

INFORME SOBRE LOS EFECTOS EN LA SALUD ASOCIADOS AL PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CUEVAS DEL ALMANZORA**1. INTRODUCCION****a) *Objetivo del informe.-***

El objetivo del presente informe será valorar los efectos sobre la salud derivados de la implantación del Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Cuevas del Almanzora, en la provincia de Almería, tanto los efectos de la reducción de la contaminación como de los producidos por la aplicación de las medidas contenidas en el Plan.

b) *Breve descripción del área.-*

El plan que se está informando es de aplicación al municipio de Cuevas del Almanzora, que cuenta con una población total de 12.596 habitantes según datos del padrón de 2008 publicados por el Instituto de Estadística de Andalucía (IEA) y ocupa una superficie de 263,4 km² [IEA, 2003].

El auge de la economía de Cuevas del Almanzora, se produjo a mediados del siglo XIX, con la explotación de los recursos mineros de la Sierra de la Almagrera, la cual está formada por pizarra, atravesada por filones donde el mineral más destacado es la galena o sulfuro de plomo. El problema surgió cuando la mina se inundó por filtración de aguas del río y se paralizó su actividad. La solución fue instalar máquinas de vapor, para la desecación de la mina y desagües, pero esto no mejoró la situación, aunque sí contribuyó a la aparición del tren como ayuda para esta industria. Actualmente, la economía se centra en el turismo, la ganadería industrial de orientación porcina y en la agricultura de regadío. Esta última es posible, gracias a la aportación de agua de un embalse construido en el río Almanzora, que permite controlar el agua en el río.

Las principales industrias ubicadas en la zona son producción de energía eléctrica y química.

En lo que respecta al clima, la zona de Cuevas del Almanzora se integra en su totalidad dentro de la zona climática “Almería”. Las características generales de esta zona se corresponden al clima mediterráneo subdesértico, el cual se caracteriza por la escasez de precipitaciones, siendo inferiores a 200mm y en episodios muy reducidos e intensos, lo cual la hace el área más seca de toda Europa.

c) *Origen de las actuaciones.-*

Los datos registrados en diferentes estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire ponen de manifiesto elevados niveles de partículas menores de diez micras (PM₁₀). En concreto, se observa que en esta zona se ha superado el valor límite diario para la protección de la salud humana (50 µg/m³, que no puede superarse



en más de 35 ocasiones por año) un número de veces mayor de las que marca como máximo la norma.

Con objeto de mejorar la situación, la Consejería de Medio Ambiente, en coordinación con el resto de Administraciones competentes, ha elaborado un Plan de Mejora de la Calidad del Aire. En el mismo se estudian las posibles causas de las superaciones y se establecen las medidas adecuadas para reducir los niveles de partículas en el aire ambiente a los legalmente establecidos. A partir de los análisis de regresión realizados con las estaciones de la Red de Vigilancia en Andalucía, en función del tipo de estación, el valor medio anual considerado de seguridad para evitar superaciones diarias se sitúa en $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que el objetivo de reducción del Plan de Mejora se ha fijado en esa cantidad.

Dentro de las actuaciones previstas en la normativa para la elaboración de los planes de mejora de la calidad del aire, es obligatoria [Decreto 239/2011, de 12 de julio] la redacción de un informe vinculante de la Consejería con competencias en materia de salud que refleje el impacto que se produce sobre la salud de la población como consecuencia del estado ambiental de la zona.

Como en este caso este informe no se ha solicitado con anterioridad a la formulación del plan, sino “a posteriori”, se va a modificar el enfoque del informe sanitario y se sustituirá por una evaluación del plan desde el punto de vista de la salud pública. Esta actuación recoge uno de los posibles enfoques previstos en las guías internacionales editadas para la evaluación de actividades con repercusión en la salud. [ATDSR, 2005].

La evaluación del plan “a posteriori” conlleva la identificación, evaluación y cuantificación en la medida de lo posible de los diferentes impactos que tienen las medidas presentes en los planes sectoriales sobre la salud de la población en su conjunto y sobre las diferencias en salud que existen entre diversos colectivos.

En el caso que nos ocupa se produce un hecho muy significativo como es el que dicho plan tiene como objetivo prioritario la protección de la salud a través de medidas de reducción de la contaminación. Así, aunque se trata de un plan de medio ambiente, la práctica totalidad de sus objetivos se concentran en la protección de la salud.

d) Breve descripción del proceso de evaluación del riesgo.-

La evaluación de riesgos sobre la salud es una de las tres fases que componen el análisis del riesgo, junto con la gestión del riesgo y la comunicación del riesgo. De acuerdo a las definiciones aceptadas internacionalmente [IPCS, 2004], la evaluación del riesgo es un procedimiento estandarizado y basado en evidencias científicas que comprende cuatro fases: identificación del peligro, caracterización del peligro, evaluación de la exposición y caracterización del riesgo.

En los siguientes apartados se realizará una evaluación del riesgo al que están sometidas las personas que habitan en la zona objeto del estudio teniendo en cuenta el estado de partida ambiental, el estado al que se llegará con la aplicación de las medidas previstas en el plan y el estado al que podría llegarse si se redujesen aún más los niveles de contaminación mediante medidas adicionales. De esta forma, se podrá evaluar el



impacto que sobre la salud poseen las medidas adoptadas y el que podría conseguirse si se tomasen otras medidas extraordinarias de protección de la salud. Todo ello, sin perjuicio del análisis posterior de otros impactos indirectos sobre la salud de la población que estén asociados a las medidas.



2. EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

2.1. IDENTIFICACION DEL PELIGRO

Como parte de las actuaciones de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire en Andalucía (en adelante RVCAA), la Consejería de Medio Ambiente cuenta con dos estaciones de medida fijas en Cuevas del Almanzora, una que da servicio a un área rural y otra suburbana. Aunque el tipo de mediciones que realizan es distinto de unas estaciones a otras, en general se han realizado campañas de mediciones anuales para los años 2003 a 2010 de los siguientes contaminantes:

TOPOLOGIA DE LAS ESTACIONES														
ESTACIÓN	MUNICIPIO	SO ₂	CO	O ₃	NO	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	TOL	BCN	PXY	EBCN	METEO.
Palomares	Cuevas A.	o			o	o	o	o						
Villaricos	Cuevas A.	o			o	o	o	o						o

Cuadro 1: Topología de las estaciones y contaminantes medidos.

La Unidad Móvil de Calidad del Aire (UMI), presta apoyo a la RVCCAA, ya que permite controlar zonas donde no hay unidad de medición fijas o que están alejadas de núcleos urbanos, así como responder a denuncias formuladas por los ciudadanos. En 2006 se realizó una campaña en la que se midió ozono.

En el caso de partículas, se han realizado estudios para identificar la parte de las mismas que puede ser atribuida a intrusiones de aire cargado de partículas saharianas. No se ha realizado en este caso la caracterización del material particulado, aunque se ha estimado dicha caracterización a partir de datos de caracterización en otros emplazamientos, ya que no se dispone de caracterización química de partículas en ningún emplazamiento del ámbito del Plan. La estación situada en Plaza del Castillo (Carboneras), empleada para ello, no sólo es la estación con caracterización química más cercana a Cuevas del Almanzora, sino que además presenta varias características (tamaño de la población, tráfico, proximidad al mar, condiciones climáticas, etc.), de acuerdo al Plan de Mejora.

a) Contaminantes presentes en la zona que presentan un peligro potencial para la salud.-

El objetivo de esta fase es seleccionar aquellos contaminantes ambientales que pudieran resultar de interés en relación con su posible efecto para la salud. Estos contaminantes de interés deben cumplir al menos una de las siguientes condiciones:

1. La concentración del contaminante excede el valor de referencia (se ha decidido seleccionar como tal en primer lugar el valor normativo correspondiente, aunque



- en ausencia de los mismos se pueden usar valores aportados por una agencia internacional o incluso estimaciones basadas en los estudios relevantes más recientes).
2. El contaminante es cancerígeno, debido al mecanismo de acción de estos compuestos (en cuyo caso se asume que no existe una dosis libre de riesgo y cualquier presencia supone un peligro para la salud).
 3. Existe preocupación en la población por la presencia de ese contaminante (percepción del riesgo elevada).

En el apartado anterior se comentó como se ha realizado una caracterización ambiental de la zona centrándose en las posibles fuentes de riesgo para la salud humana. Una vez efectuadas todas estas mediciones, los responsables de Medio Ambiente han comparado los valores con los límites marcados en la normativa vigente en el momento de la elaboración del Plan, en concreto en las siguientes normas:

- Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono
- Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente
- Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos

Actualmente la norma vigente es el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, que transpone al ordenamiento jurídico español la *Directiva 2008/50/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008*, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, y que deroga las normas relacionadas anteriormente.

De acuerdo con estos límites, que se pueden consultar en la propia legislación o en el plan de mejora de la calidad del aire de Cuevas del Almanzora, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Los valores registrados para **dióxido de azufre** en muestran que no se supera ninguno de los valores límites establecidos en la legislación para este contaminante durante el periodo evaluado.

En cuanto a los **óxidos de nitrógeno**, se observa que los valores registrados de NO₂ muestran que no se supera el valor límite anual establecido en la legislación para este contaminante durante el periodo evaluado. Tampoco se registran superaciones para el valor límite horario.

En lo que se refiere a las **partículas inferiores a diez micras** y siempre teniendo en cuenta que se han usado solo los datos obtenidos por métodos gravimétricos y que se



han descontado las aportaciones inequívocamente atribuibles a causas naturales como las intrusiones de aire sahariano, tal y como recoge la directiva europea con la que se van a comparar los datos, los registros ponen de manifiesto lo siguiente:

- Valor límite anual: no se ha registrado superaciones del en el periodo 2003-2010 evaluado.
- Valor límite diario para la protección de la salud humana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que no podrá superarse más de 35 ocasiones por año): Se ha superado el número máximo permitido en la norma en 2007 y 2008, registrándose un total de 40 superaciones para el 2007 en la estación de Villaricos y de 38 en 2008 para Palomares.

En relación al benceno, el análisis de los datos anuales medios de **benceno**, registrado mediante un captador difusivo, indica que los niveles registrados se encuentran por debajo del valor límite legislado.

