al. Outdoor, indoor and personal exposure to VOC's in children. Environ Health Perspect; 2004; 112:1386-92.

⁵ Niveles correspondientes a la campaña de verano 2007 del presente estudio

⁶ Niveles correspondientes a la campaña de invierno 2008 del presente estudio

⁷ Los máximos y mínimos corresponden a los valores del percentil 10 y 90

Figura 25.- Concentraciones de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en ambientes interiores y exteriores en ciudades europeas participantes en el Proyecto People y en Puente Mayorga, Guadacorte-Cortijillos y Tarifa para los periodos de verano (I) e invierno (II)



De acuerdo a la información obtenida a través del diario de tiempo-actividad, el tiempo empleado por los/as niños/as en ambientes interiores (vivienda y colegio) fue del 70 % lo cual pone de manifiesto la influencia de los ambientes interiores sobre la exposición personal del individuo a BTEX, ya que se combinan dos factores determinantes como son la gran cantidad de tiempo que los niños/as pasan en el interior de las viviendas y

niveles más altos de BTEX en el interior de las mismas. En muchos casos, el consumo de tabaco (Adgate y cols., 2004), el uso de determinados productos de limpieza o pinturas (ATSDR, 2000), las características de la vivienda (garaje adosado, sistemas de ventilación y climatización) (Batterman y cols., 2007) y la proximidad a zonas industriales (Buckley y cols., 2005) o grandes vías de tráfico (Serrano-Trespalacios y cols., 2004) son importantes predictores de las concentraciones en interiores.

La concentración promedio anual de exposición personal a benceno fue significativamente mayor en Puente Mayorga, estimándose que en torno al 8% de la población infantil de esta zona está expuesta a lo largo del año a concentraciones superiores a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para evaluar la contribución de la industria a los niveles personales de BTEX construimos modelos GEE de exposición personal ajustados por fuentes de exposición en interiores y por intensidad de tráfico vehicular, los cuales muestran razones de concentraciones a nivel personal significativamente mayores para todos los compuestos en Puente Mayorga con respecto a Tarifa. Por otra parte no se observaron diferencias entre las razones de concentraciones de Guadacorte-Cortijillos y Tarifa. Todo lo anterior vuelve a indicar la importante contribución de la industria en la exposición personal a BTEX en Puente Mayorga.

Además de la proximidad a la industria como predictor de la exposición a BTEX se observó la influencia del consumo de tabaco en la vivienda. Según los modelos GEE ajustados los niveles interiores de benceno fueron un 30% superior en las viviendas de fumadores, mientras que los niveles personales se incrementaron en un 19% con respecto a las viviendas de no fumadores. Estos resultados son similares a los encontrados en estudios previos (Loh et al., 2006, Adgate y cols., 2004, Wallace et al., 1989).

El principal interés de la estimación de exposiciones personales radica en las posibles repercusiones sobre la salud de la población de una exposición ambiental prolongada a estas concentraciones de BTEX. La duda de si los efectos en salud descritos para las exposiciones ocupacionales a BTEX son extrapolables a las exposiciones ambientales continuas a niveles más bajos es la base de gran parte de los estudios llevados a cabo hasta el momento, los cuales sugieren una posible asociación entre efectos sobre la salud respiratoria infantil y exposición a Compuestos Orgánicos Volátiles, entre ellos BTEX. Delfino y cols., 2003 asociaron episodios de asma en niños asmáticos con incrementos de los niveles de BTEX en exteriores (niveles medios para el benceno $5,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tolueno: $26,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$; m/p-xileno: $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; o-

xileno: 4,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hirsch y cols., 1999 también aportaron conclusiones análogas, ya que observaron un aumento de la prevalencia de diagnóstico médico de asma y bronquitis, así como de casos con tos al despertar en niños para incrementos de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de benceno, en el rango de concentraciones de 3-4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aunque los resultados hasta el momento no son del todo concluyentes pueden aportar información acerca de las posibles asociaciones entre la exposición continua a BTEX y efectos en salud infantil. No obstante, es difícil probar los efectos en salud ligados a la exposición a un único compuesto, ya que en la mayoría de casos la población se encuentra expuesta simultáneamente a mezclas de compuestos de distinta naturaleza. Algunos estudios han demostrado la influencia de otros compuestos sobre el proceso de biotransformación del benceno, ya sea induciendo o inhibiendo alguna de las rutas de detoxificación del benceno. Estudios toxicológicos en ratas expuestas a benceno y tolueno observaron una inhibición del mecanismo de biotransformación del benceno en fenol debido a la influencia del tolueno (Inoue et al. 1988)

