

Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'àrea metropolitana de Barcelona

Nino Künzli

Professor d'investigació ICREA
Institut Municipal d'Investigació Mèdica (IMIM-Hospital del Mar), Barcelona
Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Barcelona

Laura Perez

Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Barcelona

Elaborat per a:

Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya

i

Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya

Setembre 2007



centre de recerca
en epidemiologia
ambiental

www.creal.cat

Doctor Aiguader, 88
E-08003 Barcelona
Tel +34 93 316 04 00
Fax +34 93 316 06 35

Nino Künzli

Professor d'investigació ICREA
Institut Municipal d'Investigació Mèdica (IMIM-Hospital del Mar), Barcelona
Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Barcelona

Laura Perez

Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Barcelona, Spain

Col·laboracions internes i revisors

Jordi Sunyer, Codirector, Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Barcelona

Fintan Hurley, Director Científic, Institut of Occupational Medicine, Edimburg

Aaron Cohen, Científic Principal, The Health Effects Institut, Boston

Guillem López i Casanovas, Professor en economia aplicada, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona (Capítol 6)

Brian Miller, Epidemiòleg Principal, Institut of Occupational Medicine, Edimburg (Capítol 6, càlculs anys de vida)

Xavier Querol, investigador, Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona

Grup de projecte expandit

Les persones següents han participat en una o més reunions del projecte:

Agència de Salut Pública de Barcelona: Manel Cabré-González i Natalia Valero

Enric Duran del PAMEM i investigador principal de l'“Estudi sobre la Salut Respiratòria en la Infància” (SARI)

Del Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya: Neus Cardeñosa, Vigilància Epidemiològica, Nuria Juliachs i Annabel Pedrol, Serveis Territorials a Barcelona; Xavier Llebaria, Agència de Protecció de la Salut; Rosa Moner, Sanitat Ambiental; Oriol Ribas i Angel Teixido, Agència de Protecció de la Salut.

Del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya: Isabel Hernández, Xavier Guinart, Maria Comellas, Vigilància i Control de l'Aire; Lluís Guitard i Cristina Jové, Gabinet Tècnic.

Enric Rovira, Observatori Mediambient Camp Tarragona.

CREAL: Inmaculada Aguilera, Josep Maria Antó, Laura Bouso, Bénédicte Jacquemin, Laura Fernandez, Nino Künzli, Jordi Sunyer, i Laura Perez.

Agraïments

Els autors agraeixen a Josep Maria Antó, director del Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Antoni Plasència, director general del Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya i Maria Comellas, directora general de Qualitat Ambiental del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, per haver iniciat i donat suport al projecte.

Els autors agraeixen a Isabel Hernández, subdirectora general de Prevenció i Control de la Contaminació Atmosfèrica del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya i als seus col·laboradors per haver facilitat l'accés a les dades mediambientals.

Els autors agraeixen a Elvira Torné i Josep Benet del Registre del Conjunt Mínim Bàsic de Dades de l'Alta Hospitalària (CMBDAH) del Consorci Sanitari de Barcelona (CSB), per haver facilitat l'accés a dades d'admissions hospitalàries.

Els autors agraeixen a Estel Plana, Raquel Garcia i Inmaculada Aguilera, del Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL), el suport en l'accés de dades de l'enquesta de salut respiratòria de la comunitat europea (ECRHS) i amb els mapes SIG.

Traduït de l'informe en anglès "The public health benefits of reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area", Nino Künzli and Laura Perez.

Índex

Llista d'acrònims

Resum

- 1. Introducció**
 - 1.1 Contaminació atmosfèrica i salut
 - 1.2 Contaminació atmosfèrica a Barcelona i àrees adjacents
 - 1.3 Avaluació de l'impacte sobre la salut pública de la contaminació atmosfèrica
- 2. Objectius**
- 3. Mètodes**
 - 3.1 Enfocament general
 - 3.2 Àrea d'estudi
 - 3.3 Exposició de la població
 - 3.4 Indicadors de salut
 - 3.5 Escenaris d'interès
 - 3.6 Mesures de beneficis per a la salut
 - 3.7 Expressió de la incertesa
- 4. Resultats**
 - 4.1 Mortalitat
 - 4.2 Admissions hospitalàries
 - 4.3 Morbiditat
- 5. Discussió i anàlisi de sensibilitat**
 - 5.1 Comentaris generals
 - 5.2 Funció concentració-resposta
 - 5.3 Indicadors de salut
 - 5.4 Exposició de la població
 - 5.5 Anàlisi de sensibilitat
 - 5.6 Temporalitat entre la millora de la qualitat de l'aire i els beneficis per a la salut
 - 5.7 Comparació amb altres factors de risc
- 6. Valoració monetària dels beneficis per a la salut**
 - 6.1 Introducció
 - 6.2 Valors monetaris–enfocament VSL
 - 6.3 Resultats basats en l'enfocament VSL
 - 6.4 Discussió de la valoració monetària
- 7. Conclusions generals**

Bibliografia

Llista d'acrònims

µg/m³	micrograms per metres cúbics
BC	Bronquitis Crònica
CAFE-CBA	<i>En anglès,</i> Clean Air For Europe cost-benefit analysis
CIM 9	Codi Internacional de Malalties revisió 9
CIM 10	Codi Internacional de Malalties revisió 10
COI	<i>En anglès,</i> Cost of Illness
ECRHS	<i>En anglès,</i> European Community Respiratory Health Survey
EIS	Estudi d'Impacte en la Salut
EPA	<i>En anglès,</i> Environmental Protection Agency
EUA	Estats Units
FCR	Funció Concentració-Resposta
FN	Fums Negres
IC del 95%	Interval de confiança del 95%
LY	<i>En anglès,</i> Life years
NO₂	Diòxid de nitrogen
OMS	Organització Mundial de la Salut
PM	<i>En anglès,</i> Particulate Matter
PM₁₀	<i>En anglès,</i> Partícules en suspensió amb un diàmetre inferior a 10 micromètres
PM_{2.5}	<i>En anglès,</i> Partícules en suspensió amb un diàmetre inferior a 2.5 micromètres
PTS	Partícules en Suspensió
QALY	<i>En anglès,</i> Quality Adjusted Life Years
UE	Unió Europea
VOLY	<i>En anglès,</i> Value of Life Years
VSL	<i>En anglès,</i> Value of Statistical Life
WTP	<i>En anglès,</i> Willingness-To-Pay

Resum

En la darrera dècada, nombrosos estudis duts a terme amb persones i animals han confirmat que l'exposició als nivells actuals de contaminació atmosfèrica provocada per l'home origina una àmplia gamma d'efectes perjudicials per a la salut, des de malalties diverses fins la mort. Investigacions més recents apunten que els contaminants emesos pels automòbils i els camions són un motiu de preocupació especial pel que fa a la salut. Uns quants estudis fins i tot mostren que la morbiditat i la mortalitat han baixat de seguida en àrees on la qualitat de l'aire ha millorat.

Malgrat que encara hi ha temes d'investigació oberts, la informació de què es disposa és suficient per quantificar d'una manera aproximada la càrrega de problemes de salut que es pot atribuir a la contaminació atmosfèrica en una regió, un país o una ciutat determinats. Aquesta avaluació de riscos (o la traducció de les conclusions obtingudes en recerca pel que fa a una quantificació de la càrrega per a la salut pública) és una eina important per informar sobre la dimensió del problema actual i, per tant, sobre els beneficis potencials per a la salut pública que es deriven de la regulació de la contaminació atmosfèrica.

Els mesuraments de la qualitat de l'aire que s'han fet els darrers anys revelen alts nivells de contaminació en moltes àrees urbanes d'arreu del món. A la ciutat de Barcelona i els municipis limítrofs, els compostos relacionats amb les emissions del trànsit són motiu de preocupació especial. Per exemple, les partícules en suspensió inhalables (PM₁₀) –partícules minúscules, de 10 micròmetres o menys, d'origen sòlid o líquid suspeses a l'aire– i el gas diòxid de nitrogen (NO₂), totes dues substàncies principalment originades pel trànsit, sobrepassen sovint els estàndards actuals fixats per protegir la salut.

La Generalitat de Catalunya està planificant estratègies per millorar la qualitat de l'aire a les zones de Catalunya que tenen la concentració de contaminació més gran. El primer pas és implantar un pla d'actuació per a l'àrea metropolitana de Barcelona. L'objectiu a curt termini d'aquest pla és reduir la contaminació atmosfèrica de l'àrea de cara a l'any 2010 per ajustar-se als estàndards actuals d'acord amb la legislació de la Unió Europea (UE). L'objectiu d'aquest estudi és fonamentar els beneficis per a la salut, que s'espera que es deriven d'una reducció de la contaminació atmosfèrica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Mètodes

El mètode que s'ha emprat per estimar els beneficis per a la salut es basa en enfocaments estàndards per obtenir el nombre d'efectes perjudicials que es poden atribuir a un factor de risc establert. Fan falta aquests mètodes ja que no és possible observar o comptar directament el nombre de casos que es deuen a factors de risc com ara el tabac, les dietes o la contaminació atmosfèrica.

El càlcul requereix tres informacions bàsiques: 1) la freqüència o la incidència total actual d'un problema de salut en la població; 2) el nivell actual de contaminació i el nivell futur esperat per obtenir el *canvi* en les concentracions a què s'exposa la gent i 3) la informació quantitativa sobre l'associació entre l'exposició a la contaminació atmosfèrica i la incidència de conseqüències per a la salut.

Problemes de salut seleccionats: L'estudi va centrar l'avaluació en tres tipus principals de conseqüències per a la salut rellevants per a les persones i les autoritats sanitàries, en virtut de la gravetat i la càrrega que representen: la mortalitat per causes totals, incloent-hi morts degudes a la exposició a la contaminació atmosfèrica a llarg i curt termini; la morbiditat, incloent-hi símptomes relacionats amb la bronquitis crònica i l'asma; i l'ús de l'atenció sanitària representat pels ingressos hospitalaris per malalties cardiovasculars i respiratòries.

Contaminació seleccionada: Tot i que la contaminació atmosfèrica consisteix en una barreja complexa de centenars de components tòxics, les avaluacions de riscos no es poden fer per a cada substància de manera individual. En l'enfocament més útil es fa servir un marcador de contaminació atmosfèrica urbana, i la major part d'avaluacions de riscos utilitzen partícules en suspensió a l'ambient (PM) per descriure la càrrega de la contaminació i els beneficis de les regulacions. Aquest projecte també es basa en les PM, concretament les PM₁₀. Es van observar beneficis en comparar els nivells de PM₁₀ als quals la població està exposada actualment amb els nivells esperats després de la disminució de la contaminació. L'exposició mitjana actual de la població a les PM₁₀ es va estimar prop de 50 µg/m³; aquesta exposició es va estimar per a 57 municipis limítrofs amb Barcelona i una població total de gairebé 4 milions d'habitants.

Escenaris d'interès: La recerca que s'ha fet fins ara arreu del món suggereix que els efectes perjudicials de la contaminació atmosfèrica existeixen fins i tot a nivells molt baixos, i que no hi ha evidència de cap llindar dins del qual la contaminació no tingui efectes. A conseqüència d'això, qualsevol millora de la qualitat de l'aire té com a resultat algun benefici per a la salut; i a l'inrevés, si es continua deteriorant la qualitat de l'aire a Barcelona, augmentarà encara més la càrrega que la contaminació suposa per a la salut actualment. Així doncs, per quantificar els beneficis de les estratègies de reducció de la contaminació, s'ha de comparar la càrrega actual amb la que s'estima que hi hauria si la qualitat de l'aire estigués en nivells més baixos.

Aquest projecte avalua dos escenaris de nivells més baixos per quantificar l'impacte de la contaminació atmosfèrica per a la salut. Un primer set de càlculs avalua els beneficis sobre la salut si, com preveu el pla de gestió de la contaminació atmosfèrica de la Generalitat de Catalunya, s'assoleixen els estàndards actuals de la Unió europea (UE) pel que fa a la qualitat de l'aire. Per tant, aquest estudi quantifica el benefici que s'obtindria si la concentració d'exposició mitjana actual de la població a les PM₁₀ es reduís aproximadament 10 µg/m³ per tal d'ajustar-se a aquest estàndard (una mitjana anual de 40 µg/m³). D'altra banda, s'ha demostrat en moltes regions i en molts països que els plans

sostinguts de mitigació tenen com a resultat una tendència duradora de millora de la qualitat de l'aire. Per tant, en un segon grup de càlculs s'han quantificat també els beneficis anuals per a la salut sobre la base que la contaminació es continuï reduint fins que s'ajusti al nivell mitjà anual proposat per l'Organització Mundial de la Salut (OMS), que són els nivells mínims actuals reconeguts per protegir la salut de les persones. Per tant, aquest segon escenari quantifica els beneficis que s'obtidrien si es reduïssin les PM_{10} aproximadament $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tal d'ajustar-se a l'estàndard recomanat per l'OMS (una mitjana anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}).

Valor monetari dels beneficis: Atès que les societats disposen de recursos limitats per adjudicar projectes i implantar polítiques, la traducció dels beneficis per a la salut en valors monetaris és necessària, i els costos es poden comparar directament amb els costos de les inversions destinades a la mitigació. Basant-se en aquestes avaluacions, la agència de protecció ambiental dels Estats Units (EUA) va concloure fa uns anys que una de les regulacions més eficients que han proposat fins ara va ser controlar la qualitat de l'aire. El total de les inversions per a millorar la qualitat de l'aire es va estimar que seria molt menor que el benefici per a la societat. No obstant això, encara hi ha discussions i debats sobre els mètodes més apropiats per a derivar els costos de morbiditat i mortalitat, sobre alguns mètodes usats més sovint en valoracions de cost-benefici, però sense arribar a un acord definitiu sobre el tema. Aquest estudi proporciona un marge de costos (en euros per anys) per aquests beneficis basats en una metodologia habitualment emprada i un nou enfocament proposat en l'àmbit de projectes europeus.

Beneficis

Beneficis per a la salut derivats de l'ajustament a l'estàndard proposat per l'OMS pel que fa a PM_{10} .

Aquest estudi ha posat de manifest que cada any es podrien arribar a produir 3,500 morts prematures menys entre les persones més grans de 30 anys (prop d'un 12% de totes les morts entre persones a partir de 30 anys), una estimació que inclou 520 morts degudes a la exposició a curt termini a la contaminació atmosfèrica. Aquesta reducció del risc de mort representaria uns 14 mesos d'increment en l'esperança de vida. A més d'una reducció de la taxa de mortalitat, s'ha estimat que aquesta reducció podria representar, per any, 1.800 hospitalitzacions cardiorespiratòries menys, 5.100 casos menys de bronquitis crònica en adults, 31.100 casos menys de bronquitis agudes en nens i 54.000 atacs d'asma menys en nens i adults.

Beneficis per a la salut derivats de l'ajustament a l'estàndard proposat per la UE pel que fa a PM_{10} .

Satisfer els nivells regulats per la UE de cara al 2010 és el primer pas d'una estratègia a llarg termini necessària per complir els estàndards més estrictes de l'OMS. Segons l'estudi, la reducció dels nivells actuals de contaminació atmosfèrica fins als estàndards de la UE ja permetria obtenir uns beneficis substancials pel que fa a la salut i els costos, assolint una tercera part dels resultats esmentats per l'escenari de l'OMS. Per exemple, la reducció dels nivells de contaminació atmosfèrica anuals fins als estàndards de la UE tindria com a resultat unes 1.200 morts menys a l'any (prop d'un 4% de totes les morts entre persones a partir de 30 anys). En termes d'esperança de vida, això suposa un augment de gairebé 5 mesos. Aquesta reducció també podria resultar en 600 hospitalitzacions cardiorespiratòries menys, 1.900 casos menys de bronquitis crònica en adults, 12.100 casos menys de bronquitis agudes en nens i 18.700 atacs d'asma menys en nens i adults.

Beneficis monetaris

Malgrat les converses actuals sobre la validesa dels mètodes existents per desenvolupar valoracions econòmiques, el benefici econòmic va ser estimat en 700 Euros per persona i any basant-se en un enfocament revisat del programa europeu de qualitat de l'aire (CAFE, segons les sigles en anglès) i en 1600 euros per persona i any, basant-se en l'enfocament utilitzat més sovint en aquest tipus d'estudis, aquests estimacions representant un total de 3.000 i 6.400 milions d'euros l'any, respectivament. Per l'escenari que assumeix una reducció de les PM₁₀ al nivell de la EU, el benefici econòmic estimat és de 300 euros per persona i any amb l'enfocament CAFE i 600 Euros per persona i any per l'enfocament "normal", o una mitja total de 1100 i 2300 milions d'euros per any. Les estimacions obtingudes per els dos mètodes comporten un marge d'incertesa que es solapen.

Discussió i conclusió

L'evidència del paper que té la contaminació atmosfèrica a l'hora de causar efectes perjudicials per a la salut incloent la mort és molt gran: l'avalen centenars d'estudis fets arreu del món, molts a Barcelona mateix.