Realizado el análisis en relación a las concentraciones medidas en los últimos años en la zona de los distintos contaminantes comparándolos con los valores normativos, se ha puesto de manifiesto valores en la zona más elevados que los valores que establece la normativa en el caso de las partículas menores de diez micras, en concreto en el número de superaciones anuales del valor límite diario.

b) Análisis de los factores que modifican la peligrosidad de las PM₁₀-

Del análisis de los datos disponibles sobre partículas, se echan en falta datos reales sobre la distribución granulométrica de las partículas o, como mínimo, el dato del porcentaje de las partículas que tienen un tamaño inferior a 2,5 micras. Tampoco se posee información respecto a los componentes minoritarios de las partículas (en particular, metales).

Otro factor importante que debe ser tenido en cuenta en la caracterización de la zona es la percepción de la situación ambiental y su relación con posibles afecciones a la salud que puedan derivarse de estas circunstancias. No obstante, en esta zona no se ha detectado una especial percepción deterioro ambiental y su relación con la salud de la población, por lo que no se seleccionará ningún contaminante sobre la base de la sensibilidad percibida por la comunidad hacia ellos.

c) Análisis de la calidad de los datos y de las incertidumbres detectadas.-

Un aspecto muy importante a tener en cuenta respecto de los datos obtenidos y de la selección de contaminantes efectuada es la discusión sobre la calidad de los mismos. Este análisis es fundamental a la hora de efectuar posteriormente el proceso de caracterización del riesgo y de evaluación de la exposición de la población y para ello se debería dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Se conoce lo suficiente sobre los contaminantes como para poder efectuar una caracterización del riesgo correcta, incluyendo los efectos sinérgicos?



2. ¿Son los datos disponibles de suficiente calidad y cantidad como para evaluar de forma correcta las rutas de exposición?
3. Si se identifican algunas lagunas en los datos de los que se dispone, ¿cómo se podrían cubrir?

En el caso concreto de datos de calidad del aire, los datos que hay que analizar para asegurar la representatividad de los mismos son, entre otros, la duración y frecuencia de la toma de muestras, la distancia entre las principales fuentes y los puntos de toma de muestra o si los datos proceden de muestras simples o de campañas de mayor o menor duración [ATSDR, 1994].

En todo caso, se analizará también si la ubicación de los puntos de muestreo además de ser conforme a los eventuales requisitos legislativos, proporciona datos sobre áreas y aglomeraciones que registran las concentraciones más altas a las que la población puede llegar a verse expuesta durante un periodo significativo de tiempo, así como las concentraciones que existen en las zonas más representativas de la dispersión de la población en el territorio.

Por otro lado, todo lo anterior debe entenderse extendido a las mediciones efectuadas para caracterizar la composición de las partículas que, por su menor duración y por afectar a un número reducido de estaciones, ven más comprometidas su representatividad y la calidad estadística de los datos.

Aparte de las deficiencias encontradas como la ausencia de caracterización de la granulometría de las partículas, no disponiéndose de ulterior información para poder evaluar de forma completa la idoneidad de los muestreos, las técnicas de análisis y los cálculos efectuados para estimar la aportación de fuentes naturales, así como la idoneidad de la ubicación de las estaciones o puntos de muestreo, se va a dar por supuesto que **éstas son acordes con la legislación vigente y representativas de la realidad de Cuevas del Almanzora.**

En consecuencia, en la realización de este informe se van a asumir una serie de supuestos necesarios para poder evaluar el riesgo conforme a los parámetros de calidad establecidos en la literatura científica [Ballester, 2003]. Así, se asume que los datos ambientales disponibles miden realmente la exposición de la población y que dichos datos son representativos de la exposición media de la población en su conjunto, dando por hecho que los procedimientos de calidad de los datos [Informes Calidad Aire Consejería de Medio Ambiente] y de los laboratorios son los correctos.

d) Selección de contaminantes.-

Por tanto, teniendo en cuenta todo lo anterior, vamos a proceder a la selección de los contaminantes según los criterios mencionados en las páginas cuatro y cinco del presente informe:

- Las **partículas** como tal, por haber superado los valores de referencia correspondientes.
- El **benceno**, por su clasificación como carcinogénico.



Por tanto, para las fases posteriores de la evaluación de riesgos, deben evaluarse tanto los riesgos genéricos asociados a la presencia de partículas menores de diez micras como los asociados a la presencia de benceno.



2.2. CARACTERIZACION DEL PELIGRO

Una vez identificados los contaminantes que son de interés, en este apartado mostramos una revisión de las características químicas, físico-químicas y toxicológicas descritas en la bibliografía científica para los mismos. Por último, identificaremos cuales son los valores de referencia descritos para cada contaminante a partir de los cuales se considera que la exposición de la población implica riesgo para la salud y por tanto la necesidad de gestión.

a) Partículas

La materia particulada presente en el aire es una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas, variando en forma, tamaño, composición, y origen. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser primarias, emitidas como tales a la atmósfera, o secundarias, generadas por reacciones químicas. Dichas reacciones químicas pueden consistir en la interacción entre gases precursores en la atmósfera para formar una nueva partícula por condensación, o entre un gas y una partícula atmosférica para dar lugar a un nuevo aerosol por adsorción o coagulación.

Según su capacidad de penetración en las distintas zonas del aparato respiratorio, las partículas se clasifican en:

- Inhalables, son las que pueden entrar en el sistema respiratorio.
- Torácicas, que alcanzan la región traqueobronquial. Todas las partículas de diámetro menor de 10 µm (PM₁₀) tienen un tamaño suficiente para penetrar en la región traqueobronquial.
- Respirables, que son las que tienen el potencial de entrada en la región de intercambio de gas. Tienen un diámetro inferior a 2,5 µm (PM_{2,5}) y pueden alcanzar la cavidad alveolar, por lo que pueden provocar mayores afecciones. Además presentan en su composición un mayor contenido en sustancias con capacidad tóxica, como los metales en transición.

Los componentes más importantes de la materia particulada son los sulfatos, nitratos, amonio, otros iones inorgánicos (sodio, potasio, calcio, magnesio y cloruro), carbono orgánico y elemental, materiales de la corteza terrestre, agua contenida en el interior de las partículas y metales pesados. Las partículas más pequeñas (partículas finas) contienen los aerosoles formados en reacciones producidas en la atmósfera, residuos de combustión incompleta y vapores metálicos y orgánicos de condensación. Las partículas más grandes, con un diámetro entre 2,5 y 10 µm (partículas gruesas), contienen normalmente materiales resuspendidos de la corteza terrestre y materiales originados en carreteras e industrias.

Las partículas con un tamaño comprendido entre 0,1 y 1 µm pueden permanecer en la atmósfera durante días o semanas y pueden ser transportadas en la atmósfera largas distancias. En cambio, las partículas gruesas se depositan fácilmente, normalmente a menos de diez kilómetros del lugar de origen¹. En este caso, no

¹ No obstante, las tormentas de arena pueden transportar partículas gruesas de tipo mineral incluso a más de mil kilómetros de distancia.



obstante, la cercanía de los focos industriales y de transporte a las zonas habitadas convierten en poco relevante este hecho.

Centrándonos en los efectos asociados a la materia particulada, conviene decir que hasta hace relativamente poco tiempo se había considerado que las partículas constituían fundamentalmente un problema sanitario limitado a ámbitos urbanos fuertemente industrializados, pero algunos estudios indicaron que en los países desarrollados puede tratarse de un problema de salud pública más generalizado y preocupante [Zeger y cols, 2000]. Uno de los motivos por los que las partículas causan tal preocupación es que no parece haber ningún umbral de concentración por debajo del cual no existan efectos nocivos. [Schwartz y Zanobetti, 2000]

Las evaluaciones realizadas al respecto por la OMS [WHO, 2004] indican la relevancia de las PM_{2,5} en los efectos sobre la salud producidos por las partículas. Esta fracción es la responsable principal de la acidez y actividad mutagénica del material particulado, y los estudios epidemiológicos apuntan a que los efectos perjudiciales de PM₁₀ se encuentran principalmente localizados en la fracción de PM_{2,5}.

En concreto, los efectos por exposición a largo plazo a partículas en la esperanza de vida parecen ser atribuibles principalmente a las PM_{2,5}, mientras que las partículas gruesas podrían tener más impacto en la morbilidad respiratoria. Las partículas primarias, derivadas de instalaciones de combustión, tienen un considerable potencial inflamatorio, mientras que los nitratos, sulfatos y cloruros son componentes de las partículas con una toxicidad más baja.

No obstante, a pesar de estas diferencias entre los distintos componentes de las partículas bajo condiciones de laboratorio, actualmente no es posible cuantificar con precisión la contribución de cada uno de éstos a los efectos causados por la exposición a las mismas. Los efectos que pueden inducir en el organismo dependen de la granulometría, la morfología y la composición química, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de cada persona.

De forma cualitativa, se ha observado que los efectos causados por exposiciones a corto plazo incluyen reacciones inflamatorias pulmonares, diversos síntomas pulmonares e incluso efectos adversos en el sistema cardiovascular. Asimismo se puede relacionar con diferentes aumentos en el uso de determinados medicamentos, en los ingresos hospitalarios e incluso en la mortalidad inespecífica. [Schwartz, 2000]

En cuanto a los efectos causados por exposiciones a largo plazo, se han descrito aumentos en la sintomatología de irritación de las vías respiratorias inferiores, disminución de la función pulmonar en niños y adultos, aumento de la incidencia de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y finalmente una disminución en la esperanza de vida. Esta disminución está ligada al aumento de la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares y probablemente al aumento de incidencia del cáncer de pulmón. [European Comission, 2006]

El exceso de mortalidad en ciudades con altos niveles de contaminación por partículas respecto al observado en ciudades con una contaminación relativamente baja es del 15-20%. En la Unión Europea, la esperanza de vida media es 8,6 meses más baja debido a la exposición a PM_{2,5} antropogénico. [WHO, 2011]



Asimismo, se ha calculado que la reducción de la exposición a PM_{2.5} en veinticinco ciudades europeas a los niveles recomendados por la OMS (10 µg PM_{2.5}/m³) podría añadir **hasta veintidós meses** a la esperanza de vida por cada ciudadano que tuviese actualmente treinta años, dependiendo de la ciudad y de su actual nivel de contaminación. En el caso de las ciudades andaluzas incluidas en el estudio, se estima una ganancia en la esperanza de vida de 10,2 meses en Sevilla, 9,3 en Granada y 2,2 meses en Málaga. [Aphekom Project, 2008-2011].

b) Benceno.