La medición de la exposición personal a BTEX es un elemento clave en la mejora de la estimación del posible efecto relacionado con la contaminación atmosférica. La mayoría de los estudios epidemiológicos existentes han evaluado dicha exposición de manera aproximada, a través de la información proveniente de las redes de control de la contaminación atmosférica o bien de la distancia a vías de tráfico intenso. Sin embargo, la simple asignación de dicha medida podría ser poco representativa de las diferencias en las exposiciones personales de los participantes en un estudio a lo largo del tiempo. Una de las fortalezas de este estudio es la estimación de la exposición de los niños/as a BTEX de manera individual.

Una de las limitaciones del presente estudio es debida a la baja participación de los niños/as, incluso en Puente Mayorga donde se esperaba una participación mayor, a pesar de que se realizó un importante esfuerzo para evitarlo, realizando varias reuniones informativas con los padres y madres de los/as alumnos/as con el propósito de captar al mayor número de participantes y evitar un posible sesgo de selección que pudiera conducir a una sobreestimación de la exposición en la población aledaña a la industria petroquímica, por una posible autoselección asociada con la exposición. Para poder evaluar este potencial sesgo de selección se aplicó un breve cuestionario a los padres, madres o tutores de los niños no participantes obteniendo información sobre características sociodemográficas y percepción del estado de salud de los

hijos/as, para comprobar si hay diferencias con la población participante en relación a estas variables de interés. No observándose diferencia en cuanto a la edad, el sexo ni la percepción del estado de salud de los niños ya que más del 90% de los participantes y no participantes percibía un buen estado de salud de sus hijos.

Conclusiones

1. Los resultados de las mediciones de benceno en exteriores de las viviendas en ambas campañas (verano e invierno) no superaron en ninguna de las zonas de estudio el límite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración media anual marcado por la Directiva Europea de Calidad del Aire previsto para 2010.
2. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la mediana de la concentración anual, siendo mayor en el exterior de las viviendas de Puente Mayorga para la totalidad de los compuestos analizados (benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-Xileno y o-Xileno), sin embargo en interiores estas diferencias sólo fueron estadísticamente significativas para el caso del benceno y tolueno.
3. En el 50% de las mediciones en el exterior de las casas de Puente Mayorga, el nivel promedio anual de benceno duplicó los niveles de fondo urbano y suburbano de las capitales andaluzas, mientras que en Guadacorte-Cortijillos y Tarifa la mediana de los niveles promedio anuales de este compuesto fueron muy similares a los niveles de fondo de estas ciudades.
4. En el exterior de los centros educativos, las concentraciones de benceno también fueron superiores en Puente Mayorga, tanto en la campaña de verano como en la de invierno.
5. Se observó la influencia del régimen de vientos en los niveles de BTEX en el exterior e interior de las viviendas y colegios de la zona de estudio. Los vientos de poniente durante el periodo de verano favorecieron concentraciones más altas en Puente Mayorga, mientras que los vientos de levante durante el periodo de

invierno incrementaron las concentraciones de BTEX en Guadacorte-Cortijillos respecto al periodo de verano.

6. La media anual de exposición personal a BTEX también resultó ser mayor para el caso de Puente Mayorga, siendo las diferencias estadísticamente significativas para el caso del benceno con respecto a las zonas de Guadacorte-Cortijillos y Tarifa.
7. Los modelos estadísticos de exposición personal anual ajustada por fuentes de exposición a BTEX en interiores y por intensidad de tráfico vehicular, es significativamente mayor en Puente Mayorga con respecto a Tarifa y Guadacorte-Cortijillos para todos los compuestos estudiados. Lo que indica contribución de la industria en la exposición personal a BTEX en Puente Mayorga.
1. Las concentraciones de BTEX en interiores fueron mayores a las de exteriores en las tres zonas de estudio. Siendo el consumo de tabaco en la vivienda un importante predictor de exposición a estos compuestos. El tabaco contribuyó de manera independiente con un incremento del 30% en los niveles de benceno en interiores de las casas de los fumadores, y con un 19% en la estimación de la exposición personal de los niños que residen en casa de fumadores.