L'estudi de risc del CREAL també suggereix un impacte substancial de la contaminació atmosfèrica sobre la salut pública en línia amb altres avaluacions a Europa. En contrast amb les morts ocasionades per accidents de trànsit, l'impacte de la contaminació atmosfèrica no es pot calcular directament i només se'n pot fer una quantificació aproximada. De fet, les assumpcions i enfocaments utilitzats en aquesta avaluació molt probablement han subestimat els beneficis totals que es podrien obtenir amb una reducció de la contaminació atmosfèrica. Els factors més importants d'aquesta subestimació són:

- La llista dels efectes sobre la salut associats a la contaminació atmosfèrica és molt més llarga que la que s'ha presentat en l'avaluació de riscos. No s'han avaluat de manera separada els efectes de la contaminació en l'infart de miocardi, l'arítmia i els accidents vasculars cerebrals, ja que en gran mesura, però no completament, es poden incloure en l'estimació d'hospitalització i mortalitat. L'estudi no ha inclòs efectes perjudicials per a la salut menys greus que se sap són causats per la contaminació atmosfèrica, com per exemple la irritació dels ulls, la tos i altres símptomes respiratoris, ni les conseqüències de malalties, com ara l'augment de l'automedicació, ni les absències escolars o laborals, atès que no es disposa de dades de base poblacional suficientment detallades per quantificar-ne la càrrega a Barcelona.
- L'estudi no ha quantificat la càrrega total de contaminació atmosfèrica, només el benefici que comportaria la reducció dels nivells actuals de PM₁₀ fins a 40 µg/m³ i 20 µg/m³, respectivament. Com que no hi ha evidència d'un llindar per sota del qual no es produeixin efectes, se suposa que una reducció per sota de 20 µg/m³ de PM₁₀ comportaria encara més beneficis per a la salut.
- Per quantificar el problema, l'estudi només ha tingut en compte les PM₁₀, però la contaminació és molt més complexa. Alguns altres contaminants poden tenir efectes independents (per exemple, l'ozó) o poden interactuar amb les PM i, per tant, augmentar els efectes d'aquestes. No hi ha prou dades sobre contaminació ni/o estudis epidemiològics pertinents que es puguin emprar en aquesta avaluació de riscos local. Altres estudis, per exemple, al Regne Unit o als EUA, han inclòs contaminants com ara l'ozó, amb la qual cosa s'ha demostrat que hi ha una càrrega addicional.
- Barcelona té una densitat de trànsit molt elevada, juntament amb una de les densitats de població més altes de tot Europa. En altres paraules,

moltes persones viuen, treballen i passen el temps molt a prop del trànsit del carrer. Estudis recents apunten el rol perjudicial de viure a menys de 50-100 metres de vies molt transitades. La distribució per proximitat del trànsit no està disponible actualment a Barcelona; per tant, aquesta nova evidència no es va poder fer servir en aquesta avaluació de riscos. Tanmateix, es creu que la càrrega per a la salut ocasionada pel trànsit queda clarament subestimada en aquesta avaluació. A més, uns quants estudis que mesuren l'efecte directe de les PM sobre les persones mentre caminen, van en bicicleta i condueixen per una ciutat semblant a Barcelona arriben a la conclusió que l'exposició personal a les PM₁₀ és encara més gran per a molta gent que la que mesuren els monitors, tot i que aquests constitueixen la base de les concentracions estimades que es van considerar en l'estudi.

Els resultats obtinguts per l'estudi són *càlculs aproximats* i presenten incerteses intrínseques a aquesta mena d'avaluació. El marge d'incertesa que presenta aquest estudi inclou la que s'observa en l'associació quantitativa entre les PM₁₀ i la salut i, havent considerat totes les afeccions, és aproximadament del 50% en les estimacions. Tot i que són menys en quantitat i més difícils de quantificar a causa de la manca d'informació, altres dades utilitzades en els càlculs també presenten incerteses inherents, com ara la distribució de concentracions de PM₁₀ en tota la regió o la freqüència de les afeccions per a la salut (per exemple, els nombres d'atacs d'asma per persona i any), que són estimacions que parteixen d'estudis.

Aquest estudi mostra que la reducció dels nivells de PM₁₀ a Barcelona comportaria beneficis importants per a la salut. Algunes estratègies per reduir la contaminació comporten millores sostingudes i realment immediates de la qualitat de l'aire. Així doncs, la qüestió és si els beneficis per a la salut també seran immediats. Un estudi d'intervenció recent ha mostrat una baixada regular i immediata de les taxes de mortalitat després de la prohibició de l'ús del carbó a la ciutat de Dublín. De la mateixa manera, s'ha demostrat que els símptomes en nens milloren si baixa la contaminació atmosfèrica. No obstant això, és raonable pensar que no tots els beneficis d'una millora de la qualitat de l'aire es podran detectar d'una manera immediata. En general, s'espera que els efectes aguts de la contaminació (per exemple, les hospitalitzacions) es redueixin paral·lelament a la millora de la qualitat de l'aire, però una reducció dels efectes crònics (per exemple, la disminució de la taxa de casos nous de càncer de pulmó, asma o malalties pulmonars obstructives cròniques) de la contaminació atmosfèrica pot trigar més a materialitzar-se. Segons una estimació d'un model proposat en un estudi recent, es pot esperar que un 40% del total de morts atribuïbles es materialitzi ja el primer any.

Com s'elabora en l'apartat "Discussió" d'aquest informe, el concepte de morts atribuïbles, encara que sigui útil com a aproximació a curt termini o per un parell d'anys, no és apropiat per expressar els beneficis a llarg termini de la reducció de la contaminació multiplicant les morts atribuïbles per el nombre d'anys de reducció de contaminació. Això es degut al fet que la mort no és evitable, però solament es pot posposar mitjançant la prevenció de malalties. Així doncs, el canvi en l'esperança de vida i l'estimació del guany en anys de vida són mesures més apropiades per quantificar els beneficis a llarg termini de les polítiques d'intervencions. Aquest aspecte és especialment rellevant per estimar beneficis monetaris a llarg termini d'estratègies de reducció de la contaminació atmosfèrica.

En resum, l'estudi mostra que la millora de la qualitat de l'aire en l'Àrea Metropolitana de Barcelona per ajustar-se als nivells de la UE i als nivells més estrictes proposats per l'OMS recentment, és possible que tinguin beneficis substancials immediats i a llarg termini per als residents d'aquesta àrea.

1. Introducció

1.1 Contaminació atmosfèrica i salut

Els estudis experimentals realitzats a sistemes cel·lulars, tant d'animals com d'éssers humans, així com un gran nombre d'estudis epidemiològics, han posat de manifest que els nivells actuals de contaminació atmosfèrica antropogènica produeixen mortalitat i morbiditat en els humans [1]. En especial, s'han estudiat en profunditat els efectes a curt termini de la contaminació atmosfèrica, és a dir, els efectes que es produeixen unes hores o uns dies després de l'exposició, mitjançant diversos estudis realitzats a Espanya [2, 3]. Segons la feblesa i la susceptibilitat dels subjectes, els efectes a curt termini dels nivells actuals de contaminació atmosfèrica varien des de molèsties menors, reducció de la funció pulmonar o símptomes respiratoris lleus fins a efectes respiratoris i cardiovasculars més greus com ara exacerbacions de les crisis asmàtiques o de la bronquitis crònica, o el desencadenament d'arítmies, infarts de miocardi i accidents vasculars cerebrals. A causa d'aquests efectes més greus, s'ha observat que, a mesura que augmenten els nivells de contaminació, també augmenta el nombre de consultes mèdiques, consultes d'urgències i admissions hospitalàries. L'efecte més greu que pot arribar a comportar la contaminació atmosfèrica és la mort. Les taxes de mortalitat també augmenten gradualment a mesura que la qualitat de l'aire es deteriora. Atès que aquests efectes no es produeixen solament durant els episodis greus de contaminació atmosfèrica, sinó a tots els nivells de contaminació, no es disposa de dades que posin de manifest que hi ha "nivells segurs" de contaminació atmosfèrica. L'exposició diària i a llarg termini a la contaminació atmosfèrica també facilita l'aparició de canvis patofisiològics crònics i malalties cròniques que, en darrera instància, redueixen l'esperança de vida. Diversos estudis de cohorts, realitzats tant als Estats Units (EUA) com a Europa, confirmen que els nivells actuals de contaminació atmosfèrica redueixen l'esperança de vida i els efectes resulten especialment greus, ja que poden causar la mort per problemes cardiovasculars, així com càncer de pulmó [4]. Cada cop hi ha més estudis que també suggereixen que les persones que viuen molt a prop de carrers molt transitats experimenten altres efectes negatius per a la salut, com asma o mort [5, 6].

Queden moltes qüestions per resoldre i s'estan investigant de forma intensa en el terreny internacional. S'inclouen investigacions dels mecanismes que provoquen els efectes a la salut observats i la caracterització dels constituents i fonts més rellevants de l'àmbit toxicològic. Tanmateix, ja s'han portat a terme diversos estudis experimentals que confirmen el rol de diverses vies patofisiològiques que, en darrera instància, causen els efectes observats [7]. En conseqüència, en els darrers anys han augmentat considerablement les dades que recolzen un efecte advers causal de la contaminació en la salut, i l'ús d'aquesta evidència en anàlisis de risc s'ha fet cada vegada més prevalent.

1.2 Contaminació atmosfèrica a Barcelona i a les rodalies

La qualitat de l'aire, és a dir, les partícules en suspensió a l'aire (PM, segons les sigles en anglès) i el diòxid de nitrogen (NO₂), de Barcelona i les rodalies és molt pobre i, en els últims anys, aquesta situació s'ha agreujat [8]. La concentració d'aquests contaminants superen àmpliament els estàndards desenvolupats per protegir la salut pública que ja han adoptat altres governs, com el dels EUA, l'Estat de Califòrnia, i alguns països de la Unió Europea (UE). Els nivells de contaminació també superen de forma regular les directrius sobre la qualitat de l'aire que l'OMS recomana per protegir la salut pública [9]. Per exemple, a l'any 2004, a la ciutat de Barcelona, la

concentració mitjana anual de partícules amb un diàmetre inferior a 10 μm (PM_{10}) era de 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mitjana entre sis monitors fixos), 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2005, i 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2006, quan les directrius sobre la mitjana anual de la qualitat de l'aire establertes per l'OMS és de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La mitjana anual de tots els monitors també supera aquest valor. Per exemplificar-ho, a la **Taula 1.1** es presenta la mitjana anual de PM_{10} de Barcelona en comparació amb els nivells d'altres ciutats de tot el món que proporciona l'informe sobre les directrius de la qualitat de l'aire de l'OMS [9].

Diversos estudis epidemiològics han demostrat els efectes adversos de la contaminació atmosfèrica a la població de Barcelona. Per exemple, l'exposició a curt termini a nivells elevats de contaminació atmosfèrica augmenta el risc de mortalitat en poblacions amb malalties cròniques preexistents [10]. La gran densitat de trànsit, junt amb una densitat d'habitants elevada i la limitació d'espai entre edificis suggereix que l'impacte en la salut de la contaminació atmosfèrica i, especialment, la contaminació deguda al trànsit, poden constituir un problema especialment greu en aquesta zona.

Actualment, les autoritats governamentals de Barcelona i les rodalies estan fent molts esforços per reduir la contaminació atmosfèrica. El primer pas en aquest repte és el desenvolupament d'un pla d'actuació per reduir els nivells de la qualitat de l'aire fins als estàndards que estableix la UE amb la directiva 1999/30/CE, que regula els valors límits de NO_2 i PM_{10} a l'atmosfera, que normalment se superen. La concentració mitjana anual establerta per la UE de NO_2 y PM_{10} se situa en 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mentre que els valors són molt menys estrictes del que recomanen els estàndards de la comunitat científica i les directrius sobre la qualitat de l'aire que la OMS ha publicat recentment per protegir la salut pública, la reducció d'aquests nivells constitueix un primer pas molt important per a aquelles ciutats europees que pateixen problemes greus deguts a la qualitat de l'aire. Segons la directiva de la UE, els Estats membres han de prendre les mesures necessàries per assegurar que a l'any 2010 no es superin els límits de NO_2 (valor mitg anual límit de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre que el valor màxim de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (mitjana anual) s'hauria de complir des de l'1 de gener del 2005. A l'octubre del 2006 el consell de la UE es va posar d'acord en un nou esborrany de la directiva de qualitat de l'aire a Europa que s'ha enviat al Parlament Europeu per a una segona lectura. El nou esborrany manté un límit mitjà anual de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per PM_{10} amb un màxim de 35 dies a l'any amb nivells per sobre de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'esborrany també introdueix les $\text{PM}_{2.5}$ en la legislació amb un límit anual de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per el 2015 i una reducció del 20% dels nivells anuals de les mitjanes de 2008-2010 a 2018-2020. El nou límit recomanat per la OMS és per $\text{PM}_{2.5}$ es de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quan el límit establert en els de qualitat de la EUA es de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estat de California. En el 2005, tots els nous límits van ser superats a Barcelona. Per exemple, els nivells diaris de $\text{PM}_{2.5}$ van estar entre 25 i 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 1999-2006 en tres llocs de mostreig (L'Hospitalet, Sagrera, Avinguda Diagonal) [11-13]. A l'àrea Metropolitana de Barcelona encara no es mesurant regularment els nivells de $\text{PM}_{2.5}$.

Taula 1.1. Mitjana anual de les concentracions de PM₁₀ observades a algunes ciutats del món

Continent	Ciutat	Mitjana anual de concentracions PM ₁₀ (µg/m ³)
Àsia	Nova Delhi	160
	Seül	60
	Tòquio	30
Amèrica Llatina	Lima	110
	Ciutat de Mèxic	55
	São Paulo	49
Àfrica	El Caire	150
	Ciutat del Cap	25
Europa	Praga	60
	Barcelona	55
	Roma	55
	Oslo	45
	Londres	25
	Estocolm	20
Amèrica del Nord	San Diego	50
	Los Angeles	48
	Nova York	25

Font: [9] OMS. Directrius sobre la qualitat de l'aire. Actualització global 2005.

1.3 Avaluació de l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut pública

Els científics i les agències de salut pública cada cop es preocupen més per valorar l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut pública. Aquestes valoracions consisteixen en traslladar els resultats de les recerques cap a una quantificació aproximada del problema sanitari en una determinada zona, país o ciutat que es pot atribuir a la contaminació atmosfèrica. També poden servir per fer una quantificació aproximada dels beneficis potencials de polítiques de reducció de la contaminació atmosfèrica. Aquest treball de translació serveix per a informar a les persones encarregades d'establir polítiques i al públic sobre l'envergadura aproximada del problema. Tot i que a nivell individual els efectes de la contaminació atmosfèrica en general són bastant petits –és a dir, menys importants que l'hàbit del tabac per exemple–, l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut pública pot ser bastant substancial. El motiu d'aquesta paradoxa prové del fet que tota la població està exposada a la contaminació atmosfèrica, o al menys en un cert grau, mentre que només hi ha una minoria de població que fumi activament. A més, la contaminació atmosfèrica de vegades és més elevada a les zones amb més densitat de població, de forma que la càrrega sanitària general també es veu augmentada.

Durant els últims 15 anys s'han anat desenvolupant els mètodes per valorar l'impacte de la contaminació atmosfèrica [14]. Aquests mètodes s'han discutit a les comissions de l'OMS i han fet que els experts aportin recomanacions. Les agències governamentals de la Gran Bretanya i altres països de la UE així com l'Agència de Protecció Mediambiental dels Estats Units (EPA) i de Califòrnia fan servir aquests mètodes de forma habitual, i una comissió de l'Acadèmia Nacional de Ciències dels EUA va aprovar els enfocaments generals. Les valoracions de l'impacte en la salut (EIS) de la contaminació atmosfèrica s'han aplicat de forma diferent segons les extensions geogràfiques, des de valoracions globals aproximatives fins a estudis locals, nacionals o internacionals més sofisticats.

Darrerament s'han fet diverses estimacions de l'impacte en la salut (segons les sigles EIS, Estudi d'Impacte en la Salut) a Europa, per la qual cosa s'han proporcionat diferents càlculs de la càrrega de contaminació atmosfèrica en el cas d'Espanya i/o de la ciutat de Barcelona. Tots aquests estudis han mostrat que en general la càrrega en salut atribuïble a la contaminació atmosfèrica principalment prové dels efectes en mortalitat en adults deguts a l'exposició a llarg termini a les partícules.

Un dels primers EIS fets a Europa va ser l'"estudi trinacional" [15]. Aquest estudi va estimar l'impacte de la contaminació atmosfèrica total i la del trànsit en la salut a tres països: Àustria, França i Suïssa. L'estudi va mostrar que la contaminació atmosfèrica causa el 6% de la mortalitat total o més de 40.000 casos atribuïbles per any. Aproximadament la meitat d'aquesta contaminació es va poder atribuir al trànsit rodat, que segons els càlculs també podia generar més de 25.000 nous casos de bronquitis crònica en adults, més de 290.000 episodis de bronquitis en nens, més de 500.000 atacs d'asma i més de 16 milions de persones amb dies de restricció d'activitat.