El efecto adverso más significativo de la exposición prolongada a benceno es la hemotoxicidad, genotoxicidad y carcinogenicidad. En lo que respecta a este último, ésta ha sido establecida tanto en humanos como en animales de laboratorio. Se ha demostrado un aumento de mortalidad por leucemia en exposiciones ocupacionales, y se han dado casos de inducción en ratones y ratas de varios tipos de tumores (primariamente con origen epitelial) tras exposición oral e inhalación a 320–960 mg/m³. [OMS 2000]. Al ser carcinogénico, no hay un nivel seguro para el mismo. El RD 102/2011, de 28 de enero, establece un *valor límite para la protección de la salud* de 5 µg/m³, y la EPA define para el benceno unos valores de Unidad de Riesgo de Cáncer (IUR): 7.8 exp-06 (µg/m³)⁻¹ y RfCi: 30 µg/m³ para el efecto cancerígeno y no cancerígeno, respectivamente. Las concentraciones de benceno en aire ambiente asociados con un exceso de riesgo de 1/10.000, 1/100.000 y 1 entre un millón son, respectivamente, 17, 1,7 y 0,17 µg/m³. [Crump, 1994]

c) Estándares o niveles objetivo/guía de consenso internacional para el material particulado.

Se trata de dar una descripción más cuantitativa de la relación dosis-respuesta y de los niveles a los que no se producen efectos adversos sobre la salud. Respecto a este último extremo, ya se ha mencionado que los diversos estudios apuntan a que no existe un nivel de concentración sin riesgo, lo que convierte al material particulado en un contaminante particularmente peligroso.

En cuanto a los *niveles objetivo* de diversos países u organizaciones, en primer lugar se deben considerar los objetivos vigentes en la Unión Europea. En el ámbito de la normativa comunitaria, hay que hacer mención a la *Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo*, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Ésta supone la revisión de la anterior y la unificación de varias normas del acervo comunitario con el fin de ofrecer mayor simplificación y eficacia normativa para el cumplimiento de los objetivos de mejora de la calidad del aire ambiente y considerando los objetivos del sexto programa de acción comunitario en materia de medio ambiente.

Uno de los principales aspectos novedosos es la nueva regulación de las partículas en suspensión de tamaño inferior a 2,5 micras (PM_{2.5}), dado que estas partículas finas tienen importantes repercusiones negativas para la salud humana. El



control de este parámetro se aborda a partir de un doble enfoque, combinándose el establecimiento de un *valor objetivo* para 2010 y de un *valor límite*, que es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las partículas $\text{PM}_{2.5}$.

A fecha de hoy, una vez terminados los periodos en que se permitían márgenes de tolerancia para el cumplimiento de los valores límites de partículas PM_{10} , el valor límite diario para la protección de la salud humana en 24 horas es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este límite no puede superarse en más de treinta y cinco ocasiones por año. El valor límite anual para la protección de la salud humana (contabilizado en un año civil) es de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La OMS ha presentado [WHO, 2006] unos valores de referencia para las PM_{10} ambientales tanto en lo que se refiere a la media anual ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como a la media diaria medida en 24 horas ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Además de estos valores de referencia, se han establecido tres niveles objetivo para los que se han determinado una serie de medidas sucesivas y complementarias cuya aplicación permite alcanzar dichos objetivos.

Los niveles objetivo marcados (para medias anuales de contaminantes) y las razones por las que se han establecido estos objetivos (cuantificando los beneficios para la salud de la población que se podrían alcanzar) son los siguientes:

Objetivo nº 1: ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este objetivo se ha marcado como base porque dicho nivel de contaminación se asocia con aproximadamente un 15% más de mortalidad a largo plazo en comparación con el nivel de referencia anual antes mencionado.

Objetivo nº 2: ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este objetivo se ha marcado porque aparte de otros beneficios para la salud de más complicada cuantificación, este nivel de contaminante se asocia con una disminución de la mortalidad prematura de aproximadamente un 6% (entre 2 y 11%) respecto del nivel marcado en el objetivo nº 1.

Objetivo nº 3: ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este objetivo se ha marcado porque aparte de otros beneficios para la salud de más complicada cuantificación, este nivel de contaminante se asocia con una disminución de la mortalidad prematura de aproximadamente un 6% (entre 2 y 11%) respecto del nivel marcado en el objetivo nº 2.

d) Estimación de la relación dosis-respuesta frente a PM_{10} .

De entre las diferentes posibilidades de caracterización de la materia particulada se prefieren usar los valores de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ porque hay una mayor cantidad de estudios epidemiológicos basados en estos parámetros y, además, la mayor parte de los países cuentan con sistemas de monitorización o de cálculo estimatorio de estas variables. [WHO, 2006]

De entre todos los posibles efectos sobre la salud que causan las partículas, la OMS ha seleccionado como indicadores los tres siguientes:

- Mortalidad en adultos (por causas cardiovasculares y cáncer de pulmón) asociada a exposiciones a largo plazo.
- Mortalidad en niños por causas respiratorias asociada a exposiciones a corto plazo.
- Mortalidad global (incluyendo todas las causas y grupos de edad) atribuible a exposiciones a corto plazo.



La OMS ha preferido evaluar la mortalidad frente a la morbilidad por la sencillez de obtención de datos y porque existe una fuerte evidencia de que los datos de mortalidad están bien correlacionados con los de morbilidad en aquellos países en que existen datos fiables.

Las funciones que relacionan dosis (partículas) y respuesta (mortalidad, en este caso) tienen la forma de funciones de **riesgo relativo**, con lo cual cuantifican la diferencia de impactos que se deriva de situaciones en las que se producen dos niveles de exposición distintos. En general, dependen de un coeficiente de correlación “β” para el que se da un intervalo (para el 95% de confianza) y un valor preferente o sugerido “X₀”. El valor real o medido se denomina “X”.

Las funciones seleccionadas son las siguientes [Pope y cols, 2002] salvo la de infantes [Ritz y cols, 2000]:

- Para correlacionar la mortalidad por todas las causas y grupos de edad asociadas a exposiciones a corto plazo a PM₁₀,

$$RR = \exp [\beta (X - X_0)] \quad \text{con } \beta = 0.0008 (0.0006-0.0010)$$

- Para correlacionar la mortalidad por causas respiratorias en menores de cinco años asociada a exposiciones a corto plazo a PM₁₀,

$$RR = \exp [\beta (X - X_0)] \quad \text{con } \beta = 0.00166 (0.00034-0.0030)$$

- Para correlacionar la mortalidad en adultos mayores de 30 años debida a causas cardiovasculares y exposiciones a largo plazo a PM_{2.5},

$$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta \quad \text{con } \beta = 0.15515 (0.0562-0.2541)$$

- Para correlacionar la mortalidad en adultos mayores de 30 años debida a causas pulmonares y exposiciones a largo plazo a PM_{2.5},

$$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta \quad \text{con } \beta = 0.23218 (0.08563-0.37873)$$

En realidad, la fórmula de la exposición a partículas a corta duración es simplemente una expresión matemática que intenta sistematizar los resultados encontrados en un número importante de estudios que coinciden en encontrar un aumento de un 0.8% en la mortalidad por todas las causas por cada 10 µg/m³ de aumento en la concentración de PM₁₀ en la media diaria. En consecuencia, en casos como éste en que los efectos sobre la salud provienen igualmente de exposiciones repetidas a corta duración, el impacto en salud se estimará a base de ejemplificar el incremento diario que puede llegar a producirse como consecuencia de los niveles puntuales elevados de contaminación y de su repetición a lo largo del año, extrapolando la relación antes mencionada.



2.3. EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN

En este apartado se analizan las fuentes de contaminación, los medios y mecanismos de transporte, los posibles puntos de exposición, los modos o vías de exposición y la población potencialmente expuesta a los contaminantes. Como se verá a continuación, al haber asumido inicialmente una serie de condiciones de partida en la evaluación de los datos, este apartado se simplifica bastante.

Para este caso, por ejemplo, el manejo de los datos de inmisiones que ha servido de partida para la determinación de los contaminantes de interés nos permite limitar el interés del informe a la presencia de PM₁₀ en el aire, lo que nos lleva a considerar la inhalación como la única vía de exposición relevante. En principio, se puede presuponer una frecuencia de exposición variable en función de que las personas se encuentren en el exterior o en el interior de edificios.

En todo caso, siempre que la evaluación esté basada en estudios epidemiológicos, ese tipo de diferentes exposiciones (interior y exterior) con sus consecuentes diferencias en la magnitud, granulometría y composición de las partículas habrá sido incorporada a los resultados aunque siempre se acabe referenciando los mismos a la concentración ambiental de PM₁₀ como si fuera la única fuente de exposición.

a) Fuentes de emisiones.

En líneas generales cabe destacar la previsible gran contribución de la fracción cristal al total de partículas. Destacar también la contribución de compuestos inorgánicos secundarios derivados de la transformación química de precursores gaseosos emitidos principalmente fuera de Cuevas del Almanzora, y el significativo aporte del aerosol marino.

En cuanto a fuentes antrópicas locales, la principal fuente inventariada es la producción combinada de calor y electricidad (41,8% de las emisiones de partículas en 2007), seguida del tráfico rodado, las actividades agrícolas y ganaderas, y el sector residencial/comercial/institucional. Adicionalmente determinadas actividades extractivas pueden tener una incidencia moderada sobre zonas próximas a la localización de estas instalaciones.

b) Vías de exposición de las poblaciones.

Una vez analizados los puntos de emisiones, hay que centrarse en el medio y mecanismo de transporte, en el punto de exposición, en el modo o vía de exposición, así como en la población potencialmente expuesta [Environmental Health Criteria, IPCS, 2006]. Como se indicó anteriormente, el estudio se centra en el material particulado atmosférico, por lo que el medio es el aire. Se ha asumido que los datos disponibles son representativos de toda la zona en la que están ubicadas las estaciones de medición, y que cumplen lo dispuesto en la legislación en lo que respecta a la ubicación de los puntos de muestreo (ver discusión).



Por tanto para la realización del estudio se entiende que el punto de exposición será cualquier lugar exterior de la zona donde se ubica la estación de medición, y la vía de exposición es la **vía inhalatoria** sin contemplar otras vías, como por ejemplo la dérmica [Environmental Health Criteria, IPCS, 2009]. Asimismo, para determinar la población expuesta se considerará el número de habitantes de los municipios en los que están ubicadas las estaciones.

c) Tiempo de exposición.