Recomendaciones

Los resultados presentados en este informe muestran una peor situación de la calidad del aire en Puente Mayorga con respecto a las comunidades vecinas de Guadacorte-Cortijillos y Tarifa durante el periodo comprendido entre junio de 2007 y marzo de 2008, cabe señalar algunas recomendaciones con objeto de mejorar dicha situación:

La principal recomendación debe dirigirse a realizar un control de la industria petroquímica establecida en la zona, así como de otras actividades secundarias

ligadas a ella. En este sentido, deberán realizarse inspecciones periódicas para verificar tanto el correcto funcionamiento de las instalaciones y los procesos industriales como de los sistemas de control de la contaminación existentes. Al mismo tiempo, deberán implantarse en las industrias, en caso de que no lo estuvieran ya, las mejores tecnologías disponibles, con el fin de que los procesos y operaciones desarrollados en ella fueran lo menos contaminantes posible.

Una vez adoptadas las medidas preventivas y correctoras por la industria, se debería evaluar su impacto. Para ello, sería recomendable realizar al menos dos campañas anuales de muestreo (verano e invierno), con una duración de 15 días cada una de ellas, repitiéndose el muestreo durante dos años consecutivos.

No obstante también es recomendable que la población tome algunas medidas para reducir en la medida de lo posible la exposición personal a estos compuestos, de acuerdo a las recomendaciones propuestas por organismos internacionales tales como the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) , USA <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs3.html> y la Organización Mundial de la Salud http://www.euro.who.int/Document/EHI/ENHIS_Factsheet_3_6.pdf

1.- Eliminar el consumo de tabaco en la vivienda, sobre todo si en ellas viven personas sensibles (mujeres embarazadas, niños, personas con cardiopatías o enfermedades respiratorias), al tratarse de grupos de población más sensibles a la acción tóxica de estos compuestos. Asimismo, evitar en la medida de posible que los niños frecuenten ambientes cerrados con altos niveles de humo de tabaco.

2.- Evitar en lo posible que las personas especialmente sensibles (mujeres embarazadas, niños, personas con cardiopatías o enfermedades respiratorias) practiquen deportes, los días en los que se detecten picos de concentraciones elevadas de estos compuestos en exteriores, como son los días con vientos de poniente en Puente Mayorga. Cabe señalar que toda actividad que implique una alta ventilación, provoca un aumento en la cantidad de contaminantes del aire inhalados y por tanto una mayor concentración de estos en el organismo.

3.- Ventilar periódicamente los espacios interiores, particularmente cuando estos se asean. No obstante, se recomienda evitar la ventilación de la vivienda en los días en los que se detecten picos de concentraciones elevadas de estos compuestos en exteriores con objeto de reducir la entrada de contaminación exterior.

4.- Evitar en lo posible el uso en la vivienda de combustibles como leña, carbón y petróleo debido a la generación de compuestos tóxicos durante los procesos de combustión, tales como monóxido de carbono, dioxinas, benceno y otros compuestos orgánicos volátiles, entre otros.

5.- Por último consideramos conveniente recomendar a la administración competente que contemple los resultados de este estudio para la futura planificación urbanística de la zona, así como para la ordenación de los flujos de tráfico vehicular con un enfoque de movilidad sostenible.

Bibliografía

Adgate JL, Chuch TR, Ryan AD et al. Outdoor, indoor and personal exposure to VOC's in children. *Environ Health Perspect*; 2004; 112:1386-92.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Benzene. Atlanta: US Public Health Services; 2007. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.html>.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Toluene. Atlanta: US Public Health Services; 2000. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts56.html>.

Batterman S, Jia C, Hatzivasilis G. Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: a major exposure source. *Environ Res* 2007; 104:224-40.

Buckley TJ, Payne-Sturges D, Kim SR, Weaver V. VOC Exposures in an Industry-Impacted Community. NUATRC Research Report, Number 4. Baltimore: Department of Environmental Health Sciences. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. 2005

Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Diagnóstico de la situación ambiental del entorno del Campo de Gibraltar. Agosto 2006.

Field R.A., Pérez Ballesta P., Baeza Caracena et al. People Project (Population Exposure to Air Pollutants in Europe). Ispra: Joint Research Center. 2005. Report No.: EUR21810 EN.

Delfino R, Gong H, Linn W, Hu Y, and Pellizzari E. Respiratory symptoms and peak expiratory flow in children with asthma in relation to volatile organic compounds in exhaled breath and ambient air. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2003;13:348-63.