Una altra avaluació és, en anglès, *Air Pollution and Health: A European Information System* (APHEIS) [16-18]. L'APHEIS es va crear l'any 1999 per proporcionar dades i recursos sobre la contaminació atmosfèrica als encarregats de prendre decisions i establir polítiques, als professionals de la salut i del medi ambient, al públic en general i als mitjans de comunicació. Barcelona és una de les ciutats que forma part de la xarxa APHEIS. En la darrera avaluació de l'APHEIS, l'APHEIS-3, es va calcular que a Europa cada any es podrien prevenir 11.000 morts prematures si es reduís l'exposició a les $PM_{2,5}$ a llarg termini a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aquesta avaluació s'ha basat en una població total de gairebé 39 milions d'habitants. Així mateix, es va calcular que, de mitjana, l'esperança de vida d'una persona de 30 anys es podria allargar, segons la zona geogràfica, de 2 a 13 mesos si les concentracions de $PM_{2,5}$ no superessin els $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Una tercer EIS seria, en anglès, *European Environment and Health Information System* (ENHIS) [19]. L'ENHIS és un sistema metodològic que s'encarrega d'aconseguir la viabilitat dels EIS en el cas de diferents factors de risc mediambiental. En el cas de la contaminació atmosfèrica, l'EIS deriva el nombre d'esdeveniments sanitaris deguts a la contaminació atmosfèrica (PM_{10} i ozó) per a diferents poblacions (nens, adults, persones grans i població en general) i diferents ciutats d'Europa. Per Barcelona, els resultats s'han centrat en les morts i hospitalitzacions per ozó en la població general i mort infantil per PM_{10} . A Barcelona, l'EIS va demostrar que cada reducció de la concentració mitja diària de 8 hores d'ozó a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ evitaria 22 morts anuals a la població general de la zona d'estudi, 11 per malalties cardiovasculars i 9 per problemes respiratoris. Quant a les admissions hospitalàries, es reflectiria en evitar un ingrés per causes respiratòries de la població adulta (de 15 a 64 anys) i 21 en el cas de la població de més de 64 anys. El nombre relativament petit de casos evitables obtingut per l'ENHIS es degut a nivells d'ozó baixos a Barcelona així com a una taxa de mortalitat infantil molt baixa.

Un quart EIS important és la valoració de l'impacte del projecte "Clean Air for Europe cost-benefit analysis" o CAFE-CBA [20]. L'objectiu del programa CAFE-CBA era desenvolupar a llarg termini polítiques integrades i estratègiques per protegir la població europea dels principals efectes negatius de la contaminació atmosfèrica per a la salut humana i per al medi ambient. El CAFE-CBA ha calculat la càrrega sanitària de la contaminació atmosfèrica exterior en funció del nivell d'emissions previstos per al 2020 a Europa per part dels Estats membres respecte a les diferents polítiques legislatives. Aquest EIS també ofereix una anàlisi del cost-benefici que comportaria un canvi a les emissions per part d'Europa. L'estudi CAFE-CBA ha estimat que, en base a nivells del 2000 i en comparació amb la legislació actual, la contaminació atmosfèrica causa 22.000 morts prematures a



Espanya així com altres tipus de malalties, que podrien representar per càpita un cost total d'entre 400 i 1.000 euros per any depenent dels mètodes de càlculs seleccionats.

Continuant amb el projecte "Global Burden of Diseases", l'OMS ha proporcionat recentment per cada país la càrrega mediambiental per factors de risc seleccionats incloent-hi la contaminació atmosfèrica [21]. Per Espanya, la càrrega de la contaminació atmosfèrica s'ha estimat en 5.800 morts per any. Aquesta estimació assumeix una reducció dels nivells mitjans de PM₁₀ de 30 µg/m³ a 20 µg/m³, el nivell anual mitjà de PM₁₀ recentment recomanat per l'OMS. Aquesta estimació solament ha considerat ciutats amb poblacions de més de 100.000 habitants, o un 42% de la població espanyola total (43,1 milions).

Tot i que s'ha pogut calcular aproximadament la càrrega sanitària de la contaminació atmosfèrica d'Espanya i Barcelona amb aquests estudis europeus, fins ara no s'ha fet una valoració detallada d'una regió d'Espanya.



2. Objectius

Aquest projecte pretén efectuar una valoració de l'impacte en la salut (EIS) de la contaminació atmosfèrica dins l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

L'objectiu principal d'aquest estudi és proporcionar un primer càlcul dels possibles beneficis sanitaris per als residents de la zona que s'aconseguirien amb una millora continua de la qualitat de l'aire. L'estudi també presenta un càlcul aproximat dels costos que comportarien aquests beneficis.

S'espera que els resultats de l'estudi facilitin informació útil per a les persones encarregades d'elaborar les polítiques mediambientals, així com també per al públic en general.

3. Mètodes

3.1 Enfocament general

L'estructura metodològica general de l'EIS de la contaminació atmosfèrica s'ha descrit a diversos informes i articles [14, 15, 22, 23]. Consisteix en aplicar els mètodes que s'han fet servir durant dècades per derivar el risc atribuïble de determinats factors de risc com el tabac. La fracció atribuïble és la fracció d'un problema sanitari que pot atribuir-se a una exposició determinada (en comparació amb una exposició inicial) o a un canvi d'exposició. Si es coneix el nombre total de casos d'un problema sanitari en una població específica, llavors els casos atribuïbles poden derivar-se per a aquesta població. Donat el fet que no es donaria cap "cas atribuïble" si no es produís l'exposició; de vegades la fracció atribuïble s'anomena "càrrega evitable".

La informació necessària per calcular els "casos atribuïbles" està formada per tres quantitats: (1) la freqüència amb la qual apareix un problema sanitari a la població, és a dir, el nombre de casos per any d'un indicador de salut específic, (2) el nivell d'exposició per part de la població a un factor de risc i (3) l'associació quantitativa entre l'exposició i la conseqüència sanitària (la funció concentració-resposta o FCR).

A més d'aquestes quantitats, la valoració de la càrrega sanitària de la contaminació atmosfèrica depèn de l'àrea d'estudi definida, l'elecció del sistema mètric d'exposició, la selecció de resultats sanitaris inclosos a la valoració, i l'elecció de "nivells de referència".

En els paràgrafs següents es detallen les dades específiques i la metodologia utilitzada en aquesta avaluació en relació amb aquests aspectes centrals.

3.2 Àrea d'estudi

La ciutat de Barcelona es troba a la costa central de Catalunya, al nord-est d'Espanya, però forma part d'una zona industrial i urbana que s'estén diversos quilòmetres cap al nord, l'oest i el sud de la ciutat. Aquesta zona extensa sol anomenar-se Àrea Metropolitana de Barcelona. Tanmateix, no s'ha determinat l'extensió geogràfica precisa d'aquesta àrea i varia segons les entitats locals que s'hi refereixen. En aquest projecte, l'àrea geogràfica està formada per 57 municipis que es van escollir com a àrea d'estudi. Aquesta àrea es va seleccionar per la seva continuïtat geogràfica i s'esperava que els municipis presentessin similituds en quant a l'exposició a la contaminació atmosfèrica. Aquesta zona extensa s'anomenarà Àrea Metropolitana de Barcelona en el text referint-se a una zona més ampla que la definida per altres entitats. Els municipis constitueixen la unitat més petita de les que es disposen dades.

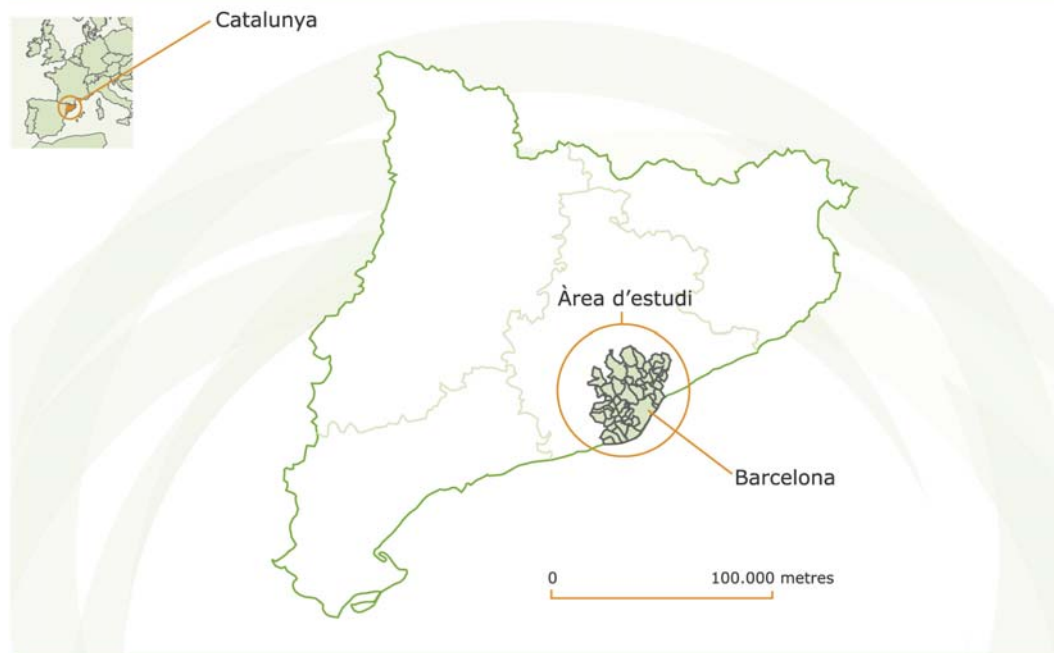
A la **Figura 3.1** es presenta l'àrea d'estudi d'acord amb la seva situació geogràfica regional. La **Taula 3.1** representa la distribució de la població en els 57 municipis inclosos a l'àrea d'estudi.

Taula 3.1. Distribució de la població en els 57 municipis de l'àrea d'estudi, any 2004

Municipi	Codi postal	Població total	% de població total	Densitat de població (hab/km ²)
Abrera	80018	9.422	0,24	471
Badalona	80155	214.874	5,55	9.767
Badia del Vallès	89045	14.313	0,37	14.313
Barberà del Vallès	82520	27.202	0,70	3.400
Barcelona	80193	1.578.546	40,80	15.785
Canovelles	80410	14.001	0,36	2.000
Castellar del Vallès	80517	19.475	0,50	433
Castellbisbal	80543	10.352	0,27	334
Castelldefels	80569	53.964	1,39	4.497
Cerdanyola del Vallès	82665	56.065	1,45	1.809
Cervelló	80689	6.980	0,18	233
Corbera de Llobregat	80728	11.278	0,29	627
Cornellà de Llobregat	80734	83.327	2,15	11.904
El Papiol	81580	3.628	0,09	403
El Prat de Llobregat	81691	63.148	1,63	2.037
Esplugues de Llobregat	80771	45.915	1,19	9.183
Gavà	80898	43.242	1,12	1.395
Granollers	80961	56.456	1,46	3.764
Hospitalet de Llobregat	81017	250.536	6,48	20.878
La Llagosta	81056	12.944	0,33	4.315
Lliçà d'Amunt	81075	12.009	0,31	546
Lliçà de Vall	81081	5.696	0,15	518
Martorell	81141	25.010	0,65	1.924
Martorelles	81154	4.912	0,13	1.228
Molins de Rei	81234	22.496	0,58	1.406
Mollet del Vallès	81249	50.691	1,31	4.608
Montcada i Reixac	81252	30.953	0,80	1.346
Montmeló	81350	8.724	0,23	2.181
Montornès del Vallès	81363	14.065	0,36	1.407
Olesa de Montserrat	81477	20.294	0,52	1.194
Palau Solità i Plegamans	81568	12.499	0,32	833
Palma de Cervelló	89058	2.881	0,07	524
Parets del Vallès	81593	15.912	0,41	1.768
Pallejà	81574	9.746	0,25	1.218
Polinyà	81672	5.855	0,15	651
Ripollet	81803	33.605	0,87	8.401
Rubí	81846	66.425	1,72	2.076
Sabadell	81878	193.338	5,00	5.371
Sant Adrià de Besos	81944	32.921	0,85	8.230
Sant Cugat del Vallès	82055	65.061	1,68	1.355
Sant Fost de Campsentelles	82093	7.039	0,18	541
Sant Quirze del Vallès	82384	15.729	0,41	605
Sant Viçenç dels Horts	82634	26.477	0,68	2.942
Santa Coloma de Cervelló	82444	6.652	0,17	832
Santa Coloma de Gramanet	82457	116.503	3,01	16.643
Santa Perpètua de Mogoda	82606	20.844	0,54	1.303
Sentmenat	82671	6.628	0,17	237
Sant Andreu de la Barca	81960	23.675	0,61	3.946
Sant Boi de Llobregat	82009	80.636	2,08	3.665
Sant Climent	82042	3.366	0,09	306
Sant Feliu de Llobregat	82114	41.954	1,08	3.496
Sant Joan Despí	82172	30.242	0,78	5.040
Sant Just Desvern	82212	14.910	0,39	1.864
Terrassa	82798	189.212	4,89	2.703
Torrelles de Llobregat	82896	4.324	0,11	309
Vallirana	82956	11.678	0,30	487
Viladecans	83015	60.033	1,55	3.002
Total Àrea	--	3.868.663	100	3.548¹

Font: Institut d'Estadística de Catalunya, any 2004; ¹ densitat mitjana de població.

Figura 3.1.



Localització geogràfica dels 57 municipis de Catalunya inclosos a l'estudi. L'àrea d'estudi s'anomena "Àrea Metropolitana de Barcelona" en tot el text.

3.3 Exposició de la població

3.3.1 Marcador de la contaminació atmosfèrica utilitzat en aquest projecte

La contaminació atmosfèrica és una mescla complexa de constituents i agents contaminants que sovint estan molt correlacionats. Els estudis epidemiològics no poden separar la contribució específica de cada component als problemes per a la salut, i els estudis toxicològics encara no proporcionen informació quantitativa clara sobre la resposta a la dosi de tots els agents contaminants i les seves interaccions. En conseqüència, les valoracions de l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut depenen dels estudis epidemiològics que utilitzen marcadors de la qualitat de l'aire. Tampoc es pot avaluar l'impacte de diversos agents contaminants i sumar-los ja que la càrrega total quedaria àmpliament sobreestimada. Està reconegut que els efectes adversos de la contaminació de l'aire en salut estan relacionats especialment amb les partícules en suspensió (PM). En el cas d'aquesta avaluació, s'ha seleccionat a les PM_{10} per representar la contaminació atmosfèrica de l'ambient urbà. Molts dels estudis utilitzats en aquesta avaluació i que han presentat associacions amb les PM s'han basat en PM_{10} . Hi ha un estudi que va quantificar el risc utilitzant les fraccions fines de PM, és a dir les $PM_{2,5}$, partícules amb diàmetre inferior a 2,5 micròmetres, i un altre estudi que va utilitzar les partícules totals en suspensió (PTS), que generalment corresponen a partícules fins a 30 micròmetres de diàmetre o més. En l'absència d'informació epidemiològica completa per cada tipus de fracció de PM, és necessari fer conversions entre les diverses fraccions. Aquest projecte ha utilitzat en els casos necessaris un factor de conversió de 0,6. Aquest factor assumeix que les $PM_{2,5}$ representen el 60% de les PM_{10} com s'ha proposat en altres estudis [15]. Aquest factor és similar a la fracció observada a monitors a Barcelona [11-13].

Hi ha dades suficients per suggerir que l'ozó provoca efectes addicionals a la salut. És probable que aquests efectes siguin independents dels altres agents contaminants i que puguin també tenir efectes sinèrgics, especialment a l'estiu.

Tanmateix, atès que els efectes de l'ozó són de curta durada i relativament petits considerant les concentracions predominants d'aquesta àrea urbana, la contribució total d'ozó en la càrrega total de contaminació atmosfèrica urbana pot ser relativament reduïda i, per tant, no s'ha inclòs en aquesta avaluació. Els efectes sanitaris de l'ozó a la ciutat de Barcelona es poden consultar a l'informe local de l'EIS de l'ENHIS per a la ciutat de Barcelona [19]. Els resultats d'aquest estudi mostren que una reducció de la concentració diària màxima de 8 hores d'ozó de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previndria per any unes 20 morts (IC del 95%: 10-40), i unes 20 hospitalitzacions per causes cardiovasculars. En aquest informe, el marge de les concentracions sobre 24 hores de l'ozó a Barcelona a l'estiu era entre 30 i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor mitjà durant 8 hores recomanat per l'OMS al 2006 per la protecció de la salut humana és de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

S'ha d'emfatitzar que és probable que l'ús d'un únic marcador de la contaminació atmosfèrica resulta en un subestimació dels beneficis que resultarien d'una gestió de la qualitat de l'aire, ja que reduir la contaminació atmosfèrica implica reduir altres contaminants com el NO_2 , el NO_x i el benzè que poden tenir efectes sobre la salut independents o sinèrgics.

3.3.2. Determinació de l'exposició de la població

Per obtenir casos atribuïbles per a un determinat canvi de concentració, és necessari determinar el nivell d'exposició de la població abans que es produeixi el canvi. En aquest context, amb "exposició" ens referim a concentracions de fons per PM_{10} representatives de l'exposició de la residència de les persones. Els nivells actuals es consideraran el punt de referència per a futurs canvis. Es disposa de diverses aproximacions per determinar l'exposició de la població en funció del nivell de detall de les dades disponibles. L'aproximació més ordinària consisteix en utilitzar el(s) valor(s) mitjà(ans) anual(s) que es mesura/en amb un monitor (escollit perquè seria "representatiu" per l'àrea d'estudi). Un enfocament més sofisticat consisteix en utilitzar superfícies de contaminació modelades, que es sobreposen a les distribucions de la població per així obtenir les estimacions detallades de les distribucions de l'exposició de la població. Depenent de la disponibilitat de dades, es podrà recórrer a mètodes intermediaris.

En aquesta avaluació, l'exposició de la població està representada per la concentració mitjana que considera la població de cada municipi (concentració mitjana ponderada per població). Aquestes concentracions es van obtenir en funció de l'edat. L'any de referència per a la valoració de les concentracions ambientals va ser el 2004, que concorda amb l'any per al qual es disposava de dades sobre la qualitat de l'aire i dades sobre els efectes per a la salut. Els grups d'edat encaixen amb aquells utilitzats en els estudis de recomanacions que proporcionen les relacions concentració-resposta (FCR) escollides a l'avaluació (vegeu la secció 3.4) i inclou totes les edats, 0-1 anys, 0-15 anys, ≥ 15 anys, ≥ 25 anys i ≥ 30 anys.