El objetivo de este apartado es reflexionar y llegar a una conclusión sobre cómo se va a cuantificar la exposición de la población. Esta cuantificación servirá para obtener información sobre los posibles efectos de la salud y ya que se ha puesto de manifiesto que la exposición a contaminantes atmosféricos provoca efectos diferentes a corto y a largo plazo, parece razonable entender que se necesitarían al menos dos estándares para cuantificar la exposición, uno que haga referencia a la exposición a corto plazo y otro a la exposición a largo plazo.

En lo que respecta a la exposición real de los ciudadanos al material particulado, se conoce que la misma viene produciéndose desde hace décadas. Es de suponer que las concentraciones de partículas han ido variando a lo largo de este tiempo, pero no se tienen datos precisos de cómo se ha ido produciendo esta variación a lo largo de todos estos años. En realidad, teniendo en cuenta que los posibles efectos para la salud de los contaminantes se producen a lo largo de años, la información existente puede considerarse insuficiente a la hora de realizar un análisis riguroso de la situación.

En cualquier caso, en general lo que se viene haciendo en la mayor parte de los estudios sobre contaminación publicados [Environmental Health Criteria, IPCS,1994] es intentar conciliar dos grupos de datos que se pueden manejar: los que se dispone mediante mediciones o cálculos y los usados en los diferentes estudios epidemiológicos contra los que se van a comparar los datos reales. De esta forma, consideramos inabordable la estimación de los efectos para la salud derivados de exposiciones con anterioridad a la fecha en la que se disponen de mediciones. No obstante, este hecho no impide que podamos realizar estimaciones de ganancias en salud con un alto grado de confianza, si consideramos las diferencias que se producirían de alcanzarse los valores legales y objetivo de la OMS respecto a los que tenemos en la actualidad.

En lo que respecta a los datos usados en los diferentes estudios epidemiológicos, lo que se suele hacer es asumir que la evaluación de la exposición es equivalente a la que se produciría con una exposición continua a lo largo de un periodo de tiempo para una concentración de contaminante uniforme. En este caso, simplemente lo que hay que decidir es cuál es el nivel que se va a considerar para caracterizar el nivel medio de exposición real.

d) Niveles de exposición a contaminantes.



En lo que respecta a los datos de que se dispone, la Consejería de Medio Ambiente ha facilitado los datos que son necesarios para realizar la comparación con los estándares legales de las directivas europeas. Así, en el caso de partículas, por ejemplo, se posee el dato de la media anual de partículas tabulado para una serie de años (que será el que nos debe valer para caracterizar la exposición a largo plazo) y el número de superaciones del valor máximo admisible diario. Este último dato es, por el contrario, de una naturaleza no comparable a los datos que se emplean en los estándares de la OMS para el impacto a corto plazo. [Ritz y cols, 2000]

No obstante y dado que en este caso en particular son los riesgos asociados a las exposiciones a corto plazo los que han desencadenado la necesidad de redactar un plan de mejora de la calidad del aire, como ya se mencionó en el apartado anterior, lo que se va a realizar es una estimación a modo de ejemplo de las consecuencias que pueden derivarse de los altos niveles puntuales de contaminantes en la zona y de su repetición a lo largo del año. Para ello, elegiremos los tres picos de concentración más altos que sean representativos de la exposición a la que se someten los ciudadanos en esta área.

Para el cálculo de la exposición a largo plazo, en ambos casos se necesita un único valor de concentración para introducirlo en las fórmulas ya aportadas (lo que se denominaba como “X” en las ecuaciones, ver página 13) y este valor debe ser representativo de la exposición a la que se ha visto sometida la población. Para que las incertidumbres siempre estén en el ámbito de la seguridad, lo que se va a hacer es escoger el valor más elevado de entre los disponibles.

Para cuantificar la exposición a largo plazo se escogerá, pues, el **valor medio anual más elevado** de estos años, eligiendo de este modo el *peor escenario posible*. No obstante, es necesario realizar un par de puntualizaciones. La primera responde al hecho de que los datos que proporciona la Consejería de Medio Ambiente son de PM₁₀ mientras que las fórmulas de estimación de riesgo relativo de la OMS requieren datos de PM_{2.5}. Para subsanar este hecho, se va a realizar una aproximación consistente en suponer una relación lineal entre ambos parámetros, que de acuerdo con la literatura científica puede aproximarse a que **el 60% del material particulado pertenece a la fracción de partículas finas**. [USEPA, 1996]

La segunda puntualización se refiere a la necesidad de seleccionar valores que sean representativos de la exposición a la población. En este caso, se dispone de dos estaciones de medida aunque en ninguna se supera los valores límite. Se ha decidido usar como base de comparación los resultados obtenidos en el año 2007 en la estación con los niveles de inmisión más significativas en cuanto a valores y a población afectada (Palomares) con lo que la caracterización se realizará en base a estos datos.

En cuanto a la cuantificación del impacto sobre la salud pública de la reducción de los niveles de **benceno**, en primer lugar se calcularán las dosis de exposición de las sustancias seleccionadas en el apartado anterior. Posteriormente, se analizarán las posibles implicaciones que pudieran tener para la salud pública, diferenciando entre las sustancias que tienen un efecto cancerígeno de aquellas que no lo tienen. Para estimar el riesgo teórico de cáncer se empleará la *Unidad de Riesgo de Cáncer (UR)*, que se define como el riesgo incremental de cáncer por unidad de concentración del contaminante en toda la vida, esto es, el riesgo por unidad de concentración. Los valores estándar por



defecto que se utilizarán serán los de la ATSDR: para el peso medio de un adulto, 70 kilogramos, y para la duración de la exposición, 70 años de vida y 30 años de tiempo en la misma localidad de residencia (percentil 90). [ATSDR, 1994]

En todo caso, lo que se va a hacer es asumir que los datos disponibles son representativos de toda la zona de estudio. Si fuera necesario reducir la información a la hora de obtener conclusiones, se elegirá siempre **el valor más elevado** de los que se obtengan.

La *dosis de exposición* se calcularía del siguiente modo:

$$DE = \frac{C \cdot ID \cdot FE}{PC} \quad (\text{mg/Kg peso} \cdot \text{día})$$

donde,

DE = dosis de exposición (mg/Kg peso·día)

C = concentración del contaminante (mg/m³)

ID = Inhalación de aire diaria² (m³/día)

PC= Peso corporal (se tomará un peso medio de 70 Kg)

FE = Factor de exposición (sin unidad). El factor de exposición expresa con qué frecuencia y por cuanto tiempo una persona puede estar en contacto en el medio con la sustancia en cuestión³.

A pesar de lo expuesto anteriormente, al evaluar la exposición a gases atmosféricos el cálculo de la dosis de exposición por vía inhalatoria no suele ser necesaria, ya que las dosis en la literatura toxicológica están expresadas normalmente en unidades de masa de sustancia por volumen de aire por lo que, al objeto de seleccionar los contaminantes de interés, estos valores pueden ser comparados directamente con las concentraciones ambientales medidas en el lugar. Se ha considerado para ello que el FE sea la unidad, o lo que es lo mismo que la exposición tendrá lugar las 24 horas del día, todos los días del año.

² La EPA considera un volumen medio de aire inhalado, en hombres de 19 años o más, de 15,2 m³/día.

³ Se calcula usando la siguiente expresión Factor de Exposición = (F x DE) / AT, donde F es la frecuencia de exposición (días/año), DE es la duración de la exposición (en años) y TP es el tiempo promedio (DE x 365 días/año).



2.4. CARACTERIZACION DEL RIESGO

En este apartado vamos a estudiar el impacto sobre la salud que tendrán las medidas adoptadas/a adoptar por el plan de mejora. Para ello, siempre que sea posible en primer lugar se estimarán las implicaciones en la salud pública de los niveles de los contaminantes presentes (según los datos aportados) para, posteriormente, comparar los resultados con los niveles que se pretenden alcanzar en el plan de mejora y con los niveles objetivo propuestos por la OMS. De de esta manera, estimaremos los cuadros de enfermedad evitables, en caso que este plan se pusiera en marcha y alcanzara los objetivos propuestos, así como para aquel escenario en el que adoptaran acciones adicionales y se consiguieran los niveles objetivo propuestos por la OMS. En el caso de que esto no fuera posible, la caracterización del riesgo se limitará a una valoración cualitativa con objeto de identificar posibles situaciones de riesgo para la salud en la población de la zona de estudio.

Se va a realizar por lo tanto un estudio de las posibles implicaciones en salud pública derivadas de la concentración de los distintos contaminantes seleccionados en el presente informe. Dicho estudio se realizará en relación con:

- 1) Riesgos asociados a la exposición de corta duración a partículas.
- 2) Riesgo asociado a la exposición de larga duración a partículas.
- 3) Riesgos asociados a la exposición de larga duración al benceno.

1) *Riesgos asociados a exposiciones de corta duración a partículas.*

En cuanto a los riesgos vinculados a la **exposición a corto plazo al material particulado**, tal y como se comentó anteriormente resulta imposible caracterizar la exposición por la falta de datos coherentes al respecto. El número de superaciones diarias del límite impuesto por la directiva en un año es una medida del posible riesgo asociado a la repetición de situaciones de peligro pero no permite estimar el riesgo de cada una de las exposiciones a corto plazo.

No obstante y dado que en este caso en particular son los riesgos asociados a las exposiciones a corto plazo los que han desencadenado la necesidad de redactar un plan de mejora de la calidad del aire, como ya se mencionó en el apartado anterior, lo que se va a realizar es una estimación a modo de ejemplo de las consecuencias que pueden derivarse de los altos niveles puntuales de contaminantes en la zona y de su repetición a lo largo del año. Para ello, elegiremos los tres picos de concentración más altos que sean representativos de la exposición a la que se someten los ciudadanos en esta área, lo que se traduce en elegir la estación (Villaricos) y el año (2007) en que más superaciones se han producido.

Estos niveles puntuales serían los siguientes:

12 de agosto de 2007.

Valor diario: 175 µg/m³ Sobremortalidad calculada: 10% exceso

23 de julio de 2007.

Valor diario: 104 µg/m³ Sobremortalidad calculada: 4.3% exceso



7 de marzo de 2007.