Directiva Europea de Calidad del Aire 2000/69 /CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente

Dowty BJ, Laseter JL, Storer J. The transplacental migration and accumulation in blood of volatile organic constituents. *Pediatr Res*. 1976;10:696-701.

Duarte-Davidson R, Courage C, Rushton L. Benzene in the environment: an assessment of the potential risks to the health of the population. *Occup Environ Med*. 2001; 58:2-13.

Expert Panel on Air Quality Standards (EPAQS), Benzene. London: DEFRA; 1994.

Glass DC, Gray CN, Jolley DJ, Gibbons C, Sim MR, Fritschi L, Adams GG, Bisby JA, Manuell R. Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology* 2003;14:569-77

Hinwodd AL, Berko HN, Farrar D, Galbally IE, Weeks IA. Volatile Organic Compounds in selected micro-environments. *Chemosphere* 2006; 63:421-9.

Inoue O, Seiji K, Watanabe T, Kasahara M, Nakatsuka H, Yin SN, Li GL, Cai SX, Jin C, Ikeda M. Mutual metabolic suppression between benzene and toluene in man. *Int Arch Occup Environ Health*. 1988; 60:15-20

International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs. Benzene. Lyon: IARC; 1987

Kinney PL, Chillrud SN, Ramstrom S, Ross J, Spengler JD. Exposures to multiple air toxics in New York City. *Environ Health Perspect*. 2002; 110:539-4.

Kotzias D, Geiss O, Tirendi S. Evaluation of total human exposure: benzene and formaldehyde in the European Countries. *Epidemiol e Prevenzione*. 2005; 29:17-21.

Loh MM, Houseman EA, Gray GM, Levy JI, Spengler JD, Bennett DH. Measured concentrations of VOCs in several non-residential microenvironments in the United States. *Environ Sci Technol*. 2006 Nov 15;40:6903-11

National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH) Pocket Guide to Chemical Hazards (Benzene). 2005. <http://www.cdc.gov/Niosh/npg/npgd0049.html>

National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards (Toluene). 2005. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0619.html>

National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards (Xylenes). 2005. <http://ndep.nv.gov/bca/duty%20officer/Niosh/npgd0670.html>

National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards (Ethylbenzene). 2005. <http://ndep.nv.gov/bca/duty%20officer/Niosh/npgd0264.html>

Rumchev K, Spickett J, Bulsara M, Phillips M, Stick S. Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax*. 2004;59:729-30.

Serrano-Trespalacios PI, Ryan L, Spengler JD. Ambient, indoor and personal exposure relationships of volatile organic compounds in Mexico City Metropolitan Area. *J Exp Environ Epidemiol* 2004; 14, S118-S132.

Thomson A, Shields M.D, Patterson C. Acute asthma exacerbations and air pollutants in children living in Belfast. *Arch Environ Health*; 2001; 56: 234-241.

Ulrike D, Kroebner T, Rehwagen M, Richter M. Effects of indoor painting and smoking on airway symptoms in atopy risk children in the first year of life. *Int. J. Hyg. Environ. Health*; 2000; 203: 23-28

US Environmental Protection Agency. Houston Air Data Report. 2005, <http://www.epa.gov/air/data/reports.html>

US Environmental Protection Agency. Consumer Fact Sheet on Benzene. 2006. <http://www.epa.gov/safewater/dwh/c-voc/benzene.html>.

US Environmental Protection Agency. Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. EPA/600/P-97/001F April 1998.

Vieira I, Sonnier M, Cresteil T. Developmental expression of CYP2E1 in the human liver. Hypermethylation control of gene expression during the neonatal period. *Eur J Biochem.* 1996; 1;238:476-83.

Wallace LA. Major sources of benzene exposure. *Environ Health Perspect.* 1989 Jul;82:165-9.

Wallace LA. The exposure of the general population to benzene. *Cell Biol Toxicol.* 1989; 5:297-314.

Wan-Kuen J, Lee JW, Shin DC. Exposure to volatile organic compounds in residences adjacent to dyeing industrial complex. *Int Arch Occup Environ Health.* 2004; 77:113-20.

World Health Organisation (WHO). Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality. Bonn: WHO Regional Office for Europe ;2006.

www.euro.who.int/document/AIQ/IAQ_mtgrep_Bonn_Oct06.pdf

World Health Organisation (WHO). Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No. 23, 2nd edition, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2000

Anexos