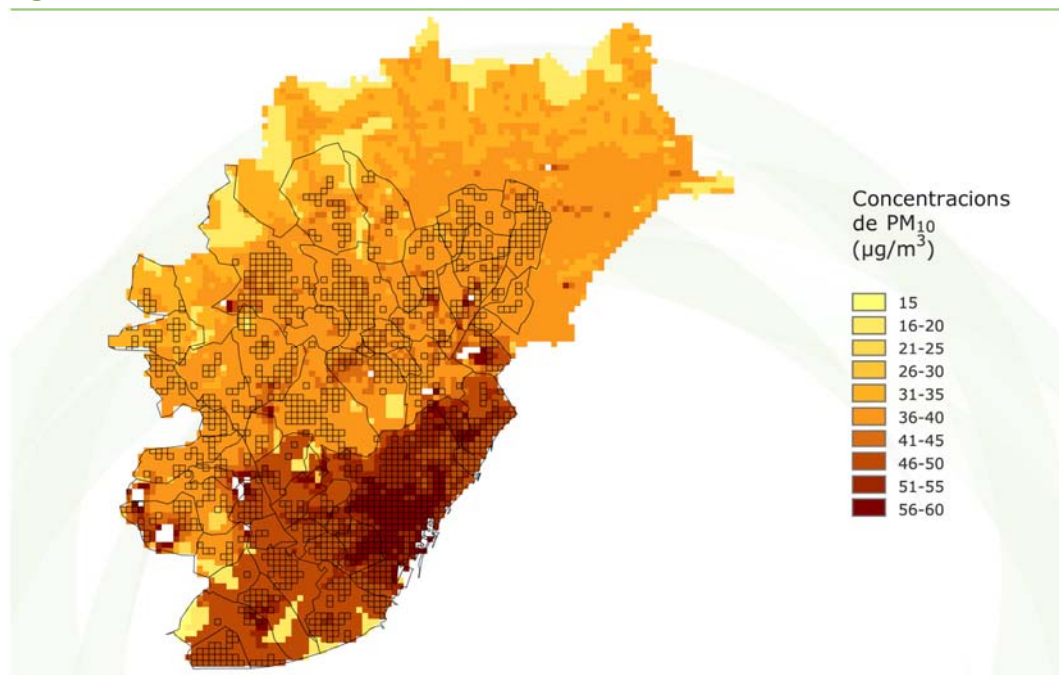
Les concentracions mitjanes de PM_{10} ajustades per a la població es van obtenir com s'explica a continuació. En primer lloc, es va calcular una concentració mitjana per a les zones urbanitzades de cada municipi. Les concentracions es van extreure del mapa modelat de concentració superficial de PM_{10} i que el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya ha desenvolupat [24]. El mapa es va desenvolupar aplicant diferents models de dispersió de l'aire per predir les concentracions a l'àrea d'estudi amb diferents fonts d'emissió de PM_{10} al 2004. El mapa obtingut es va validar realitzant comparacions amb concentracions obtingudes a monitors fixos. El mapa de superfície de concentracions es va elaborar en una xarxa de 500×500 m (o un total de 6095 cel·les). En total es van descartar 31 cel·les individuals de la xarxa que presentaven al menys una concentració dues vegades superiors a les concentracions de les cel·les veïnes. Això representa que en la derivació de la concentració mitjana ponderada per població es van ignorar les concentracions per a la població que viu en aquestes cel·les, assumint que estan

exposades a la concentració mitjana. El Departament de Medi Ambient i Habitatge de Catalunya també va encarregar-se de desenvolupar el mapa de les zones urbanitzades [8]. Per obtenir una mitjana de les concentracions per zona urbanitzada de cada municipi, es van dividir les cel·les de les zones urbanitzades que cauen entre dos o més municipis. Finalment, la mitjana ponderada per a grups d'edat es va obtenir multiplicant la població d'una edat determinada de cada municipi per la concentració mitjana del municipi, dividint-la per la població total d'una edat determinada de l'àrea d'estudi. A la **Taula 3.2** es presenta la mitjana de població ajustada que s'ha d'utilitzar com a concentració de l'exposició representativa per a l'àrea d'estudi. A la **Figura 3.2** es presenta la superposició del mapa de concentració amb les àrees urbanitzades. La **Gràfica 3.1** presenta la concentració mitjana de PM₁₀ de cada municipi abans de la ponderació per població. Cal esmentar que aquests mapes de superfície constitueixen la base actual per a l'avaluació de les polítiques ambientals dirigides a aconseguir un aire més net a la zona de Barcelona, i que recolzen el seu ús en aquesta valoració.

Taula 3.2. La concentració de l'exposició ajustada per a la població utilitzada a l'EIS. Es presenten els intervals d'edat que encaixen amb les funcions concentració-resposta.

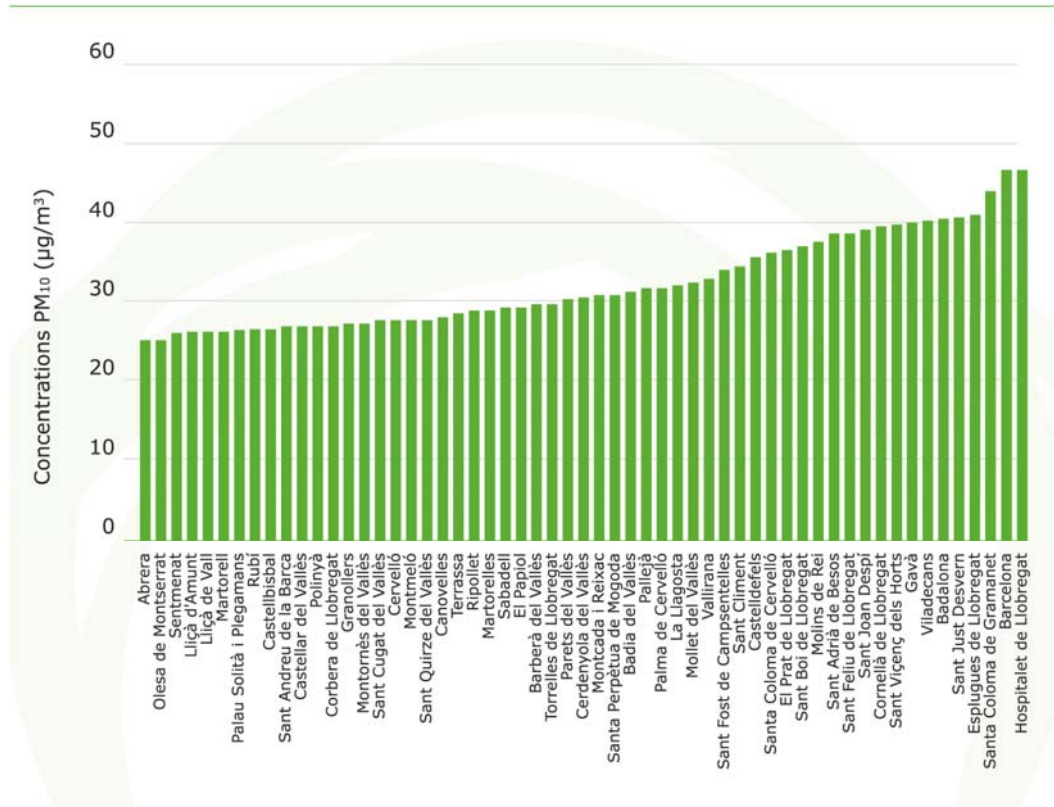
Edat	Població (2004)	% de població total	Concentració de l'exposició de PM ₁₀ µg/m ³ (mitjana ajustada segons la població)
0-1	38.630	0,999	49,0
0-15	520.850	13,5	49,2
≥15	3.347.813	86,5	50,3
≥25	2.897.272	74,9	50,4
≥30	2.532.824	65,4	50,4
Totes	3.868.663	100	50,1

Figura 3.2.



Model de la superfície de la concentració de PM₁₀ a l'Àrea Metropolitana de Barcelona l'any 2004 [24]. Els quadrats representen les àrees urbanitzades. El contorn dels 57 municipis està superposat al mapa de superfície.

Gràfica 3.1. Concentracions mitjanes de PM₁₀ a les zones urbanitzades dels 57 municipis inclosos dins l'àrea d'estudi



3.4 Efectes sobre la salut

3.4.1 Selecció dels indicadors de salut

Tot i que s'intenta que les valoracions de l'impacte reflecteixin la càrrega total de la contaminació atmosfèrica per a la salut, aquesta valoració es restringeix als efectes amb suficient evidència o amb evidències suficientment acceptades d'una associació amb la contaminació atmosfèrica i per les quals es disposa de dades suficients, com l'existència d'una funció concentració-resposta (FCR) i de dades de prevalença o incidència entre la població objecte de l'estudi. A més, l'avaluació es va restringir als indicadors de salut que s'han utilitzat anteriorment en altres anàlisis de risc a Europa o als EUA.

Per fer aquesta avaluació, es van estudiar tres grans grups de resultats sanitaris per representar la càrrega de contaminació atmosfèrica que afecta la salut a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Aquests resultats són les dades de mortalitat, morbiditat (incloent símptomes de malalties cròniques i asma) i d'ús de l'atenció sanitària.

Quant a la mortalitat, l'impacte de la contaminació atmosfèrica és una combinació d'efectes a curt termini i d'acumulatius [25]. Per exemple, la contaminació atmosfèrica d'un dia determinat pot desencadenar infarts de miocardi, accidents vasculars cerebrals o mort després d'uns quants dies o setmanes (efectes a curt termini). D'altra banda, la contaminació atmosfèrica pot conduir a processos de malalties cròniques que contribueixen a reduir el temps de vida. Els estudis que han investigat els efectes en la mortalitat de la contaminació atmosfèrica han mostrat que els efectes cumulats són molt més grans que els efectes designats com a curt termini [26, 27]. Aquesta valoració té en compte els efectes de la mortalitat tant a curt termini com a llarg termini, i es considera que els efectes a llarg termini són els efectes finals acumulats d'altres traumatismes. Les dades de mortalitat infantil (<1 any) s'han tractat de forma independent.

Entre els efectes de la contaminació atmosfèrica es troben una diversitat de símptomes relacionats amb els sistemes cardiovascular i respiratori. Els efectes de morbiditat de la contaminació atmosfèrica es van avaluar amb símptomes de bronquitis. Per avaluar els efectes a curt termini es van considerar les hospitalitzacions urgents degudes a malalties cardiovasculars o respiratòries. A més, s'ha demostrat que la contaminació atmosfèrica té un impacte més greu en individus susceptibles, com és el cas dels asmàtics. Per tant, el possible impacte de la contaminació atmosfèrica en nens o adults amb asma en el desenvolupament de símptomes aguts d'asma (atacs d'asma) es va avaluar per separat.

Tot i que es poden obtenir dades epidemiològiques dels efectes de la contaminació atmosfèrica per altres efectes (com per exemple, el nombre de visites mèdiques i consultes d'urgències per problemes cardiorespiratoris, absències escolars i dies d'activitat restringida), no es van avaluar en aquest estudi, ja que no es disposa de dades de referència suficientment detallades per a la població estudiada i l'evidència científica per a alguns d'aquests efectes és encara limitada.

3.4.2 Funció concentració-resposta i freqüència inicial dels indicadors en la població

Les funcions concentració-resposta (FCR) quantifiquen la relació entre un canvi de les concentracions de contaminació atmosfèrica i els efectes en la salut. Les FCR constitueixen la informació més rellevant en l'avaluació dels beneficis per a la salut d'una reducció de la contaminació.

Les FCR utilitzades en aquesta avaluació es deriven d'estudis individuals o d'una mitjana ponderada resultant de varis estudis epidemiològics. Per establir comparacions, s'han fet servir les FCR utilitzades en altres valoracions europees de l'impacte en la salut de la contaminació atmosfèrica. També s'han preferit les FCR de poblacions amb característiques comparables a les de la població de l'àrea d'estudi

(per exemple, les FCR d'estudis europeus). Quan aquests criteris no s'han pogut complir, s'han preferit estudis recents a estudis més antics. En l'estudi de sensibilitat es presenten opcions alternatives per a la selecció de les FCR. De forma similar, quan no s'ha disposat de freqüències inicials dels indicadors en salut per a l'àrea de Barcelona, s'han escollit valors europeus.

En les seccions següents es detalla la font i el valor de les FCR, així com les freqüències de referència utilitzades per a cada indicador de salut seleccionat com es resumeix a la **Taula 3.3**.

Taula 3.3. Freqüències inicials o nombre dels indicadors de salut i funcions concentració-resposta utilitzades en la valoració de l'impacte en la salut de la contaminació atmosfèrica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Indicadors de salut	Edat	Freqüència/nombre inicial en població		Funció concentració-resposta per PM ₁₀		
		Percentatge	Font	Mitjana (IC de 95%) per 10 µg/m ³	Font1	
Mortalitat						
Mort infantil (ICD10 A00-R99)	<1	117	Registre mortalitat Catalunya 2004	1,048 (1,022-1,075)	Recull d'estimacions Lacasaña, et al 2005 [28]	
Efectes a curt termini Totes les causes (ICD10 A00-R99)	Totes	29.473	Registre mortalitat Catalunya 2004	1,006 (1,004-1,008)	Recull d'estimacions de l'OMS, 2004 [27]	
Causes respiratòries (ICD10 J00-J99)	Totes	3.052	Registre mortalitat Catalunya 2004	1,013 (1,005-1,021)	Recull d'estimacions de l'OMS, 2004 [27]	
Causes cardiovasculars (ICD10 I00-I52)	Totes	9.489	Registre mortalitat Catalunya 2004	1,009 (1,005-1,013)	Recull d'estimacions de l'OMS, 2004 [27]	
Efectes a llarg termini Totes les causes (ICD10 A00-R99)	≥30	29.187	Registre mortalitat Catalunya 2004	1,043 (1,026-1,061)	Recull d'estimacions Künzli et al. 2000 [15]	
Morbiditat						
Malalties cròniques	Bronquitis crònica adults	≥25	0,71%	ASHMOG Estats Units	1,098 (1,009-1,194)	Abbey et al. 1993 [26]
	Bronquitis aguda nens	<15	12,2%	SCARPOL Suïssa	1,306 (1,135-1,502)	Recull d'estimacions Künzli et al. 2000 [15]
Síntomes relacionats amb l'asma	Atacs d'asma adults	≥15	Asmàtics: 8,1% Mitjana de crisis/any: 1.4	ECHRS II Barcelona	1,039 (1,019-1,059)	Recull d'estimacions Künzli et al. 2000 [15]
	Atacs d'asma nens	<15	Asmàtics: 7,2% Mitjana de crisis/any: 3	SARI Barcelona SCARPOL Suïssa	1,041 (1,020-1,051)	Recull d'estimacions Ward&Ayres 2004 [29]
Ús de l'atenció sanitària						
Admissions hospitalàries per causes respiratòries (ICD9 460-519)	Totes	34.593	CMBDAH Area Barcelona 2004	1,011 (1,006-1,017)	APHEIS 3, 2005 [16]	
Admissions hospitalàries per causes cardiovasculars (ICD9 390-429)	Totes	35.080	CMBDAH Area Barcelona 2004	1,006 (1,003-1,009)	Le Tertre et al. 2002 [30]	

Notes: ¹. Fa referència a l'estudi del qual es va extreure el recull d'estimacions. En el text es proporciona una descripció detallada dels estudis que s'han fet servir per obtenir el recull d'estimacions. CIM: Codi Internacional de Malalties; IC de 95%: Interval de Confiança del 95%.

3.4.2.1 Mortalitat i esperança de vida

Mort infantil

Pel que fa a la mortalitat infantil, l'FCR utilitzada es va basar en una estimació conjunta obtinguda de diversos estudis sobre el possible impacte de la contaminació atmosfèrica en els fetus i els nens (de menys d'un any) publicats entre 1994 i 2003 [28]. Es va utilitzar una FCR representant un canvi del 4,8% en la mortalitat [Interval de Confiança del 95%: (IC del 95%) 2,2-7,5] per cada canvi de 10 µg/m³. Aquesta estimació també es va fer servir a la recent EIS de l'ENHIS.

Efectes a curt termini en mortalitat

Com ja s'ha mencionat anteriorment, l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la mortalitat és una combinació entre efectes aguts i acumulats. Es presenten estimacions per efectes aguts que es consideren com a part dels efectes totals acumulats de llarg termini (paràgraf següent). Per tant, els efectes aguts i a llarg termini no s'han de sumar. L'FCR utilitzada per als efectes a curt termini sobre la mortalitat deguts a fluctuacions diàries en les concentracions atmosfèriques d'agents contaminants es va obtenir a partir d'una metanàlisi quantitativa de diversos estudis sobre els efectes de l'exposició a curt termini de les PM que ha desenvolupat l'OMS (OMS 2004) i que prové de 33 ciutats i regions europees diferents. La majoria de les estimacions es van extreure del programa APHEA (en anglès, *Air Pollution and Health - A European Approach*) [31, 32], on Barcelona va ser una de les ciutats estudiades. La metanàlisi va proporcionar estimacions de totes les morts per causes cardiovasculars i respiratòries. Per efectes totals, l'FCR representa un 0,6% (IC del 95%: 0,4-0,8) més de morts per a cada canvi de 10 µg/m³ de PM₁₀. Es presenten estimacions per efectes totals, cardiovascular i respiratori però es important ressaltar que les morts per causes específiques estan incloses en el total.