Valor diario: 97 µg/m³ Sobremortalidad calculada: 3.7% exceso

En cualquier caso, puede realizarse una *valoración global cualitativa*, comparando los niveles actuales con los límites impuestos con la directiva y que también están basados en su correspondiente evaluación de riesgos, para concluir que si se producen más superaciones del nivel máximo diario propuesto de las permitidas por la directiva se estará produciendo un riesgo para la salud y no se producirá en caso contrario.

En este caso, con los datos reales aportados por la Consejería de Medio Ambiente **se constatan situaciones de riesgo en algunas de las zonas** como las estaciones de Villaricos y de Palomares situadas en el municipio de Cuevas de Almanzora (Almería).

2) Riesgo asociado a la exposición de larga duración a partículas.

Como ya se ha mencionado, las funciones que se va a emplear para la estimación del riesgo relativo son las siguientes:

- Para correlacionar la mortalidad en adultos mayores de 30 años debida a causas cardiovasculares y exposiciones a largo plazo a PM_{2.5},

$$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta \quad \text{con } \beta = 0.15515 \text{ (0.0562-0.2541)}$$

- Para correlacionar la mortalidad en adultos mayores de 30 años debida a causas pulmonares y exposiciones a largo plazo a PM_{2.5},

$$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta \quad \text{con } \beta = 0.23218 \text{ (0.08563-0.37873)}$$

En las fórmulas anteriores, X representa la concentración en partículas PM_{2.5} existente en la zona y X₀ la concentración en partículas límite u objetivo. Los valores de X se seleccionan de acuerdo con los criterios dados en el apartado anterior y se transforman desde el valor de PM₁₀ al valor calculado o estimado de PM_{2.5} (USEPA, 1996). Se tiene entonces para los emplazamientos seleccionados:

Cuevas de Almanzora (Estación Palomares):

Valor de PM₁₀ seleccionado = 35 µg/m³ (media año 2007)

Valor de PM_{2.5} estimado = 21 µg/m³ (obtenido a partir de la media año 2007)

En cuanto a los valores objetivo o umbral (X₀) podemos señalar los siguientes:

- Valor de referencia legal en UE = 25 µg/m³ (desde 2010)
- Valor objetivo del Plan de Mejora⁴ = 19.2 µg/m³
- Valor objetivo marcado por la OMS = 20 µg/m³
- Valor de referencia nº 1 de la OMS⁵ = 42 µg/m³
- Valor de referencia nº 2 de la OMS⁶ = 30 µg/m³

⁴ Transformado del objetivo de PM₁₀

⁵ Transformado del objetivo de PM₁₀



Estos dos últimos valores de referencia no son de aplicación por cuanto los niveles actuales de partículas ya están por debajo de estos objetivos mínimos de la OMS.

Los resultados (riesgo que se podría evitar si se redujesen los niveles de material particulado a los valores de referencia marcados por los organismos internacionales que se citan) que se obtendrían son los siguientes:

Riesgo Relativo	Riesgos cardiovasculares		Riesgos pulmonares	
	Lim legal UE	Objetivo Plan	Lim legal UE	Objetivo Plan
Palomares	No comparado	1.0013	No comparado	1.0020

Cuadro 2: Riesgo relativo para los riesgos cardiovasculares y pulmonares en la zona de estudio.

De los resultados se desprende una clara correlación entre la **disminución del riesgo** de contraer una enfermedad cardiovascular o pulmonar y la **reducción de los niveles de material particulado a los valores de referencia** recomendados por la UE o la OMS. La selección del nivel deseado se realiza de forma que se cumplan simultáneamente los límites legales establecidos para la media anual y la media diaria. A partir de los análisis de regresión realizados con las estaciones de la Red de Vigilancia en Andalucía, en función del tipo de estación, el valor medio anual considerado de seguridad para evitar superaciones diarias se sitúa en $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que el objetivo de reducción se fija en esa cantidad, y no en los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta reducción se encuentra más próxima e incluso superando el nivel objetivo de la OMS.

Como podemos observar, los resultados muestran un moderado impacto positivo en la salud como consecuencia de la aplicación del plan de mejora. La reducción de los niveles de partículas al nivel objetivo del Plan se traduciría en una reducción en casos de **enfermedades cardiovasculares de un 0.13%** y los de **enfermedades pulmonares de entre un 0.2%**.

3) *Riesgos asociados a la exposición de larga duración a benceno*

Para poder evaluar el impacto de la adopción de las medidas contempladas en el plan de mejora a la exposición de larga duración al benceno presente en el material particulado se empleará el Riesgo de Cáncer Teórico asumiendo que la población está expuesta a éstos durante toda la vida. Al considerar exposiciones de por vida, el riesgo de cáncer se calculará del siguiente modo:

⁶ Transformado del objetivo de PM_{10}



$$\text{Riesgo de Cáncer} = \frac{\text{Concentración de la sustancia en el aire } (\mu\text{g}/\text{m}^3)}{\text{Unidad de Riesgo de Cáncer (UR) } (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}} \times$$

Este cálculo estima un **exceso teórico de riesgo de cáncer** expresado como la proporción de población que puede ser afectada por un carcinógeno durante una exposición de por vida. Para las estimaciones en las que se utiliza este índice toxicológico, un riesgo estimado de cáncer bajo (menor de 10^{-6}) puede indicar que la literatura toxicológica sostendría como conclusión que el riesgo sería *aceptable*, mientras que un riesgo estimado de cáncer elevado (mayor de 10^{-6}) indica la necesidad de un estudio más pormenorizado en el que se debería revisar la mejor evidencia científica disponible antes de emitir alguna conclusión sobre riesgos potenciales de cáncer. Cabe mencionar que el tipo de riesgo considerado como *manifiesto* demanda una actuación inmediata y es aquel que da lugar a más de 1 caso de exceso de cáncer por cada 10.000 personas. [WHO Working Group, 2000]

Estación	UR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Riesgo de Cáncer
Villaricos	7,8E-06	2007	0,75	5,85E-06
Palomares		2008	0,48	3,74E-06

Valores medios anuales de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) medidos mediante captadores difusivos para el periodo 2006-2010 en la zona de Cuevas del Almanzora.

Cuadro 3: Riesgo de Cáncer teórico para el benceno en cada una de las localizaciones en la zona de Cuevas del Almanzora.

En lo que respecta al **benceno**, y siguiendo dicha metodología, observamos en la tabla que el valor de riesgo está un poco por encima del límite de lo que se considera *riesgo aceptable* (un riesgo estimado de cáncer menor de 10^{-6}), aunque sin llegar a acercarse a valores que impliquen un *riesgo manifiesto*. El riesgo se estima en el peor de los casos en menos de seis casos de cáncer evitables por cada millón de personas.



3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO.

De entre los riesgos para la salud pública detectados en este informe, los más graves son el posible **aumento de la mortalidad por causas pulmonares y cardiovasculares** asociada a la **exposición a corto plazo a partículas**. Por otro lado, se han detectado otros posibles efectos carcinogénicos asociados a la presencia de benceno, pero los mismos se encuentran dentro de valores considerados como de *riesgo aceptable* (ver pág. 21).

Peor de los escenarios

Antes de pasar a discutir los resultados obtenidos por el presente trabajo cabe señalar que en caso de diferentes opciones se ha elegido siempre aquella que significara el **peor escenario posible**, siguiendo las directrices sobre el particular de los diferentes organismos internacionales. Esto podría llevar en ciertos casos a una sobreestimación de los efectos sobre la salud. Aunque este hecho se va a discutir a continuación caso por caso.

Calidad de los datos

Otro aspecto a considerar es que se debe ser consciente en todo momento de que la validez de este tipo de conclusiones está condicionada a la representabilidad que tienen una serie de simplificaciones y/o modelizaciones de la realidad que se han ido realizando a lo largo de este informe. De forma general, hemos asumido la validez de los laboratorios que han arrojado los datos, que éstos son representativos, entendiendo que la ubicación de los puntos de muestreo son acordes a los requisitos legislativos y por tanto proporcionan las concentraciones más altas a las que las poblaciones pueden estar expuestas durante un periodo de tiempo significativo así como las que existen en las zonas más representativas de la dispersión de la población en el territorio. Es decir que miden realmente la exposición de la población y además que los datos son representativos de la exposición media de la población en su conjunto. En todo caso, los posibles errores derivados de asumir estos hechos podrían originar ciertas variaciones en los cálculos numéricos de la caracterización del riesgo, aunque se estima que el resultado final no diferiría esencialmente.

Material particulado

En la cuantificación de la exposición a largo plazo a partículas se ha escogido para cada localización el valor medio anual más elevado de estos años. Por otra parte, cabe considerar que se han utilizado estudios que modelizan datos asociados a exposiciones a partículas a corto y largo plazo. Se han seleccionado aquellos que optan por utilizar un regresión usando una función de Poisson (ya que la mortalidad como tal es un evento escaso en la distribución) basados en al menos 3 años de observaciones realizados en más de 100 ciudades, tanto de países desarrollados como en vías de desarrollo, y por tanto que recogen diferentes niveles de polución, demografía, tasas de consumo de tabaco, exposiciones ocupacionales, niveles socioeconómicos y



condiciones climatológicas [Cohen y cols., 2004]. En relación al uso de estas estimaciones y la validez que tienen a la hora de aplicarlas a nivel local, cabe resaltar que la OMS se ha pronunciado al respecto indicando que las funciones que relacionan dosis de exposición y resultados en salud basadas en este tipo de estudios son de aplicación prácticamente a todas las localizaciones, ya que tienen en cuenta multitud de circunstancias diferentes. En todo caso, existen informes que intentan cuantificar a escala nacional las cargas de enfermedad al material particulado haciendo para ello un análisis en profundidad de los datos obtenidos a escala local [Ostro, 2004]. Por otra parte, algunos de los estudios tomados en consideración en el presente trabajo, incluyen datos de España y otras ciudades del ámbito mediterráneo [WHO Regional Office for Europa, 2000] por lo que entendemos que la exposición a las partículas está bien caracterizada.

Otro aspecto a considerar y que debe quedar reflejado en este apartado es que todos los cálculos se han realizado para datos de PM_{10} y no de $PM_{2.5}$. Se echa en falta una **caracterización de la granulometría** del material particulado, ya que los efectos sobre la salud son muy dependientes de este hecho. Para subsanar esta deficiencia se ha supuesto que existe una relación constante entre PM_{10} y $PM_{2.5}$ y que dicha relación es idéntica a la que se acepta comúnmente en la literatura científica [USEPA, 1996].

Componentes del material particulado atmosférico

En esta zona no se ha llevado a cabo la **caracterización de la composición de las partículas**, por lo que no se podrá valorar en toda su extensión los diferentes efectos para la salud de la población derivados de la exposición a material particulado atmosférico.

El resto de simplificaciones de la realidad se han tomado de forma que se estuviese del lado de la seguridad (peor escenario) y su discusión es la siguiente:

- a) Para la realización de este estudio se ha hecho tan solo una valoración cuantitativa de los **episodios de contaminación agudos**.
- b) En todo caso, parece ser que los niveles registrados en los episodios de contaminación puntual en los últimos años no han alcanzado niveles que se consideran perjudiciales a corto plazo para la salud, aunque la **sucesión de efectos agudos**, aunque sean de carácter leve podría llegar a ser perjudicial a largo plazo.
- c) No se ha tenido en cuenta la posible agravación de los efectos en la exposición de **poblaciones vulnerables**, como en los niños, personas con edad avanzada o con patologías previas. A todos los efectos se han usado funciones que son de aplicación a la población en general mayor de 30 años, con lo que se excluyen de forma expresa a los niños y sin considerar de forma específica a ancianos o personas con patologías previas. Estos grupos sí están considerados en las funciones (ya que la población general de los grupos estudiados debe



incluir ancianos y personas con patologías como es lógico) pero restaría por saber si en las mismas proporciones que en la zona de estudio.

- d) Dentro de los efectos a largo plazo, sólo se han evaluado los **efectos observables**: mortalidad, en el caso de los efectos cancerígenos, y morbimortalidad, en el caso de los efectos no cancerígenos.
- e) No se ha considerado la **exposición ocupacional**, por lo que los efectos sobre la salud causados en los trabajadores de las industrias derivados de la exposición en ambiente laboral no han sido evaluados.
- f) La metodología utilizada implica que no se han considerado los posibles efectos de **potenciación**, de **sinergia** o de **antagonismo** que puedan producirse entre diferentes sustancias, ni los **efectos aditivos** por la absorción de una misma sustancia por diferentes vías.

Por tanto, se observa que pudiera haber una sobreestimación o infravaloración de los resultados obtenidos en este informe. Este hecho se expone de modo resumido en el siguiente cuadro:

Incertidumbre considerada	Impacto estimado sobre la caracterización del riesgo	
Asunción del peor escenario posible en caso de diferentes alternativas	<i>Sobreestimación</i>	+
No consideración de los episodios de contaminación agudos	<i>Infravaloración</i>	-
No consideración de efectos en poblaciones vulnerables	<i>Infravaloración</i>	-
No evaluación de efectos a largo plazo de las superaciones del valor diario por sucesión de daños repetidos	<i>Infravaloración / Sin efecto</i>	- / 0
No evaluación de efectos a largo plazo distintos de los observables	<i>Infravaloración</i>	-
Evaluación sólo sobre datos actuales por ausencia de datos fiables en el pasado	<i>Indeterminada</i>	±
Cálculo de PM _{2.5} a partir de datos de PM ₁₀	<i>Indeterminada</i>	±
No evaluación de exposiciones ocupacionales	<i>Infravaloración</i>	-
Se considera que los datos son válidos para llevar a cabo la ER	<i>Indeterminada / Sin efecto</i>	± / 0
No consideración de potenciación, efectos sinérgicos o antagónicos, ni de efectos aditivos.	<i>Infravaloración</i>	-

Cuadro 4: Incertidumbres consideradas y su impacto sobre los resultados de la evaluación de riesgos (ER).



4. ANALISIS DE OTROS EFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SALUD DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS EN EL PLAN

a. Descripción de las medidas, responsables y plazos de ejecución.-

El Plan incluye una extensa batería de medidas sectoriales destinadas al abatimiento de partículas en la zona combinando estrategias de control, fomento, sensibilización y regulación en diferentes áreas. Algunas de estas medidas forman parte de otros planes sectoriales pudiendo tener incluso un efecto indirecto sobre la mejora ambiental mientras que otras son específicas del plan y tienen como principal efecto la disminución de la contaminación por partículas. En todo caso, estas medidas tendrán seguramente otras repercusiones positivas o negativas en la salud de la población.

Las medidas se dirigen a disminuir las emisiones de partículas procedentes de las zonas industriales y/o extractivas, las provenientes del tráfico (algunas específicas para tráfico interurbano o urbano) y a la promoción de la eficiencia energética como medio indirecto de reducir las emisiones asociadas a la producción de energía.

Las principales medidas presentes en el plan conjuntamente con los responsables de ejecutarlas son las siguientes:

- Control de emisiones en las principales industrias a través de la actualización y control de las autorizaciones ambientales integradas.- *Consejería de Medio Ambiente.*
- Control de emisiones en explotaciones minerales al aire libre y otras empresas que manejen sólidos pulverulentos.- *Consejería de Medio Ambiente.*
- Introducir criterios ambientales en las ordenanzas municipales que regulen las obras de construcción, demolición e infraestructuras.- *Ayuntamientos respectivos.*
- Mejora y ampliación de las redes de transporte público.- *Consejería de Obras Públicas y Transportes conjuntamente con los Ayuntamientos respectivos.*
- Planes de movilidad urbana y de movilidad de empresas.- *Consejería de Obras Públicas y Transportes conjuntamente con los Ayuntamientos respectivos.*
- Medidas disuasorias del uso de transporte privado y de fomento del transporte sostenible (peatonalización, aparcamientos disuasorios, carriles-bici, restricciones acceso a zonas, fomento del teletrabajo).- *Consejería de Obras Públicas y Transportes conjuntamente con los Ayuntamientos respectivos.*
- Mejora infraestructuras viarias, especialmente caminos de tierra y creación de zonas de velocidad reducida.- *Consejería de Obras Públicas y Transportes, Diputación Provincial y Ayuntamientos respectivos.*
- Reducción de emisiones vehículos, especialmente pesados y públicos.- *Consejería de Obras Públicas y Transportes y Ayuntamientos respectivos.*
- Aplicación del Código Técnico de Edificación y Plan Renove Viviendas.- *Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio y Ayuntamientos respectivos.*
- Fomento medidas de eficiencia energética en hogares y empresas.- *Consejería de Economía, Innovación y Ciencia.*



- Fomento de la conducción eficiente y de otras medidas de sensibilización ambiental.- *Consejería de Medio Ambiente.*

La mayor parte de las medidas pueden ofrecer resultados a corto plazo siempre y cuando sean implementadas por las administraciones competentes salvo quizá las destinadas a la sensibilización ambiental y a las medidas de mejora de la eficiencia energética, cuyo impacto es más suave y progresivo. Por otra parte, algunas de las obras de infraestructuras no tienen prevista su realización hasta años muy posteriores al inicio del plan, con lo que hay que tener en cuenta el retraso en ofrecer soluciones.

En todo caso, existe una gran cantidad de medidas que ya están en proceso de implantación o que habían sido planificadas con anterioridad a la puesta en marcha de este plan. De hecho, los últimos datos de la RVCAA muestran que **la tendencia al descenso de la contaminación** se mantiene e incluso se intensifica en las dos últimas campañas.

Como último aspecto a considerar, aunque no entra dentro del propósito de este informe entendemos que se debe poner de manifiesto que en muchas de las fichas de medidas no se encuentra ni el **presupuesto previsto ni la fecha de realización** con lo que subyace la duda de si realmente la medida se acabará poniendo en marcha o depende de la aprobación de alguna administración.

b. Valoración de las medidas.-

Las medidas dirigidas a la reducción de emisiones en el **ámbito industrial** se consideran muy efectivas y tendentes a conseguir que las emisiones se adapten a las mejores tecnologías disponibles. En este ámbito, pues, no se pueden lograr unos estándares de calidad más exigentes. La Consejería de Medio Ambiente estima que la reducción de contaminación a que pueden contribuir alcanza incluso el 35% del total de la existente en el año 2007.

Las reducciones de emisiones asociadas al **tráfico** son mucho más modestas (de entre 0.1 y 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y se producen tanto por la modernización de la flota con vehículos con menores emisiones específicas como por la mejora de la fluidez del tráfico que repercute en menores emisiones por trayecto. En base a la evolución del parque de vehículos y al efecto de su renovación sobre las emisiones de PM_{10} , se estima que las emisiones de PM_{10} medias por vehículo puedan situarse en 2015 en el 96% de las emisiones unitarias actuales. Subyace la duda, en todo caso, de si estas reducciones no se verán compensadas por un posible aumento del parque automovilístico.

Asimismo, considerando las medidas de fomento del transporte público (entre las que destaca la variante de Cuevas de Almanzora), las medidas de fomento del transporte no motorizado y las medidas disuasorias al uso del vehículo particular, se estima una reducción de la intensidad media diaria de vehículos en el rango 2 - 4%. Para este tipo de medidas se puede prever un efecto más duradero si se combinan con medidas de concienciación de la ciudadanía.

En cuanto al **sector doméstico**, la mejora de la calidad del aire asociada a estas medidas viene derivada fundamentalmente de la renovación del parque de edificios, por el menor consumo de energía en calefacción y producción de agua caliente sanitaria,



siendo por tanto medidas a largo plazo y de muy compleja valoración a corto y medio plazo. No obstante, se estima que estas medidas pueden resultar efectivas por cuanto su realización conlleva una disminución de costes global para las economías domésticas y ello facilitará su adopción y aceptación.

c. Otros efectos potenciales sobre la salud de estas medidas.-

En este apartado se analizarán los posibles impactos sobre la salud de la población de las medidas consideradas que no tengan que ver con los efectos directos que se producen como consecuencia de la disminución de los niveles de partículas en el aire. Algunos de estos efectos pueden ser considerados de forma global, es decir, derivados del total de las medidas sin poder diferenciar la contribución de cada grupo de medidas en particular. Este tipo de efectos son los que se van a considerar en primer lugar.

Como efecto más significativo, conviene llamar la atención hacia el hecho de que la mayor parte de las medidas del plan no sólo provocan una disminución de la emisión de partículas sino que producen una **disminución paralela de la emisión de otros contaminantes** como óxidos de azufre o de nitrógeno. Igualmente la disminución del material particulado puede causar el descenso en la formación de otros contaminantes secundarios.