Efectes a llarg termini en mortalitat (adults ≥30 anys)

Per poder fer comparacions amb altres EIS a Europa (APHEIS-3), s'ha seleccionat una FCR derivada de dos estudis dels EUA, com es proposa en l'estudi trinacional [15], un dels primers EIS a Europa. Els estudis dels EUA més coneguts són el de la Societat de Càncer Americana (American Cancer Society) o ACS [33] i el "Harvard six studies" [34]. Els dos estudis es van basar en cohorts amplament representatives de la població dels EUA. L'estudi ACS es va basar en mesures de PM_{2,5}, així doncs la FCR es va haver de convertir a PM₁₀ utilitzant els factors de conversió presentats anteriorment. La combinació dels dos estudis va resultar en una FCR del 4,3% (IC del 95%: 2,6-6,1) per cada canvi de 10 µg/m³ de PM₁₀. Una comissió d'experts [35] va analitzar les dades de l'ACS i es van ampliar les anàlisis [36] confirmant els resultats obtinguts prèviament. Actualment, es disposa de cinc estudis europeus on s'han investigat els efectes a llarg termini de la contaminació atmosfèrica urbana que poden resultar en mortalitat [37-41]. Els cinc estudis han establert relacions entre la mortalitat i l'exposició a llarg termini a la contaminació atmosfèrica deguda al trànsit, i han confirmat les estimacions que s'havien obtingut dels dos estudis nord-americans de cohorts. Tot i així, els estudis europeus utilitzen en part diferents mesures d'exposició i per aquest motiu no es va considerar oportú fer un ús directe d'aquestes estimacions o d'una metanàlisi amb els dels EUA per a aquesta fase del projecte.

Freqüències de població

Les dades de totes les defuncions es van extreure del registre de mortalitat de Catalunya (Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya) per l'any 2004. Es van excloure les morts per causa violent.

Increment de l'esperança de vida

Actualment hi ha nombroses discussions sobre el tipus de mesures que s'haurien d'utilitzar per expressar l'impacte de la contaminació atmosfèrica. Moltes anàlisis de risc d'aquest tipus proporcionen estimacions de morts atribuïbles. Això representa un enfocament molt comú per altres tipus d'exposicions, en particular per expressar la càrrega deguda al consum del tabac. Si s'assumeix que una política disminueix la contaminació de l'aire l'1 de gener per a un any sencer, sembla apropiat esperar que el nombre de morts durant aquest any sigui menor a al nombre de morts atribuïbles als efectes aguts i subaguts. Tanmateix, el concepte de casos atribuïbles podria ser enganyós a llarg termini i particularment si s'assumeix que "atribuïble" és el mateix que "evitable". En cap cas la mort n és evitable. Si es segueix una cohort al llarg de la vida, tothom morirà, independentment de si l'aire està net o no. A més a més, a llarg termini, el nombre de morts atribuïbles no és constant degut al canvi de la distribució de l'edat en la població i el canvi de la taxa de mortalitat any rere any. Degut a aquests conceptes restrictius de la mort atribuïble, s'ha proposat expressar l'impacte dels factors de risc per mortalitat més adequadament, quantificant els anys de vida perduts [20]. La primera conseqüència d'una reducció de la mortalitat és, de fet, l'increment de l'esperança de vida en la població, i la manera apropiada doncs de quantificar els beneficis és en termes de temps guanyat [20]. Aquest enfocament també porta algunes limitacions i assumpcions però te avantatges conceptuals, en particular per expressar els beneficis d'un canvi de la qualitat de l'aire a llarg termini sobre anys o dècades i per traduir aquests beneficis en termes de costos. La secció 6 d'aquest informe presenta una descripció detallada d'aquests enfocaments, avantatges, limitacions i la seva aplicació a aquest estudi, conjuntament amb la valoració econòmica dels beneficis per a la salut obtinguts.

Així doncs, si s'accepta que la contaminació atmosfèrica en certa manera escurça la vida, es poden expressar els beneficis per a la salut que s'atribueixen a una millora sustentada de les concentracions atmosfèriques; i es pot expressar calculant l'augment de l'esperança de vida, en lloc de calcular el nombre de morts. L'esperança de vida és el temps que s'espera que queda de vida a una determinada edat. Aquest valor es pot obtenir fent servir taules de vida que utilitzen, d'una banda, l'estructura d'edat observada de la població i, d'altra banda, les dades de mortalitat en funció de l'edat, amb la finalitat de calcular el nombre de supervivents i el nombre de morts "prematures" a cada categoria d'edat en els pròxims anys [42]. Les taules de vida assumeixen que la corba de supervivència per a una cohort prediu el patró temporal de morts en aquesta cohort. L'augment de l'esperança de vida per a un escenari específic de reducció de la contaminació atmosfèrica és la diferència entre l'esperança de vida calculada a partir de les dades observades de mortalitat (el nivell de referència) per a la població estudiada i la calculada amb les dades de mortalitat en funció de l'edat modificades amb l'FCR per un canvi en els nivells de contaminació atmosfèrica per a les diferents situacions estudiades.

En aquesta avaluació, el guany en l'esperança de vida es va calcular seguint mètodes de taules de vida [42].

3.4.2.2 Admissions hospitalàries

L'FCR per a admissions hospitalàries per causes respiratòries que s'ha utilitzat en aquesta avaluació es va desenvolupar dintre de l'informe AHPEIS-3, que feia servir dades de nou ciutats europees i desenvolupava un model de regressió Poisson per establir la relació entre el recompte diari de totes les admissions per causes hospitalàries sobre les concentracions diàries de PM₁₀. L'FCR representa un canvi de l'1,1% en el nombre d'admissions hospitalàries (IC del 95%: 0,6-1,7) per cada canvi de 10 µg/m³ de PM₁₀.

La funció de resposta a l'exposició de les admissions hospitalàries per causes cardiovasculars utilitzada és la que va desenvolupar l'APHEA. Aquesta funció estudia la relació entre les causes cardíaques (Codi Internacional de Malalties revisió 9-CIM 9: 390-429) i els nivells diaris de PM₁₀ a vuit ciutats europees amb models de regressió Poisson [30]. L'FCR representa un canvi del 0,6% (IC del 95%: 0,3-0,9) cada 10 µg/m³ de PM₁₀.

El nombre d'admissions per motius respiratoris i cardiovasculars es va extreure del Registre del Conjunt Mínim Bàsic de Dades de l'Alta Hospitalària (CMBDAH) del Consorci Sanitari de Barcelona (CSB). Aquest registre compila dades de tots els hospitals públics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona amb zona de cobertura de tots els municipis inclosos en aquest estudi, la qual cosa suggereix una bona estimació del nombre inicial d'hospitalitzacions. A més a més, s'ha estimat que les altes registrades pel CMBDAH representen una cobertura del 98% de totes les altes del servei públic.

3.4.2.3 Morbiditat

Bronquitis crònica (adults ≥25 anys)

Com que no es disposa d'estudis europeus sobre les relacions entre les exposicions a llarg termini de la contaminació atmosfèrica i la morbiditat, l'FCR per a l'aparició de nou casos de bronquitis crònica (BC) en adults s'obté de l'estudi ASHMOG, una cohort formada per membres de l'Església Adventista del Setè Dia (a partir de 25 anys) dels EUA. Aquesta FCR es va utilitzar a l'EIS trinacional [15]. L'estudi de l'Església del Setè Dia va investigar l'associació entre exposició a concentracions ambientals acumulades a llarg termini i nou casos de BC [26]. Aquest estudi va utilitzar les PTS com a mesura d'exposició. Després de la conversió, l'FCR representa un canvi del 9,8% (IC del 95%: 0,9-19,4) per cada 10 µg/m³ de PM₁₀. Poxs altres EIS han inclòs aquest indicador. CAFE-CBA proposa dos FCR diferents derivades de l'estudi ASHMOG, amb una lleugerament inferior a la d'aquesta FCR [43] que es va utilitzar per els seus resultats principals. En l'apartat d'anàlisi de sensibilitat es comparen les estimacions utilitzant aquesta altra FCR.

L'estimació de la freqüència inicial de nou casos de BC en la població no és obvia. Aquesta malaltia no està ben monitorada ni tampoc ben definida en els estudis existents. Per tant la prevalença i incidència pot variar substancialment depenent de la definició utilitzada per descriure un rang de fenotips que es solapen (com per exemple bronquitis crònica, obstrucció crònica del pulmó, emfisema, etc.). A més, la freqüència d'aquests fenotips depenen molt dels hàbits tabàquics de la població, ja que fumar és la causa dominant per el desenvolupament d'aquestes malalties.

Per ser internament consistent amb l'FCR, s'ha aplicat una incidència de BC com la que s'ha observat i defineix en l'estudi ASHMOG [26], l'estudi utilitzat per derivar l'FCR. Els nou casos de BC representen un 0,71% per any en la població ASHMOG. L'avantatge d'aquesta selecció és que la població de l'Església Adventista del Setè Dia normalment és nofumadora de per vida. Per tant, les observacions de l'estudi ASHMOG [26] s'apliquen millor a nofumadors i no està afectada per hàbits tabàquics, un factor de risc que contribueix substancialment a la BC.

Tanmateix, es biològicament plausible que els contaminants afectin diferents fenotips de la malaltia de la mateixa manera que afecta a la definició única escollida per la BC. Per tant, es presenta en l'estudi de sensibilitat una comparació amb estimacions per definicions alternatives de BC com proposat en el CAFE-CBA.

Bronquitis aguda en nens (< 15 anys)

Com que no es disposa d'estudis locals sobre els efectes de l'exposició a llarg termini a la contaminació atmosfèrica, l'FCR per a l'aparició de casos de bronquitis aguda en nens es va obtenir de diversos estudis que s'havien utilitzat prèviament a l'EIS trinacional. L'estimació conjunta prové de tres estudis [44-46] per a intervals d'edat de 10-12, de 8-12 i de 6-15, respectivament. Els estudis es van realitzar entre 1980 i 1991. La definició de bronquitis als tres estudis era, respectivament, "en els últims 12 mesos el metge ha diagnosticat bronquitis al vostre fill/a?", "el vostre fill/a ha patit bronquitis durant els últims 12 anys?", i "el vostre fill/a ha patit una malaltia de vies respiratòries en els últims 12 anys?". Per tant, l'FCR representa un canvi del 30,6% (IC del 95%: 13,5-50,2) per cada 10 µg/m³ de PM₁₀.

Com que no es disposa de freqüències de referència a l'Àrea Metropolitana de Barcelona que coincidint amb les definicions de l'FCR sobre la prevalença de bronquitis aguda en nens, es va preferir servir la prevalença del 12,2% de l'estudi SCARPOL. L'SCARPOL és un estudi transversal que es va realitzar l'any 1992/1993 i que va investigar la relació entre l'exposició a llarg termini a la contaminació atmosfèrica i la salut i l'al·lèrgia respiratòria en els nens de Suïssa. L'estudi SCARPOL també va permetre obtenir l'FCR [46].

Atacs d'asma en adults (≥ 15 anys)

Com que no es disposa d'estimacions més recents, l'FCR per a l'aparició d'atacs d'asma en adults que va utilitzar-se es va obtenir i presentar per primera vegada a l'EIS trinacional [15]. L'estimació conjunta es va extreure de tres estudis d'experts europeus realitzats en adults [47-49]. El període de recerca va ser entre 1992 i 1995, i els atacs es van definir com sibilacions o insuficiència respiratòria. L'FCR representa un canvi del 3,9% (IC del 95%: 1,9-5,9) per cada 10 µg/m³ PM₁₀.

El nombre d'asmàtics i d'atacs d'asma per adults es va obtenir de la informació sobre Barcelona procedent de l'Estudi de Salut Respiratòria de la Comunitat Europea (ECRHS) II i I, respectivament. Es va considerar que el nombre d'adults amb asma era d'un 8,1% basant-se en les preguntes "Heu patit asma algun cop?" i "Ho ha confirmat un metge?". La mitjana del nombre d'atacs d'asma per adults asmàtics va ser d'1,4 i es correspon a la pregunta "Quants atacs d'asma heu patit en els últims 12 mesos?". Es va observar que la freqüència d'asma en els adults de Barcelona era lleugerament inferior a la dels altres llocs estudiats a l'ECRHS (11,6%), on la mitjana de crisis per adults era de 3,6.

Atacs d'asma en nens (< 15 anys)

L'FCR utilitzada per als atacs d'asma es basa en una estimació conjunta procedent d'una revisió sistemàtica dels resultats dels efectes a curt termini de la contaminació atmosfèrica per partícules en nens [29]. Els criteris de valoració d'aquest estudi eren els símptomes respiratoris en aparell respiratori inferior. L'FCR representa un canvi del 4,1% (IC del 95%: 2,0-5,1) per canvi de 10 µg/m³ de PM₁₀. El marge de l'FCR obtinguda es troba dins l'interval obtingut en altres estudis que han investigat les exacerbacions de símptomes i asma; per això, es considera adequat per a aquesta EIS. La mateixa estimació també es va fer servir a l'EIS de l'ENHIS.

Com que no es disposa de dades per a l'Àrea Metropolitana de Barcelona que coincidint amb la definició de l'FCR, el nombre d'atacs d'asma de nens asmàtics s'ha obtingut de l'estudi SCARPOL. A l'estudi es preguntava als participants quants atacs

d'asma havien tingut en els darrers 12 mesos. El nombre d'asmàtics subjacent es va obtenir de l'estudi transversal realitzat a Barcelona (SARI, Estudio sobre la Salud Respiratoria en la Infancia), que va obtenir una prevalença d'asma basada en 10.821 nens de 7 a 8 anys seleccionats de centres d'educació primària de les ciutats de Barcelona i Sabadell. El percentatge de nens asmàtics a Barcelona retingut per aquesta avaluació és del 7,2% i la mitjana de nombre d'atacs d'asma per nen diagnosticades és de 3.

3.5. Escenaris d'interès

Donada la complexitat de les causes de la contaminació atmosfèrica, per reduir-la substancialment es requereixen tot un ventall d'estratègies. Algunes aconseguen que es produeixin millores immediates, mentre que d'altres són objectius a llarg termini. Per reflectir la millora contínua de la qualitat de l'aire, es proporcionen estimacions de risc per a dos escenaris hipotètics.

El primer escenari calcula els beneficis per a la salut si la qualitat de l'aire, que conté PM_{10} , complís les directrius sobre la qualitat de l'aire que recomana l'OMS. L'OMS recomana una mitjana anual de $20 \mu g/m^3$ de PM_{10} o inferior per protegir la salut humana.

El segon escenari calcula els beneficis per a la salut si es donés el pas intermedi de reduir la contaminació atmosfèrica, bàsicament reduint els nivells actuals de PM_{10} fins a l'estàndard de qualitat de l'aire que estableix la UE. La normativa de la UE estableix que els nivells de PM_{10} no haurien de superar una mitjana anual de $40 \mu g/m^3$. Aquest és l'objectiu per a l'any 2010 dels esforços actuals per a l'Àrea Metropolitana de Barcelona que estan portant a terme les autoritats locals.

Si es compara amb altres valoracions dels riscos, no es va avaluar la càrrega total de la contaminació atmosfèrica, és a dir, es va ignorar l'impacte de les concentracions de PM_{10} inferiors a $20 \mu g/m^3$. Tanmateix, no hi ha dades que demostrin un límit on no es produeixin efectes i, per tant, s'espera que els beneficis relacionats amb la reducció de les concentracions per sota de $20 \mu g/m^3$ siguin proporcionalment majors.

3.6. Quantificació dels beneficis per a la salut

3.6.1 Casos atribuïbles

Els beneficis dels canvis en la contaminació atmosfèrica s'expressen com a casos atribuïbles. Els casos atribuïbles s'obtenen de fraccions de població atribuïbles que es calculen amb les FCR, que sovint es corresponen amb un risc relatiu (RR), i el nombre exposat a la comunitat d'interès. Els RR o mesures similars provenen d'estudis epidemiològics i representen la proporció entre la freqüència de casos en un grup que ha estat exposat i un grup de control que no ha estat exposat i s'ha ajustat per diferents covariables per evitar una possible confusió. La fórmula bàsica per obtenir la fracció de població atribuïble (FA_{pop}) d'entre el total de població és la següent:

$$FA_{pop} = \frac{p_p x(RR - 1)}{p_p x(RR - 1) + 1}$$

on p_p representa la fracció de la població exposada al factor (mediambiental) que s'està investigant, i RR la funció concentració-resposta per al canvi d'exposició considerat. En general, es pot escollir l'FCR de dues maneres: utilitzant una estimació d'una recerca realitzada en una zona determinada, com Barcelona en el nostre cas, o derivant-la d'un recull d'estimacions basat en un conjunt de funcions FCR (o RR) ja publicades. Com en altres EIS, s'ha optat pel segon enfocament ja que la disponibilitat de FCR per Barcelona és limitada.

Si tota la població s'ha vist exposada, com és el cas típic dels estudis de contaminació atmosfèrica, la p_p equival a 1 i la fórmula anterior pot simplificar-se en la següent equació, que equival a la fracció atribuïble entre els que han estat exposats.

$$FA_{exp} = \frac{RR - 1}{RR}$$

A partir d'aquesta fracció, s'obtenen els casos atribuïbles multiplicant FA_{exp} pel nombre total de casos inicials observats a la població. Aquest resultat pot obtenir-se tant amb un recompte directe o multiplicant la freqüència subjacent coneguda o suposada per a una població pel total de població. A continuació es presenten dues fórmules addicionals per obtenir el nombre de casos atribuïbles:

$$\text{Casos atribuïbles} = FA_{exp} \times I_t \times N$$

o

$$\text{Casos atribuïbles} = FA_{exp} \times N_c$$

on I_t és la freqüència subjacent en la població, N_c és el nombre de persones de la població que presenten resultats, i N és el nombre total de persones de la població que s'està estudiant.