Aunque los niveles de dichos contaminantes en el ambiente de la zona no alcanzan los niveles considerados de riesgo, cualquier disminución de sus niveles va a representar una mejora en la salud de la población. Esta mejora podría ser cuantificada si se aportasen datos sobre las disminuciones en los niveles de los contaminantes que se logran con las medidas. No obstante, al no disponer de dichos datos sólo se puede realizar una evaluación de forma cualitativa, cuya conclusión es que probablemente se producirá una mejora adicional en la salud como consecuencia del descenso de los niveles del resto de especies contaminantes.

Otro aspecto interesante a considerar es el incremento en el nivel de empleo que se puede inducir como consecuencia de la puesta en marcha de todo este grupo de medidas, que debe sumarse al mantenimiento del empleo que se produce por ejemplo a través de las autorizaciones ambientales integradas concedidas en la zona. Sin este tipo de autorizaciones, las empresas deben cesar su actividad con la consiguiente pérdida de empleo que supondría y que se evita así. Aunque no todas las medidas contribuyen con la misma intensidad (e incluso puede haber algunas que supongan una disminución puntual de empleos), se estima que el efecto global de las medidas es positivo sobre el empleo.

El **aumento de empleo** provoca un aumento de los ingresos e incluso del nivel de satisfacción personal en su conjunto, lo que se ha relacionado tradicionalmente con una mejora en los niveles de salud. En consecuencia, se estima que se producirá un efecto positivo sobre la salud derivado de la mejora económica que supondrá la implementación de estas medidas.

Por otro lado, la **mejora global del medio ambiente** causada por la reducción de emisiones de partículas y de otras especies contaminantes va a repercutir en una serie de efectos positivos sobre la calidad de las aguas superficiales, la calidad del suelo, la



misma limpieza en vías urbanas, el paisaje y los recursos naturales, etc. Toda esta mejora repercute de forma positiva sobre la percepción que los ciudadanos tienen de su entorno e incrementa su autoestima y bienestar, lo que se considera que tiene un efecto positivo sobre la salud en su conjunto.

En segundo lugar, se verán algunos de los principales efectos de carácter secundario o indirecto pero que están directamente relacionados con alguno de los grupos de medidas previstas en el plan. Para su análisis se va a proceder a efectuar un repaso por cada uno de dichos grupos de medidas, intentando poner de manifiesto estos efectos secundarios que pueden inducir.

Dentro de las medidas encaminadas a reducir las emisiones de carácter industrial, las que se derivan de la aplicación de las **autorizaciones ambientales integradas**, en general sus efectos son bastante directos o inmediatos y ya se han descrito anteriormente. Además, hay que considerar también que las nuevas tecnologías que llevan asociadas permiten una diversificación en el empleo de la zona y la posibilidad de exportar los conocimientos adquiridos a otras zonas, incrementando el impacto económico positivo global.

En cuanto a la eliminación de emisiones difusas o fugitivas en **actividades extractivas o industrias que manejan sólidos pulverulentos**, se destaca el grupo de medidas basadas en el riego de caminos o instalaciones. En este tipo de actividades se debe tener en cuenta el posible riesgo de extensión o diseminación de legionelosis que puede suponer una amenaza para la salud de la población. Estos riesgos pueden ser reducidos con facilidad poniendo en marcha las medidas de control previstas en la normativa de referencia, concretamente el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Otro grupo de medidas se refiere a la reducción de partículas en las **obras de construcción y demolición**. Algunas de las medidas previstas hacen referencia a la necesidad de regar las vías de comunicación por las que se transportan los residuos para evitar la resuspensión del polvo. Además de tener en cuenta lo dicho anteriormente para la prevención de la legionelosis, se estima que un riego inadecuado de las vías urbanas puede incrementar el riesgo de accidentabilidad, en particular para los vehículos más ligeros. En consecuencia, sería conveniente habilitar medidas que reduzcan este riesgo.

En cuanto a los **planes de movilidad** y en especial a los de las empresas, se entiende que la sustitución de vehículos individuales por colectivos genera beneficios adicionales de todo tipo para los trabajadores, reduciendo los niveles de estrés y de accidentabilidad (tanto laboral como *in itinere*), aparte de poder suponer una mejora económica importante (al reducir el uso del vehículo propio se reducen los gastos en combustible y de mantenimiento) y de suponer más tiempo libre puesto que en general, estos planes conllevan una racionalidad de los horarios de trabajo. Todas estas circunstancias se relacionan con posibles mejoras en la salud de los mismos.

En general, todas las medidas que estén orientadas a **reducir el uso del vehículo propio** van a suponer una disminución en los niveles de sedentarismo incrementando la salud de la población, una reducción del gasto en combustible y, en especial, una



disminución de las desigualdades sociales que penalizan a aquellos grupos de población que no se pueden permitir la compra o el uso de un vehículo propio.

Dentro de estas medidas, las relacionadas con la **peatonalización de espacios** tienden a crear entornos más saludables por la ausencia de los humos y ruidos procedentes del tráfico. Además se evitan los accidentes de tráfico, en particular los atropellamientos, y se crea un entorno que facilite las relaciones sociales y la práctica de la actividad física suave. También puede permitir el aumento paralelo de las zonas verdes, lo que mejora la percepción del entorno tal y como se mencionó al comentar la mejora de los ecosistemas en medidas anteriores. En otro orden de cosas, si la peatonalización afecta a zonas amplias pueden crearse problemas de movilidad para la tercera edad o las personas con discapacidad que deben ser tenidos en cuenta y corregidos de forma adecuada.

Para el análisis de la **construcción de parkings** nos remitimos a la mayor parte de los impactos ya mencionados para la construcción de todo tipo de infraestructuras: ruido y contaminación a nivel local e incremento de tráfico y de transporte de residuos en el entorno. Igualmente se valora de forma negativa el efecto sobre las desigualdades sociales que pueden tener medidas como el **ecopase** o la rotación de vehículos ya que perjudican de forma más notable a las capas sociales de menores recursos.

En cuanto al **teletrabajo**, hay una gran discusión sobre las posibles repercusiones que puede generar sobre la salud. Reduce la necesidad de desplazarse mejorando la conciliación de la vida familiar y social e incrementando el tiempo libre de los que optan por este modelo. Pero por otro lado, reduce las relaciones sociales e incrementa el sedentarismo de la población, por lo que es complicado evaluar el efecto global sobre la salud que produce.

Existe todo otro grupo de medidas de **construcción, mejora o renovación de infraestructuras, normalmente de la red viaria intermunicipal**. En este caso, como en los anteriores existe una serie de ventajas globales que se deben contraponer a las molestias locales que pueden suponer. Todo ello sin contar con el posible agravamiento de las desigualdades en salud que podría suponer el incremento a nivel local de impactos negativos de cara a la salud y las posibles desigualdades que se generen en el acceso o no a dichas infraestructuras.

En todo caso, la mayor parte de estas infraestructuras se encuentran en lugares no habitados con lo que los efectos locales pueden no ser en exceso significativos. En todo caso, se requeriría un estudio más detallado de cada una de estas medidas por separado con el objetivo de identificar estos impactos positivos y negativos y proponer medidas correctoras o potenciadoras de los mismos, a fin de optimizar el resultado de las intervenciones.

En cuanto a la reducción de emisiones de los vehículos vía sustitución de combustibles o mejora de la eficiencia en el transporte, destaca de forma especial el recurso a los **biocombustibles**. Se trata de un tema bastante controvertido por sus efectos globales (contribución a la deforestación y al incremento de precios de alimentos de primera necesidad) [Fargione y cols, 2010] pero cuyos efectos locales no están del todo claros.



Por la gran cantidad de aditivos químicos que se añaden a los alcoholes de base, no existe un consenso definitivo aún sobre los efectos sobre la salud que pueden producir a largo plazo y existen estudios que denuncian una mayor producción de ozono troposférico [Guarheiro y cols, 2010] , de óxidos de nitrógeno y de aldehídos mientras que se reducen el monóxido de carbono, los hidrocarburos quemados y con ello, las partículas [Hill y cols, 2009]. Convendría realizar estudios en profundidad sobre el impacto en salud de estos productos antes de potenciar de forma generalizada su uso.

En cuanto a las medidas de reducción de velocidad en vías interurbanas, se estima que se puede producir una sensible disminución en los niveles de accidentes pero no se cuenta con estadísticas definitivas que permitan sustentar esta afirmación. Se recomienda en todo caso que estas medidas se engloben dentro de un fomento de la conducción eficiente.

En el epígrafe denominado de medidas **dirigidas al sector residencial, comercial o institucional** se incluyen la mejora del aislamiento térmico de las viviendas, la dotación de las mismas de energía solar térmica y la rehabilitación de viviendas para aumentar la eficiencia en el uso de energía.

Todas estas medidas contribuyen al bienestar de la población y a la reducción de desigualdades al tener un enfoque de promoción y ayuda económica en la que se priorizan los grupos de menor poder adquisitivo. Además, tanto la mejora del aislamiento térmico y de la eficiencia energética como el recurso a la energía solar permiten abaratar los costes en que incurren las unidades familiares aumentando su renta disponible.

Las medidas de **prevención y sensibilización** previstas apuntan a la misma dirección en el sentido de promover el ahorro de energía, el consumo responsable y la concienciación ciudadana. El impacto es similar al descrito anteriormente en el sentido de aumento del bienestar y de la renta disponible como consecuencia del menor gasto realizado.

En todo caso, se entiende que estas medidas de prevención y sensibilización serían más efectivas y recibirían un mayor apoyo por parte de la ciudadanía si se hubiera fomentado la participación de la misma en la toma de decisiones por cuanto se verían entonces como una contribución voluntaria a la resolución de un problema que afecta a todos. Se echa en falta en todo el proceso de redacción del plan la búsqueda del consenso y de la participación de las partes implicadas, lo que es especialmente grave en este caso en que la ciudadanía está tan sensibilizada al respecto.

d. Resumen de las afecciones secundarias a la salud.-

Dentro de los efectos indirectos de las medidas tomadas con el fin de reducir los niveles de material particulado, los más significativos están relacionados de forma global con el paralelo descenso de los niveles de otros contaminantes que también ejercen un efecto positivo sobre la salud. No se ha podido cuantificar este efecto por no haberse facilitado información sobre el descenso de estos otros niveles.