Per convertir l'FCR obtinguda de les dades publicades als escenaris d'interès de canvi de l'exposició a l'EIS, l'RR s'ha de modificar de la següent forma:

$$RR = e^{\ln(RR_{publical}/Unitats_{publicades}) \times \Delta exp}$$

on Δexp és el canvi de concentració esperat en l'escenari que s'està estudiant i $Unitats_{publicades}$ és la unitat per a la qual es va publicar o obtenir l'RR.

Finalment, els models estadístics utilitzats en els estudis epidemiològics solen proporcionar *odd ratio* (OR) pels models de regressió logística en compte de RR. En el cas d'efectes menors o poc freqüents, els RR i les OR són similars, mentre que, en el cas d'efectes freqüents i quan l'OR és gran, l'OR pot sobreestimar el veritable RR. Per tenir-ho en compte, quan s'ha considerat adequat, s'ha corregit les OR amb la fórmula següent [50].

$$RR = \frac{OR}{1 + I_t \times (OR - 1)}$$

on I_t és la freqüència de la malaltia en la població estudiada.

3.6.2 Número d'impacte

A més dels casos atribuïbles, també es descriuen els resultats obtinguts amb el nombre d'impacte per cas ("case impact number" o CIN, per sigles en anglès). Aquesta mesura s'ha desenvolupat per ajudar a representar l'impacte a la població que pot comportar un canvi d'exposició [51]. Una CIN és la quantitat de persones amb la malaltia per a les quals un cas és atribuïble a l'exposició i , de fet, és recíproca a la FA_{pop} . Pel que fa a exposicions que inclouen tota la població, la CIN té la següent fórmula:

$$CIN = \frac{RR}{RR - 1}$$

3.7. Expressió d'incertesa

Totes les etapes descrites en els paràgrafs anteriors venen amb un rang d'assumpcions i incerteses diferents per cada indicador estudiat. L'avaluació de la càrrega i beneficis no és, per tant, una reflexió precisa de la realitat però una estimació crua del que s'espera que pot canviar en la salut pública si la qualitat de l'aire millora. Per reflectir les incerteses en aquestes estimacions, en general es proporcionen límits al voltant de les estimacions puntuals. A més, hi ha incerteses i assumpcions que no es poden quantificar, per tant, que no estaran representades dins d'aquests límits. Un mètode addicional per expressar la incertesa consisteix per tant en obtenir estimacions utilitzant diferents assumpcions. Això permet proporcionar una idea de la sensibilitat dels resultats a canvis d'assumpcions o dades.

En aquesta avaluació s'ha escollit una estratègia similar a la d'altres projectes. En primer lloc, tots els resultats s'han arrodonit al proper 10, 100, o 1000, etc. En segon lloc, hem proporcionat una estimació puntual amb un valor límit superior i inferior. Aquests límits es basen en la incertesa de l'FCR que es publica en els estudis epidemiològics. S'ha escollit arbitràriament un interval de confiança del 5 i 95 per cent de l'FCR (IC del 95%) que correspon a $\pm 1,96$ vegades l'Error Estàndard (ES) d'aquestes estimacions. Altres anàlisis de risc han utilitzat $\pm 1,0$ ES i proporcionen límits més ajustats [52]. En tercer lloc, s'ha dut a terme una sèrie d'anàlisis de sensibilitat utilitzant assumpcions alternatives per les dades i assumpcions amb més influència o ambigüitat. Així s'ha obtingut una idea de la influència d'aquests factors en les estimacions.

4. Resultats

A la **Taula 4.1** es presenten els beneficis per a la salut que es podrien aconseguir si la mitjana anual de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduís a 20 µg/m³ i 40 µg/m³, respectivament. Com es mostra, els beneficis que s'obtenen assolint els nivells més estrictes de l'OMS són aproximadament tres vegades els beneficis que s'obtidrien si la qualitat de l'aire assolís els estàndards actuals de la UE. A continuació es descriuen els resultats per cada indicador de salut seleccionat.

Taula 4.1. Els beneficis anuals per a la salut que s'esperen (casos atribuïbles) si es produeix una reducció de la mitjana anual de PM₁₀ a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Els resultats queden expressats segons el nombre de casos que s'evitarien i el percentatge que representen respecte del total de casos.

Indicadors de salut		Edat	Beneficis per a la salut (IC del 95%)			
			Reducció de la concentració mitjana anual fins a 20 µg/m ³		Reducció de la concentració mitjana anual fins a 40 µg/m ³	
			Nombre de casos que s'han evitat	% total de casos	Nombre de casos que s'han evitat	% total de casos
Mortalitat						
Mort infantil	Totes les causes	<1	15 (7-22)	13 (6-19)	5 (2-7)	4 (2-26)
Mort deguda exposició a curt termini (aguda)	Totes les causes	Totes	520 (350-690)	2 (1-2)	180 (120-230)	0.6 (0,4-0,8)
	Causas cardiovasculars	Totes	250 (140-360)	3 (2-4)	90 (20-120)	0.9 (0,5-1,3)
	Causas respiratòries	Totes	120 (50-190)	4 (2-6)	40 (20-60)	1.3 (0,5-2,1)
Total morts (exposició a llarg termini); incloent-hi morts agudes)	Totes les causes	≥30	3.500 (2.200-4.800)	12 (7-16)	1.200 (760-1.700)	4 (3-6)
Admissions hospitalàries						
	Causas respiratòries	Totes	1.150 (630-1.670)	3 (2-5)	390 (210-570)	1.1 (0,6-2)
	Causas cardiovasculars	Totes	620 (310-930)	2 (1-3)	210 (110-310)	0.6 (0,3-0,9)
Morbilitat						
Malalties cròniques	Bronquitis crònica en adults	≥25	5.100 (550-8500)	25 (3-41)	1.900 (190-3400)	9 (1-17)
	Bronquitis aguda en nens	<15	31.100 (17.500-40.500)	49 (28-64)	12.100 (6.100-17.400)	19 (10-27)
Síntomes relacionats amb l'asma	Atacs d'asma en adults	≥15	41.500 (21.000-60.500)	11 (6-16)	14.700 (7.300-21.800)	4 (2-6)
	Atacs d'asma en nens	<15	12.400 (6400-15200)	11 (6-14)	4.000 (2.100-5.000)	4 (12-5)

4.1 Mortalitat

4.1.1 Morts atribuïbles

Es calcula que, si els nivells actuals anuals de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³, el descens del nombre de morts prematures per any seria de 3.500 (IC del 95%: 2.200-4.800). Aquesta

estimació inclou 520 morts (IC del 95%: 350-690) per efectes aguts de la mortalitat i 15 morts (IC del 95%: 7-22) degudes a mortalitat infantil (< 1 any).

És a dir, si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³ com recomana l'OMS, el nombre de morts per any per causes naturals a la zona esmentada també es podria veure reduït en un 12% (IC del 95%: 7%-16%), la qual cosa representa una de cada 8 (IC del 95%: 6-13) persones que moren per causes naturals.

La situació intermèdia d'una reducció de la concentració de PM₁₀ a 40 µg/m³ comportaria un terç dels beneficis esmentats anteriorment. És a dir, el nombre de defuncions anual es podria reduir a 1.200 (IC del 95%: 760-1.700) o un 4% (IC del 95%: 3%-6%) de tots els casos, que representa una de cada 24 (IC del 95%: 17-38) persones que moren a l'Àrea Metropolitana de Barcelona que es podrien atribuir a la contaminació atmosfèrica per sobre dels nivells de la UE.

4.1.2 Increment de l'esperança de vida

Com s'ha mencionat en l'apartat de mètodes, una manera que podria ser més apropiada per expressar els beneficis d'una reducció de la contaminació atmosfèrica en reduir la taxa de mortalitat, és en termes d'esperança de vida. A la **Taula 4.2** es mostra un resum de l'increment de l'esperança de vida esperat si es redueix la contaminació atmosfèrica. Si la mitjana anual actual de PM₁₀ es redueix a 20 µg/m³, com recomana l'OMS, s'espera que l'esperança de vida d'una persona de 30 anys augmenti una mitjana de 14 mesos (IC del 95%: 9-20) a causa de la reducció del risc de mort per qualsevol causa.

Si els nivells de PM₁₀ es redueixen a 40 µg/m³, s'espera que l'esperança de vida d'una persona de 30 anys augmenti una mitjana de 5 mesos (IC del 95%: 3-7). Aquest resultat representa aproximadament un terç dels beneficis obtinguts amb la proposta de l'OMS. En el 2004, l'esperança de vida d'un individu de 30 anys a Catalunya va ser de 51.53 anys i una esperança de vida al néixer de 80.75 anys [53].

Taula 4.2. Beneficis per a la salut expressats en forma de temps de vida guanyats per una reducció de la mitjana anual de PM₁₀ a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Resultats	Unitat	Edat	Beneficis per a la salut (IC del 95%)	
			Reducció de la concentració mitjana anual fins 20 µg/m ³	Reducció de la concentració mitjana anual fins 40 µg/m ³
Augment de l'esperança de vida	Mesos	30	14 (9-20)	5 (3-7)

4.2 Admissions hospitalàries

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³, el nombre d'admissions hospitalàries també es podria veure reduït en 1150 (IC del 95%: 630-1.670) casos per any per causes respiratòries i a 620 (IC del 95%: 310-930) casos per any per causes cardiovasculars. Aquest resultat representa un 3% (IC del 95%: 2% - 5%) de totes les admissions anuals per causes respiratòries i un 2% (IC del 95%: 1% - 3%) de totes les admissions anuals per causes cardiovasculars. Expressat en forma de quantitat d'impactes, significa que per a cada 30 (IC del 95%: 21-55) casos d'hospitalitzacions per i 56 (IC del 95%: 38-111) casos per motius respiratoris i cardiovasculars, respectivament, es podria evitar un cas si es reduís la contaminació atmosfèrica al nivell que recomana l'OMS.

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 40 µg/m³, com la situació intermèdia, el nombre d'admissions hospitalàries també es podria reduir en un 1% (IC del 95%: 0,6%-2%) per causes respiratòries i en un 0,6% (IC del 95%: 0,3%-0,9%) per causes cardiovasculars; aquests resultats representen aproximadament un terç dels beneficis anteriors.

4.3 Morbiditat

4.3.1 Malalties cròniques

4.3.1.1 Bronquitis cròniques en adults (>25 anys)

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³, el nombre d'adults amb bronquitis crònica podria reduir-se a 5.100 (IC del 95%: 550-8.500) per any o en un 25% (IC del 95%: 3%-41%) del total de casos, la qual cosa representa un de cada 4 (IC del 95%: 2-37) adults amb bronquitis crònica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 40 µg/m³, com la situació intermèdia, el nombre d'adults amb bronquitis crònica també es podria reduir en un 9% (IC del 95%: 1%-17%).

4.3.1.2 Bronquitis agudes en nens (≥25 anys)

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³, el nombre de nens amb bronquitis aguda podria reduir-se a 31.100 (IC del 95%: 17.500-40.500) per any o en un 49% (IC del 95%: 28%-64%) del total de casos, la qual cosa representa un de cada 2 (IC del 95%: 2-4) nens amb bronquitis aguda a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 40 µg/m³, com a la situació intermèdia, el nombre de casos de bronquitis en nens atribuïble a la contaminació atmosfèrica també es podria reduir en un 19% (IC del 95%: 10%-27%).

4.3.2 Síntomes relacionats amb l'asma

4.3.2.1 Atacs d'asma en adults (≥15 anys)

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³, el nombre de crisis asmàtiques en adults es podria reduir a 41.500 (IC del 95%: 21.000-60.500) per any o en un 11% (IC del 95%: 6%-16%) de tots els atacs d'asma.

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 40 µg/m³, com a la situació intermèdia, el nombre d'atacs d'asma en adults també es podria reduir en un 4% (IC del 95%: 2%-6%) anual.

4.3.2.2 Atacs d'asma en nens (<15 anys)

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 20 µg/m³, el nombre d'atacs d'asma en nens es podria reduir a 12.400 (IC del 95%: 6400-15.200) o en un 11% (IC del 95%: 6%-14%) de tots els atacs d'asma observats anualment.

Si els nivells de PM₁₀ de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es reduïssin a una mitjana anual de 40 µg/m³, com la situació intermèdia, el nombre d'atacs també es podria reduir en un 4% (IC del 95%: 2%-5%).

5. Discussió i anàlisi de sensibilitat

5.1 Comentaris generals

Aquest estudi demostra que la millora de la qualitat de l'aire a l'Àrea Metropolitana suposaria un benefici notable per a la salut. Si els nivells de PM_{10} complissin amb els límits actuals de la UE, la mortalitat podria ser un 4% més baixa. Assolir els nivells de qualitat proposats per l'OMS com a mesura per protegir la salut de les persones podria resultar en uns beneficis fins a tres vegades superiors.

Per tal de fer una millor interpretació dels resultats, és important reconèixer que existeixen una sèrie d'incerteses inevitables a l'hora de realitzar aquest tipus d'estudis de risc. Més important encara és considerar aquests resultats com una indicació de la magnitud dels beneficis que podrien obtenir-se i no pas com xifres exactes. Tal com es comenta en els paràgrafs següents, moltes de les assumpcions escollides i, en particular, la falta de dades, han afavorit una inclinació envers una subestimació de l'impacte i, tenint en compte això, s'ha d'esperar que els beneficis per a la salut pública siguin **majors** que els presentats en aquest estudi.

Els resultats totals presentats pertanyen a un àmbit d'estudi concret. Els resultats relacionats amb zones geogràfiques més petites (com ara l'àmbit municipal) produirien una incertesa més gran, atès que les freqüències de les malalties i les concentracions d'exposició poden ser diferents respecte de les obtingudes en una zona d'estudi més àmplia. Els mapes de concentracions de PM_{10} i la distribució de la població mostren que els resultats estan influenciats per la coincidència de l'alta exposició experimentada a la zona de Barcelona i un reduït nombre de municipis molt poblats. Aquestes són les raons per les quals els resultats no s'expressen en funció del municipi.

Existeixen altres incerteses relacionades amb el desenvolupament d'aquests valors i, en particular, amb els components metodològics, com ara la selecció i la freqüència dels indicadors emprats, l'FCR, l'exposició de la població i la selecció dels indicadors referents a les concentracions ambientals. A continuació, la **Taula 5.1** presenta un resum d'aquestes incerteses amb una representació qualitativa dels efectes que s'esperen segons les estimacions d'aquest EIS i dels diferents elements utilitzats. La secció 5.4 proporciona una anàlisi de sensibilitat de l'impacte sobre els resultats d'algunes de les fonts d'incerteses identificades més importants.

El marge de les estimacions presentades a les taules de resultats es basa en incerteses al voltant de l'FCR. Per a cada indicador es proporcionen tres estimacions: mitjana, superior i inferior, utilitzant la incertesa de l'FCR. S'ha de destacar, però, que no tots els valors entre aquests intervals reflecteixen amb igualtat la probabilitat d'FCR. En general, els valors propers a l'estimació central són més apropiats, mentre que les estimacions superiors i inferiors són alternatives menys probables. Tanmateix, també seria possible que la veritable associació (no observada) entre PM_{10} i salut sigui més gran o més petita que les estimacions observades. Aquesta última possibilitat té una probabilitat de només un 5%.

El resultat presentat es basen únicament en la incertesa de l'FCR. En aquesta fase del projecte no es van dur a terme altres quantificacions de la incertesa, ja que el desenvolupament d'aquesta mitjançant models probabilístics exigeix la utilització d'un gran nombre de dades addicionals que no estan disponibles a Barcelona, i s'haurien de dur a terme pressuposicions addicionals que poden dificultar la interpretació dels resultats.

Taula 5.1. Resum dels efectes esperats sobre les estimacions obtingudes dels diferents elements utilitzats en l'estudi d'avaluació

Elements	Efecte esperat sobre les estimacions
Funcions concentració-resposta	
Estudis recents suggereixen unes FCR més grans per efectes de mortalitat (llarg termini)	↓
Transferibilitat des d'altres entorns	→?
Indicadors de salut	
Nombre d'indicadors avaluats	↓
Paper de les malalties cròniques sobre exacerbacions agudes	↓
Freqüència inicial dels indicadors	→?
Definició dels indicadors	→↑
Exposició de la població	
Elecció de la concentració d'exposició a PM ₁₀	→
PM ₁₀ com a indicador de la contaminació atmosfèrica	↓

Nota:

- ↑: probabilitat de produir sobreestimacions dels efectes
- : probabilitat de produir efectes mínims sobre les estimacions
- ↓: probabilitat de produir subestimacions dels efectes

5.2 Funció concentració-resposta

L'FCR és un dels components amb més influència en els càlculs d'impacte en salut. Per tal d'analitzar l'impacte de la contaminació atmosfèrica en els efectes a llarg termini sobre la mortalitat, en lloc d'utilitzar estimacions més recents fetes a Europa, s'han emprat unes FCR antigues efectuades als EUA per tal de dur a terme comparacions amb altres EIS. A més, els estudis més antics publiquen càlculs per a PM₁₀, mentre que els estudis més recents utilitzen PM_{2,5} per a la quals, a moltes zones de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, no es disposa de mapes de concentració o de dades de monitors fixos. Una comparació dels càlculs realitzats als EUA i a Europa referents als contaminants habituals mostra que els càlculs del risc concorden segons les regions. Per exemple, tal com informa l'estudi francès [39], si assumim que el fum negre (FN) reflecteix aproximadament la PM_{2,5}, el ratio de risc de mortalitat ajustat i associat a una variació de 10 µg/m³ amb una PM_{2,5} va ser d'1,06 (IC de 95%: 1,02-1,11), a un dels estudis nord-americans [33], i d'1,07 (IC de 95%: 1,03-1,10) a l'estudi francès. No obstant això, cal destacar que l'obtenció recent de noves dades referents a la relació entre l'exposició a llarg termini a l'aire contaminat i la incidència de malalties cardiovasculars, incloent-hi la mort, [54, 55] sembla indicar que la magnitud dels efectes a llarg termini sobre la salut podrien ser molt més seriosos del que semblava en els estudis anteriors. Si bé cal verificar-ho amb altres estudis epidemiològics, l'FCR per mortalitat total podria ser més elevada que la que s'ha utilitzat en aquesta avaluació. Aquesta també va ser la conclusió d'un projecte de sol·licitació a experts desenvolupat per l'EPA dels EUA [56]. Per tant, és probable que a l'estudi de risc del CREAL shagi subestimat l'impacte total de l'exposició sobre els efectes a llarg termini.

La magnitud i el marge de les FCR per atacs d'asma s'ha confirmat en diferents estudis, per tant la incertesa juga un rol menys predominant. En canvi, la incertesa augmenta pel que fa als càlculs relatius a la BC, ja que es basen només en una FCR

desenvolupada als EUA [26]. Les estimacions de risc derivades d'aquest mateix estudi que s'han trobat són lleugerament més baixes i també molt més altes, i no és possible especificar el grau i la direcció de la incertesa. S'ha observat en molt altres estudis, com els portats a terme a Suïssa [57], a Alemanya [58] o entre dones europees [59], que la prevalença d'aquests símptomes està relacionada amb la contaminació atmosfèrica. En canvi, fins ara només hi ha un estudi de cohorts amb una FCR relativa a la *incidència* dels símptomes de la BC, una mesura més idònia per a l'avaluació de riscos i beneficis. Els estudis futurs d'epidemiologia haurien de poder resoldre aquesta mancança i conduir a modificar els mètodes de l'EIS per calcular l'impacte sobre els símptomes crònics en adults.

Un altre tipus d'incertesa és la relacionada amb la capacitat de transferir els resultats de les FCR d'estudis realitzats a zones fora de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Per a alguns dels indicadors de salut seleccionats, no hi ha estudis d'associació existents a Barcelona, per tant la comparació es difícil. Per a altres indicadors amb estimacions per a Barcelona, en general s'ha escollit una FCR que representa un recull d'estimacions de diverses ciutats que, en general, és més precís que les estimacions relatives a una sola localitat. S'han realitzat diversos estudis dels efectes a curt termini sobre la mortalitat a Barcelona. Aquests estudis confirmen la magnitud general dels efectes, tot i que algunes estimacions semblen lleugerament superiors a Barcelona [32]. Això pot ser conseqüència d'una major exposició de la població, a causa del tipus d'habitatges i d'infraestructures de la zona. També poden intervenir-hi altres factors com ara les diferències climàtiques, les característiques dels habitatges, el temps passat fora de casa, l'activitat física, l'alimentació, si la persona és fumadora o no, la situació socioeconòmica i l'accés a l'assistència mèdica. A més, la possibilitat que apareguin subgrups especialment vulnerables dins la població estudiada, com són les persones grans o asmàtiques, entre altres, en comparació amb la població per a la qual es va derivar l'FCR, també pot influenciar la magnitud de l'estimació. D'aquesta manera, i atès que els efectes observats a Barcelona van ser lleugerament superiors, el fet d'haver utilitzat unes FCR comunes pot contribuir a una subestimació dels efectes aguts en la mortalitat.

5.3 Indicadors de salut

Malgrat que la majoria dels efectes per a la salut provocats per la contaminació atmosfèrica són casos de malalties cròniques i mortalitat prematura, hi ha altres conseqüències relacionades. Determinades situacions i efectes per al pacient, com les alteracions de l'activitat pulmonar, les visites a la consulta del metge, l'absència escolar, la restricció de dies d'activitat o l'assistència als serveis sanitaris d'urgències, no formen part de l'àmbit d'estudi, per la qual cosa és probable que es produeixi una subestimació dels beneficis totals. No obstant això, és probable que alguns d'aquests efectes quedin reflectits en els càlculs relatius a les conseqüències presentats en aquest estudi. Un exemple és la probabilitat que els individus que arriben al servei d'urgències hagin de ser hospitalitzats. També és molt probable que els nens amb asma que experimenten símptomes aguts hagin de rebre assistència mèdica. A més, el descens de l'activitat pulmonar, factor que no s'ha considerat en aquest estudi d'impacte, és un element important per a la predicció de l'esperança de vida que, alhora, forma part del nostre estudi. De manera similar, no s'han fet càlculs separats per a casos de càncer pulmonar. Tot i això, és probable que l'impacte sobre la mortalitat total inclogui casos de càncer de pulmó, ja que les taxes de mortalitat d'aquesta malaltia són molt elevades. Pot ser, però, que els beneficis totals estiguin subestimats principalment pel que fa als efectes menys severos. Aquests efectes s'haurien pogut capturar avaluant indicadors socials com la pèrdua de dies de treball o de dies d'activitat, però no es van incloure en aquesta fase del projecte a causa de la falta de dades locals suficientment detallades per a aquests tipus d'indicadors. A la **Taula 5.2**, es presenta una llista d'efectes associats a

la contaminació atmosfèrica analitzats en aquest estudi, així com els que s'han omès. Cal recordar que l'evidència d'una associació causal entre la contaminació atmosfèrica i algun d'aquests indicadors és encara feble (com en el cas del sistema reproductiu) i que és necessari continuar amb la recerca per tal d'entendre l'impacte total de la contaminació atmosfèrica en la salut.

S'ha considerat la contaminació atmosfèrica ambiental com un factor de risc només en casos d'empitjorament agut de l'asma. Tot i que encara no és definitiu, diversos estudis fan pensar que la contaminació atmosfèrica i, en especial, les emissions produïdes per la circulació de vehicles, poden derivar en l'aparició de l'asma en infants. Més concretament, sembla que els nens que viuen prop de carrers amb molta circulació presenten taxes d'asma més elevades [6]. Segons aquest model, els beneficis generals per a la salut pública derivats de la combinació de les conseqüències immediates i a llarg termini seran majors que els presentats en aquest estudi. També es dona la mateixa situació per a altres malalties cròniques com ara la malaltia obstructiva crònica del pulmó o l'arteriosclerosi. Els estudis preliminars realitzats en animals i persones recolzen aquesta hipòtesi, tot i que encara no s'ha comprovat que la contaminació atmosfèrica sigui una causa subjacent del desenvolupament d'aquestes malalties.

Pel que fa a la freqüència en la població dels efectes per a la salut relacionats amb el nombre d'atacs d'asma i bronquitis aguda en infants, es van haver d'extrapol·lar d'altres estudis realitzats en països veïns. La comparació de les freqüències d'altres conseqüències per a la salut relacionades amb les anteriors, de les quals es disposava de dades a Barcelona i a altres països europeus, indiquen que Barcelona es troba dins el límit de variació observat a Europa. Per exemple, la prevalença de bronquitis crònica en els adults estudiats a l'Enquesta de la Salut Respiratòria de la UE (ECHRS segons les sigles en anglès, veure després per a descripció) a Barcelona va ser del 2,3% en comparació amb una mitjana del 3,2% (amb un IC del 95%: 1,17%-7,59%) per a totes les ciutats. A Basilea, Suïssa, la prevalença va ser del 2,03%. Així doncs, es pot assumir que la freqüència utilitzada per a aquestes altres conseqüències es trobaria dins l'interval de variabilitat esperat i representaria un enfocament adequat. Habitualment, la càrrega atribuïble sembla ser molt elevada quan es manifesten símptomes de bronquitis en nens. No obstant això, s'han fet com a mínim dos "estudis d'intervenció" que confirmen que una reducció de les PM a l'atmosfera com a resultat de l'aplicació de polítiques de reducció va donar lloc a descensos molt significatius de la prevalença d'aquests símptomes. A Suïssa i en un nombre de comunitats de determinades zones de l'antiga Alemanya de l'Est [60, 61] s'han observat reduccions paral·leles de la contaminació atmosfèrica i els símptomes que en deriven.

Les definicions dels indicadors de salut varien segons els estudis, cosa que s'afegeix al nivell d'incertesa de l'FCR així com a la freqüència inicial assumida en la població per a cada afecció considerada. La freqüència en la població és un factor molt significatiu a l'hora de determinar els casos atribuïbles. Això pot tenir una importància especial per a les conseqüències sanitàries relacionades amb els atacs d'asma i els símptomes que indiquen la presència de bronquitis en nens, per als quals pot resultar difícil separar ambdues afeccions. En general, els estudis en què es van derivar les FCR, i per als quals es va obtenir la freqüència, van fer servir qüestionaris estandarditzats internacionals similars. Per exemple, la major part dels estudis d'investigació de l'asma i dels seus símptomes en nens i adults es basen en els qüestionaris de l'Estudi Internacional de l'Asma i l'Al·lèrgia a la Infància (ISAAC, segons les sigles en anglès). No obstant això, és possible que no totes les definicions coincideixin i que es produeixi una subestimació o sobreestimació dels resultats.

A més de les incerteses relacionades amb la falta d'unes FCR, l'estimació dels efectes per a la BC també es veuen afectades per la selecció de la freqüència de base en la població. Per raons de consistència, s'ha utilitzat una incidència basada en l'estudi ASHMOG per al qual es va obtenir l'FCR. Tanmateix, s'ha suggerit que la incidència

inicial d'aquest estudi podria sobreestimar la incidència verdadera degut a la remissió d'aquestes malalties per canvis de factors no controlables [62]. En l'estudi de sensibilitat es té en compte aquesta remissió utilitzant una incidència inicial del 0,378% per any com s'ha proposat en el CAFE-CBA.

Malgrat que la incidència de BC a Barcelona està disponible a través de l'estudi ECRHS, s'ha preferit utilitzar la incidència de l'estudi ASHMOG per evitar errors en les definicions de la malaltia o problemes de transferència entre poblacions. L'estudi ECRHS està compost per dues parts: l'ECRHS I era una enquesta realitzada a adults joves entre 20 i 44 anys que es van seleccionar aleatòriament entre 140.000 individus; l'enquesta es va utilitzar per estimar la variació de la prevalença de casos d'asma i dels símptomes propis de l'asma. Hi van participar diversos centres d'Europa i altres llocs del món. L'ECRHS II era un estudi de seguiment realitzat nou anys més tard, l'objectiu del qual era avaluar la incidència i el pronòstic de l'al·lèrgia, les malalties al·lèrgiques (asma, febre del fenc i èczemes) i una baixa funció pulmonar en adults. Utilitzant una definició de BC tant propera com fou possible de la que [26], que és "tos usual de nit o de dia durant l'hivern" i "tos com aquesta com a mínim tres mesos l'any", la incidència neta és de l'1,81% per a no fumadors de per vida o del 0,18% per any [59], cosa que suggereix una possible sobreestimació dels resultats presentats per a la BC.

Ara per ara, no és realment possible afavorir un tipus de definició per a la BC i, per tant, les incerteses són substancials pel que fa a aquest indicador. S'ha de dir que aquesta qüestió és molt rellevant en aquesta avaluació, perquè la BC representa la segona fracció en importància per a les estimacions de costos (veure secció 6). Idealment, les definicions de morbiditat (i severitat) haurien de ser consistents entre els estudis epidemiològics utilitzats per derivar l'FCR, l'avaluació de l'impacte en la salut i els costos. Tanmateix, actualment, això no es pot aconseguir sense incerteses. Mentre que l'associació entre contaminació de l'aire i BC pot ser similar per a tots els nivells de severitat, la restricció de l'avaluació als casos més severos de BC resultaria en una reducció de la càrrega, i la inclusió de casos menys greus resultaria en una més gran estimació de la càrrega. Com que els costos depenen de la severitat de la malaltia, la incertesa més gran per als resultats de BC es dona en la valoració monetària.

Finalment, basant-se en les discussions anteriors, cal insistir en que les incerteses en les anàlisis de risc cardiorespiratori per morbiditat són, per defecte, més grans que per mortalitat i ús de la xarxa sanitària, degut al fet que no existeixen registres de morbiditat i ha calgut fer diferents assumpcions per definir-la. La implementació d'un sistema per monitorar els efectes en la salut podria realçar l'habilitat d'estimar el risc per a la salut pública de diversos factors d'exposició.

Taula 5.2. Efectes per a la salut rellevants en l'avaluació del risc de la contaminació atmosfèrica

	Avaluat a l'estudi
Conseqüències agudes	
Mortalitat diària	√
Ingressos hospitalaris per dificultats respiratòries	√
Ingressos hospitalaris per problemes cardiovasculars	√
Visites al servei d'urgències per problemes respiratoris i cardíacs	--
Visites al servei d'assistència primària per problemes respiratoris i cardíacs	--
Administració de medicació per a malalties respiratòries i cardíques	--
Dies amb disminució de l'activitat física	--
Absentisme laboral	--
Absències a escola o centres d'estudi	--
Automedicació	--
Comportament d'evitació	--
Símptomes aguts	√
Alteracions fisiològiques com, per exemple, de l'activitat pulmonar	--
Conseqüències en malalties cròniques	
Mortalitat deguda a malalties cròniques cardiorespiratòries	--
Incidència i prevalença de malalties cròniques respiratòries (asma, malaltia pulmonar crònica obstructiva)	√ (bronquitis)
Alteració crònica de l'activitat fisiològica (p.e. activitat pulmonar)	--
Càncer de pulmó	--
Malaltia crònica cardiovascular	--
Conseqüències per a la reproducció	
Complicacions a l'embaràs	--
Baix pes del nou-nat	--
Anticipació de part	--
Desenvolupament cognitiu del lactant	--

5.4 Exposició de la població

Es van fer servir mapes de concentració de la PM_{10} per calcular la concentració mitjana ponderada de població en comptes de la concentració mitjana detectada amb un únic monitor fix. El compliment dels valors límit de la UE establerts per les autoritats reguladores s'obté calculant la mitjana de totes les cel·les de la graella que es troben dins de la mateixa gràfica i determinant si la mitjana obtinguda és igual o superior al límit de la UE. Aquesta perspectiva és coherent amb la que es fa servir per calcular les variacions de l'exposició en el present EIS.

Els mapes de concentracions es van validar mitjançant la comparació entre les concentracions a monitor fix i les concentracions dels mapes. Les concentracions dels mapes van coincidir amb les concentracions observades amb monitors fixos, excepte en algunes zones. La **Taula 5.3** presenta les concentracions mitjanes anuals corresponents al 2004, mesurades amb monitor fix, de diferents municipis que formen part de l'àrea estudiada. Les diferències més importants es van detectar a prop de zones industrials, per a les quals es poden haver fet suposicions errònies durant l'etapa de modelització dels mapes. Atès que les zones industrials també són menys poblades, l'impacte en les estimacions es considera menor. Altres EIS europeus (per exemple ENHIS) han emprat mesures obtingudes amb tan sols un

monitor fix per representar les concentracions de l'exposició a Barcelona. Creiem que les concentracions mitjanes de població utilitzades representen l'exposició de la població a l'Àrea Metropolitana de Barcelona de manera més adequada que qualsevol monitor fix, atès que s'ha tingut en compte l'especificitat de la distribució dels habitatges de la zona, donant més pes a àrees on hi viu molta gent, en comparació amb zones on hi ha menys habitants.

Taula 5.3. Concentracions mitjanes anuals de PM₁₀ segons els monitors fixos situats en municipis dins l'àrea d'estudi (any 2004)

Municipi	Localització del monitor	Mitjana anual de PM ₁₀ (µg/m ³)
Barcelona	Dàrsena sud	56
	Eixample	55
	Gràcia-St Gervasi	50
	Plaça Universitat	46
	Port-Edifici Estilbarna	47
	Sants	52
	Zona Universitària	34
Prat de Llobregat		44
Esplugues de Llobregat		43
Hospitalet de Llobregat		34
Molins de Rei-ajuntament		44
Sant Adrià de Besòs		52
Sant Feliu de Llobregat		45
Sant Viçenç dels horts		49
Santa Coloma de Gramenet		26
Barberà del Vallès		54
Castellbisbal	Avda. Pau Casals	37
	Mirador del Llobregat	36
Granollers		53
Martorell		39
Montcada		45
Montornès del Vallès	Escola Marinada	39
	pl. del Poble	26
Pallejà		47
Rubí		39
Sabadell	Escola industrial	37
	Gran Via-Crta. De Prats	47
Sant Andreu de la Barca		46
Sant Cugat del Vallès		39
Santa Perpètua de Mogoda		57
Terrassa		46
Mitjana anual de 2004		44

Una altra limitació important és la utilització de la PM₁₀ com a indicador de la contaminació i com a substitut d'altres contaminants atmosfèrics amb els quals està correlacionat. Pot haver-hi altres contaminants parcialment incorporats, o no, dins els efectes de la PM₁₀, la qual cosa pot haver donat lloc a un cert grau de subestimació dels efectes. L'ozó és un exemple d'un contaminant poc correlacionat

amb les PM i amb els efectes en la salut ben establerts. Per tant, algunes anàlisis de risc inclouen l'impacte i els beneficis de l'ozó en les avaluacions.