El resto de los efectos solo puede valorarse a efectos cualitativos. Se espera un aumento del empleo y de la actividad económica global que puede correlacionarse con



una mejora en salud y una mejora en la calidad del medio ambiente, de los recursos naturales y del aspecto del entorno que se cree repercutirá positivamente en la percepción que los ciudadanos tienen de su nivel de bienestar.

Los descensos en los niveles de tráfico, de conseguirse, conseguirán una disminución de los niveles de ruido y de los índices de accidentabilidad. Esto puede conseguirse también mediante la realización de infraestructuras como la puesta en funcionamiento de transporte público o la mejora de las vías de comunicación.

En este último caso, hay que tener en cuenta las molestias causadas a la población que vive en la proximidad de las obras durante su realización y las posibles desigualdades introducidas entre la población con acceso a estas infraestructuras y los que no la poseen. Como efecto favorable de estas últimas cabe destacar el que faciliten el acceso de la ciudadanía a los servicios públicos y ayudan a consolidar las redes sociales.

Las medidas de fomento de la reducción de uso de vehículo privado con medidas disuasorias o a través del fomento del uso de transportes no motorizados se relacionan con mejoras en los niveles de actividad física y entornos más saludables que fomentan la sociabilidad y el contacto humano. Hay que tener precaución, no obstante, con las medidas que pueden incrementar las desigualdades sociales al introducir peajes o tasas por el uso de vehículos que perjudican de forma más notoria a las poblaciones con menos recursos.

El uso de biocombustibles es otro de los factores que introduce más incertidumbres en cuanto a su posible beneficio global sobre la salud de la población, con factores favorables y desfavorables. Se recomienda una investigación más en profundidad que permita esclarecer este punto.

Las medidas destinadas al fomento de la eficiencia energética y del consumo sostenible se consideran beneficiosas por reducir las desigualdades sociales al estar dirigidas a las poblaciones de menor renta y además incrementan la renta disponible de las unidades familiares siendo muy beneficiosas a largo plazo.

En general, se echa en falta a la hora de potenciar la eficacia de las medidas de concienciación ciudadana que se haya fomentado más la participación de la población de forma que asumiese como propios los objetivos de mejora del plan.



5. CONCLUSIONES

1. Los niveles de partículas existentes en la zona a la que es de aplicación el Plan de Mejora de Calidad del Aire de Cuevas de Almanzora en el período analizado pueden constituir un riesgo para la salud de la población de la zona que puede considerarse como moderado.
2. La reducción de la concentración de partículas a los niveles que figuran como objetivo del Plan de Mejora, respecto a los más altos medidos en los últimos años, implicaría reducción en casos de **enfermedades cardiovasculares** de entre un 0,13% y los de **enfermedades pulmonares** de entre un 0.2%.

Como conclusión final, los resultados de este estudio demuestran que la aplicación de las medidas contenidas en el Plan de Mejora tendrá un **impacto positivo moderado en la salud de la ciudadanía**, por lo que se desde esta Secretaría General de Salud Pública y Participación se informa favorablemente y se realiza una **valoración positiva** de dicho Plan.



BIBLIOGRAFIA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1994. *Environmental Data Needed for Public Health Assessments. A Guidance Manual*. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2005. *ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual*. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2004. *Toxicological profile for Cobalt*. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2007. *Toxicological profile for Arsenic*. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2008. *Toxicological profile for Chromium*. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2008. *Toxicological profile for Cadmium. Draft for Public Comment*. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease registry (ATSDR), 2009. *Minimal Risk Levels (MRLs)* December 2009. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Anderson HR y cols. *Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 european cities: results from the APHEA project*. 1997. Eur Respir J 10: 1064-1071.

APHEIS. *Air Pollution and Health: a European Information System. Health impact assessment of air pollution in 26 European cities*. 2001. Second-year Report. 2000-2001

Asociación de Grandes Industrias del Campo de Gibraltar. *Informe económico-social 2009*.

Ballester F, Tenías JM, Pérez-Hoyos S. *Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción*. Rev Esp Salud Pública 1999; 73: 109-121.

Ballester F y cols. *El proyecto EMECAM: Estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad*. Rev Esp Salud Pública 1999:165-175

Ballester F. *La evaluación del impacto en salud de la contaminación atmosférica*. Rev. Salud Ambiental 2003;3(2): 102-107.

Ballester F y cols. *Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS project*. J Epidem Comm Health 2006, 60:328-336

Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 2003-6. *Diagnóstico sobre la situación ambiental del entorno del Campo de Gibraltar*. Informes del Centro Superior de Investigaciones Científicas, diversos años.

Chen W, Zhuang Z, Attfield MD, Chen BT, Gao P, Harrison JC, Fu C, Chen JQ, Wallace WE. 2001. *Exposure to silica and silicosis among tin miners in China: exposure-response analyses and risk assessment*. Occup Environ Med. 58(1):31-7.

Cohen AJ y cols. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Geneva 2004. World Health Organization, Vol 2.

Consejería de Medio Ambiente. *Informe de Calidad del Aire Ambiente*. Diciembre de 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010. Junta de Andalucía.

Consejería de Medio Ambiente. *Plan de Calidad Ambiental del Campo de Gibraltar*. Documento Base. Junio 2001. Junta de Andalucía.

Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad del Aire. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.



Directiva 2008/50/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.

Environmental Health Criteria 108. *Nickel*. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1991. World Health Organization.

Environmental Health Criteria 170. *Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for health-based exposure limits*. Geneva, 1994. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.

Environmental Health Criteria 224. *Arsenic and Arsenic Compounds*. Second Edition. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 2001. World Health Organization.

Environmental Health Criteria 237. *Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals*. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 2006. World Health Organization.

Environmental Health Criteria 239. *Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals*. Geneva, 2009. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.

Environmental Health Criteria 61. *Chromium*. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1998. World Health Organization.

Environmental Health Criteria 81. *Vanadium*. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1988. World Health Organization.

EPA Region 3's *Risk-based concentrations (RBCs) list environmental and health guidelines*. Resident Air Supporting Table, May 2010.

Fargione J, Plevin R y Hill J. *The Ecological Impact of Biofuels*. 2010. Annual Review of Ecology, Vol 41, pp 351-357.

Guariero, L y cols. *Modelling the impacts of Diesel, Biodiesel and Diesel Ethanol Fuel Blends on Atmospheric Ozone and Carbonyl Concentrations*. Jan 2010. Am Ass for Aerosol Research.

Hardy AR y cols. *Comparative review of risk terminology*. Central Science Laboratory, York, UK, 2007.

Health Impact Assessment: main concepts and suggested approach. Gothenburg consensus paper. December 1999. World Health Organization Regional Office for Europe.

Healthy People in a healthy environment. Environmental impacts on health: better understanding for better protection. Review of the European information base for policy. European Commission, 2006.

Hill J y cols. *Climate Change and Health Costs of Air Emissions from Biofuels and Gasoline*. 2009. Proceed Nat Acad Science United States. Vol 106 (6), pp 2077-2082.

Hnizdo E, Sluis-Cremer GK. 1993. *Risk of silicosis in a cohort of white South African gold miners*. *Am J Ind Med*. 24(4):447-57.

Integrated Risk Information System. *IRIS Substance List*. U. S. Environmental Protection Agency (EPA).

International Agency for the Research on Cancer. *Arsenic*. 1980. Lyons, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 23, pp 39-141.

International Agency for the Research on Cancer. *Chromium, nickel and welding*. 1990. Lyons, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 49, pp 463-474.

International Agency for the Research on Cancer. *Cadmium and cadmium compounds*. 1997. Lyons, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 58, pp 119-ss.

International Agency for the Research on Cancer. *Cobalt and cobalt compounds*. 1991. Lyons, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 52, pp 363-ss.



- IPCS. *Risks assessment terminology. Part 1: IPCS/OECD key generic terms used in chemical hazard/risk assessment. Part 2 IPCS glossary of key exposure assessment terminology.* Geneva, 2004. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.
- Krewski D y cols. *Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality.* Boston, MA, 2000. Health Effects Institute.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), 2005. *Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels (chRELS). Silica (Crystalline respirable).* California Environmental Protection Agency (Cal/EPA)
- Orden de 15 de septiembre de 2005, por la que se aprueba el Plan de Acción Medioambiental para el Campo de Gibraltar.* Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Orden de 18 de abril de 2000, mediante la que se acuerda la formulación de un Plan de Calidad Ambiental del Campo de Gibraltar.* Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Ostro B. *Outdoor Air Pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels.* Geneva, World Health Organization, 2004 (WHO Environmental Burden of Diseases Series No 5).
- Pope AC y cols. *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particules air pollution.* JAMA 2002;287:1132-1141.
- Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution.* Report of a WHO Working Group Bilthoven, Netherlands 20-22 Nov 2000.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (BOE Núm. 25 de 29 de enero de 2011)*
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, PRTR-España, <http://www.prtr-es.es/>
- Ritz B, Yu F, Chapa G, Fruin S. *Effect of air pollution on preterm birth among children born in Southern California between 1989 and 1993.* 2000. *Epidemiology*, 11(5): 502-511.
- Schwartz J, *Assesing confounding , effect modification, and thresholds in the association between ambient particles and daily deaths.* 2000. *Environmental Health Perspectives*, 108(6): 563-568.
- Schwartz J, Dockery DW, Neas LM. *Is daily mortality associated specifically with fine particles?* 1996. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 46: 927-939.
- Schwartz J, Zanobetti A. *Using meta-smoothing to estimate dose-response trends across multiple studies, with application to air pollution and daily death.* 2000. *Epidemiology* 11(6): 666-672.
- Steenland K, Brown D. 1995. *Silicosis among gold miners: exposure--response analyses and risk assessment.* *Am J Public Health.* 85(10):1372-7.
- USEPA. *Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: policy assessment of scientific and technical information.* Research Triangle Park, NC. 1996. Staff paper EPA-452R-96-013.
- Van Leeuwen CJ, Vermeire TG y col. *Risk assessment of chemicals: an introduction.* 2007 Dordrecht. Ed Springer.
- World Health Organization Regional Office for Europe, 2000. *Air quality guidelines for Europe. Second edition.* Copenhagen. WHO Regional Publications. European Series, No 91.
- World Health Organization. *Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and ozone (O3).* 2004. report of WHO Task Group. Final Draft.
- Zeger SL y cols. *Exposure measurement error in time-series studies of air pollution: concepts and consequences.* 2000. *Environmental Health Perspectives*, 108 (5): 419-426.