Finalment, Barcelona té una densitat de trànsit molt elevada, juntament amb una de les densitats de població més altes d'Europa, suggerint una exposició deguda al trànsit rodat molt important. Per exemple, alguns estudis sobre l'origen de les PM a Barcelona han mostrat que aproximadament un terç de les PM₁₀ generades a Barcelona són degudes a les emissions derivades del trànsit [24, 63]. Aquesta contribució, però, és encara més elevada si es consideren els efectes indirectes del trànsit rodat com la re-suspensió. De fet, s'ha estimat que entre un 40% i un 45% de les concentracions de PM₁₀ i PM_{2.5} podrien estar generades pel trànsit [11, 64]. En altres paraules, moltes persones viuen, treballen i passen temps molt a prop del trànsit del carrer. Alguns estudis més recents apunten al rol perjudicial dels contaminants que apareixen en concentracions molt altes en els primers 50-100 metres al llarg dels carrers [5, 6]. La distribució per proximitat del trànsit no està disponible actualment a Barcelona; per tant, aquesta nova evidència no es va poder fer servir en aquesta avaluació de riscos. De tota manera, es creu que la càrrega per a la salut ocasionada pel trànsit queda clarament subestimada en aquesta avaluació. En un futur, s'espera que la disponibilitat de mapes de concentracions de PM_{2.5} o, fins i tot, de les fraccions més fines de PM, com les fraccions ultrafines, i la disponibilitat de mapes de distribució de la població respecte a la distància amb els carrers i a la densitat del trànsit permetin desenvolupar EIS enfocats més específicament a l'impacte de l'exposició al trànsit rodat.

5.5 Anàlisi de sensibilitat

A la **Taula 5.4** es presenten els canvis en les estimacions mitjanes per a diferents assumpcions alternatives en les dades d'entrada. Aquestes anàlisis de sensibilitat avaluen l'impacte sobre les estimacions de la variabilitat de l'FCR (IC de 95%), la utilització de les FCR alternatives i l'ús de diferents freqüències inicials en la població per als indicadors tractats.

Com s'ha mencionat en la discussió, el marge de les estimacions proporcionades es basa únicament en la incertesa al voltant de l'FCR. L'estudi de sensibilitat mostra que la variabilitat al voltant de l'estimació mitjana se situa entre el 30% i el 80%, en funció de l'indicador de salut considerat. L'estimació més alta es refereix a l'FCR per a la BC en adults. Per a altres indicadors, incloses les defuncions, el marge de variabilitat és inferior i s'aproxima en un 40% a les estimacions.

S'ha fer servir un grup d'FCR que, de vegades, ha estat diferent dels utilitzats en altres anàlisis de risc a Europa. Per exemple, existeixen unes FCR més recents per mortalitat que les utilitzades en aquesta avaluació, com ara l'estudi expandit de l'ACS [36]. Aquest estudi proporciona estimacions per al període 1979-83, l'estimació més baixa, per al període 1999-2000, i una estimació que representa la mitjana entre totes dues. L'estimació mitjana, per exemple, ha estat utilitzada pel CAFE-CBA, i s'està tornant a l'estàndard en els EIS. L'anàlisi de sensibilitat mostra que, si es fa servir l'estimació FCR més baixa, s'obtenen resultats prop del 50% inferiors a les estimacions actuals; si es fa servir la mitjana de l'estudi ACS expandit, es proporcionen resultats similars. Ara bé, si s'utilitza una FCR més recent desenvolupada en un altre estudi de l'ACS basat en la població de Los Angeles [55], les estimacions serien aproximadament un 120% més elevades que les que es presenten. No queda clar si aquesta FCR s'aplica de millor manera a la població espanyola que l'estimació general que s'ha utilitzat en aquest estudi. Cal ressaltar, però, que les anàlisis de Los Angeles van emprar una tècnica més sofisticada per determinar l'exposició individual i una millora en la mesura de l'exposició podria ser un dels motius pels quals es va obtenir una FCR més gran.

Els resultats de l'estudi de Los Angeles. són una de les raons que han portat els experts a concloure que la contaminació atmosfèrica en la mortalitat podria haver estat subestimada als estudis de l'ACS previs [56]. Calen més investigacions per ampliar la comprensió i precisió de la magnitud dels efectes crònics deguts a la contaminació atmosfèrica i per reduir la incertesa en les avaluacions de risc d'aquest tipus.

Pel que fa als efectes aguts en mortalitat i a les admissions hospitalàries, s'ha utilitzat una FCR que recull vàries estimacions en diferents centres. Els resultats de l'anàlisi de sensibilitat de l'FCR d'aquests estudis, específica per a Barcelona, mostren que l'estimació mitjana per a la mortalitat aguda i les admissions hospitalàries podria ser més gran (40%-50%), però més petita (20%) per a les admissions hospitalàries per causes cardiovasculars. Això suggereix que la utilització d'unes FCR basades en un recull de diverses FCR podria proporcionar, de mitjana, una valoració adequada. Es necessita més recerca per entendre els diferents determinants de risc entre poblacions.

S'ha utilitzat una FCR per a la BC lleugerament superior a la del CAFE-CBA. L'estudi de sensibilitat mostra que l'impacte en l'estimació mitjana és petit. Encara que no es mostri, és de rellevància comentar que l'FCR utilitzada pel CAFE-CBA presenta un marge d'incertesa encara més gran que l'FCR d'aquest estudi, amb un nivell de confiança inferior negatiu. Tanmateix, la inclusió d'una FCR amb un límit inferior de zero o fins i tot negatiu implica que és possible atribuir a la contaminació atmosfèrica efectes, no efectes i, fins i tot, un efecte protector. S'ha preferit restringir l'EIS a aquells indicadors de salut sobre els quals els experts estan d'acord que hi ha un efecte degut a la contaminació atmosfèrica. La BC és un d'aquests indicadors; per tant, l'FCR ha d'estar per sobre de zero.

Per a altres indicadors de morbiditat com la bronquitis aguda en nens i els atacs d'asma en nens i adults, la variació de l'FCR és petita i inclou l'FCR utilitzada en el CAFE-CBA.

S'han emprat ocasionalment freqüències d'afeccions en població derivades de poblacions diferents de les de Barcelona. Independentment de l'escenari de canvi d'exposició avaluat, el canvi en aquestes freqüències és proporcional al canvi en les estimacions. Un error del 20% al voltant de la freqüència estimada impactaria les estimacions per aquesta mateixa quantitat. Per tant, les incerteses degudes a aquests factors són de rellevància menor.

Com s'ha presentat anteriorment, la incidència de BC no es fàcil de determinar i s'han tingut en compte diferents assumpcions procedents de diverses anàlisis de risc. En aquest estudi de sensibilitat, s'ha utilitzat una incidència inicial que té en compte la remissió d'aquesta malaltia tal com suggereix el CAFE-CBA. Els resultats mostren que el canvi en aquests factors reduiria les estimacions en un 20%.

Finalment, s'ha utilitzat una exposició de la població que podria contenir algun error degut als models emprats per desenvolupar els mapes de concentracions i degut al fet que no existeixen detalls de la distribució de la població. Si s'assumeix que l'error està solament present en l'estimació dels mapes de concentració i no s'assumeix cap error en la mesura del nivell a assolir, una sub o una sobreestimació de +/-5 µg/m³ en la mitjana d'exposició representaria un error d'estimació d'un 15% per a l'escenari de l'OMS. Tanmateix, en realitat, aquestes incerteses representen un impacte molt menor en les estimacions quan s'assumeixen escenaris d'exposicions futures, perquè s'espera que s'apliqui el mateix error i les incerteses en la derivació de l'estimació de l'exposició.

Taula 5.4. Anàlisi de sensibilitat en l'estimació mitjana del nombre de casos atribuïbles a la contaminació atmosfèrica, considerant les principals incerteses en les dades d'entrada per als càlculs.

Indicador de salut	Criteris per a l'anàlisi de sensibilitat	canvi de l'estimació mitjana %
Morts		
Morts acumulades llarg termini	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-37%
	Valor mitjà de l'FCR de l'estudi ACS, estimació baixa (1979-1983)*	-52%
	Valor mitjà de l'FCR de l'estudi ACS, estimació mitjana*	-7%
	Valor mitjà de l'FCR de l'estudi ACS a Los Angeles†	+118%
Morts agudes immediates curt termini	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-33%
	Valor mitjà de l'FCR per a Barcelona per a PM ₁₀ RR=1.00932 (1.00567-1.01299) per 10 µg/m ³ font [27], Annex 4	+55%
Morts infants	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-50%
Admissions hospitalàries		
Respiratòries	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-45%
	Valor mitjà de l'FCR per a Barcelona per a PM ₁₀ RR=1.0193 (1.0101-1.0285) per 10 µg/m ³ font [16]	+42%
Cardiovasculars	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-49%
	Valor mitjà de l'FCR per a Barcelona per a PM ₁₀ RR=1.005 per 10 µg/m ³ font [30]	-18%
Morbiditat		
Bronquitis crònica en adults	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-79%
	FCR utilitzada en el, RR=1.07 (0.995-1.143) per 10µg/m ³ ¶	-24%
	Incidència de bronquitis crònica basada en CAFE-CBA que té en compte remissió (0.378%)	-24%
Bronquitis aguda en nens	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-37%
	FCR utilitzada a CAFE-CBA per a tos crònica, RR=1.027 (1.025-1.596) per 10 µg/m ³ (PM ₁₅) font [44]	-8%
	% amb bronquitis +/-20% de l'estimació de l'EIS	+/-18%
Atacs d'asma en adults	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-48%
	FCR utilitzada a CAFE-CBA per a símptomes respiratoris de l'aparell respiratori inferior, RR=1.041 (0.99-1.09) per 10 µg/m ³ font [47]	+5%
	% asmàtics o atacs d'asma en adults +/-20% de l'estimació de l'EIS	+/-20%
Atacs d'asma en infants	Límit superior/inferior del valor IC del 95% de l'FCR	+/-36%
	FCR utilitzada a CAFE-CBA per a símptomes respiratoris de l'aparell respiratori inferior, RR=1.04 (1.0226-1.0593) per 10 µg/m ³ font [65]	-2%
	% asmàtics o atacs d'asma en infants +/-20% de l'estimació de l'EIS	+/-20%

FCR : funció concentració-resposta;

* [36], PM_{2.5} (1979-83)=1.04 (IC del 95%: 1.01-1.08) per 10 µg/m³, transformat a PM₁₀=1.02 (IC de 95%: 1.01-1.05) per 10 µg/m³; PM_{2.5} (average)=1.06 (IC del 95%: 1.02-1.11) per 10 µg/m³; transformat a PM₁₀=1.04 (IC del 95%: 1.01-1.07) per 10 µg/m³

† [55] RR PM_{2.5}=1.17 (IC del 95%: 1.05-1.30) per 10 µg/m³; transformat a RR PM₁₀=1.10 (IC del 95%: 1.03-1.18) per 10 µg/m³

¶[66]

5.6 Temporalitat entre la millora de la qualitat de l'aire i els beneficis per a la salut

No tots els beneficis de la millora de la qualitat de l'aire es materialitzaran de manera immediata. Generalment, s'espera que el efectes immediats de la contaminació es redueixin paral·lelament a la millora de la qualitat de l'aire. Un estudi d'intervenció recent confirma la reducció immediata i substancial de les taxes de mortalitat amb posterioritat a la prohibició d'utilització del carbó a la ciutat de Dublín [67]. La intervenció va tenir lloc al 1991. Els nivells anuals de contaminació atmosfèrica es van reduir immediatament d'un 20-30% i la mortalitat va disminuir tot seguit d'un 15-20%. No obstant això, en el cas de les conseqüències de la contaminació atmosfèrica com a resultat de la combinació d'efectes immediats i de llarga durada, és probable que s'hagi d'esperar uns quants anys per tal d'observar el beneficis totals per a la salut [68]. A més, es poden trobar factors de risc competitiu o variacions del tipus de riscos existents que més endavant poden interferir en els beneficis a llarg termini. Així doncs, les incerteses relatives als impactes i beneficis a llarg termini són majors que les que afecten els impactes i beneficis a curt termini.

La dinàmica de la dependència temporal d'aquest procés pot ser descrita amb un exemple hipotètic basat en els resultats d'aquest estudi. Si els nivells de PM₁₀ a Barcelona i rodalies canviessin sobtadament de 50 µg/m³ a 20 µg/m³, per exemple, al gener del 2011, es podria esperar que el nombre de morts al 2011 disminuís immediatament en, com a mínim, 520 casos (o en un 2%- **Taula 4.1**, "efectes aguts"), corresponent a una mitjana de 10 morts menys per setmana.

Mentre que aquest nombre és probablement més elevat, seria molt improbable que el nombre de morts caigués en el 2011 fins als 3500 casos totals estimats (com es mostra a la **Taula 4.1**, efectes aguts), ja que no tindria en compte els casos que desenvolupen patologies cròniques. Un escenari més probable és que el nombre de morts es reduís en el primer any en més de 520 "morts agudes" però menys que les 3.500, per un canvi immediat en l'exposició mitjana de 30 µg/m³. El canvi temporal real d'aquests beneficis no es coneix. Segons una estimació d'un model proposat en un estudi recent [68], es pot esperar que un 40% del total de morts atribuïbles es materialitzi ja el primer any (per exemple, un 40% de 3.500, o unes 1.400 morts de menys).

Cal mencionar que les estimacions sobre les admissions hospitalàries, bronquitis agudes en nens i símptomes relacionats amb l'asma de la **Taula 4.1** reflecteixen efectes aguts com a conseqüència d'una exposició a curt termini. Per tant, s'espera que els beneficis d'una reducció de la contaminació atmosfèrica es materialitzin immediatament i es mantinguin a un nivell similar mentre la contaminació segueixi en aquests nivells.

És improbable que la contaminació atmosfèrica disminueixi als nivells esperats immediatament després de la posada en marxa de les polítiques ambientals. Més aviat s'espera que s'aconsegueixi una reducció d'una manera gradual. Observar (o vigilar) aquest beneficis graduals és molt més difícil que avaluar els canvis deguts a una immediata i dràstica disminució de la contaminació atmosfèrica. Tanmateix, amb estudis amplis i observacions continuades durant molt anys, es podria confirmar una millora en la salut produïda per una política de millora de la qualitat de l'aire de manera gradual. Existeixen uns quants estudis, principalment desenvolupats a Suïssa i a Alemanya de l'Est, i una part de l'estudi sobre els infants al sud de Califòrnia (Children Health Study), que han demostrat l'existència d'una reducció dels problemes de salut en paral·lel amb períodes de canvi en la qualitat de l'aire deguts a polítiques ambientals o a un canvi de residència a zones menys contaminades.

5.7 Comparació amb altres factors de risc

Val la pena posar l'impacte de la contaminació de l'aire i dels beneficis per a la salut de la gestió de la qualitat de l'aire en context amb altres factors de riscos per a la salut. Per exemple, les comparacions de la OMS de l'impacte de diferents riscos ambientals (contaminació atmosfèrica, exposició al plom, qualitat de l'aigua, canvi climàtic, etc.) per a la salut han confirmat que en els països desenvolupats la contaminació atmosfèrica constitueix la carga més important en la mortalitat [21]. Mentre que el risc relatiu per a la salut de la contaminació en una persona "normal" és petit i, en tot cas, substancialment més petit que el relacionat amb els efectes dels hàbits tabàquics, és important entendre que l'impacte global de la contaminació atmosfèrica és, de fet, més gran degut a una exposició molt més expandida. Per tant, en comparació amb els hàbits tabàquics, cal subratllar que un 100% de la població està exposada a la contaminació atmosfèrica. Avui dia, solament un 25% de la població a Catalunya són fumadors actius, però ningú pot evitar, en canvi, l'exposició a la contaminació atmosfèrica.

No obstant això, l'impacte total en la salut de l'hàbit tabàquic, amb només un 25% de fumadors actius, s'espera que sigui molt més important que la càrrega per a la salut deguda a la contaminació atmosfèrica. Això es deu al risc extremadament elevat relacionat amb el fet de fumar activament. Per exemple, un dels estudis utilitzats per estimar el risc relatiu de mort associat a l'exposició a la contaminació atmosfèrica a llarg termini [33] també proporciona un risc relatiu de mort per als fumadors. Mentre que en aquest estudi un increment de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} s'associa amb un 4% d'increment de les morts, els fumadors tenen un 100% més de risc de morir que els no fumadors durant el seguiment de l'estudi.

Els accidents de trànsit també són la causa d'un nombre important de morts. Tot i que la tendència està disminuint, encara hi ha unes 500 morts cada any provocades pels accidents de trànsit a Catalunya. Com s'ha mostrat en aquest EIS, el nombre de morts atribuïbles a la contaminació atmosfèrica per sobre dels nivells de la UE és de dos a tres vegades més elevat. Un informe elaborat per l'OMS [69] també compara els anys de vida perduts a causa de la contaminació atmosfèrica amb els perduts a causa dels accidents de trànsit. Malgrat que les víctimes dels accidents solen ser molt més joves que els morts a causa de la contaminació atmosfèrica, els efectes de la contaminació en l'esperança de vida són substancialment més grans que els efectes dels accidents. Tanmateix, els accidents de trànsit també representen una causa important de morbiditat de per vida, i això també afecta l'esperança de vida. Aquestes comparacions encara no s'han dut a terme en aquest informe [69]. Comparar l'impacte de la contaminació de l'aire amb l'impacte dels accidents de trànsit pot ser d'interès per tal de justificar algunes polítiques ambientals. Donat el paper dominant del trànsit com a font de contaminació atmosfèrica, algunes mesures destinades a millorar la qualitat de l'aire, com ara reduir la velocitat permesa o tancar al trànsit algunes vies en zones densament poblades, poden tenir efectes beneficiosos tant per als accidents de trànsit com per a la qualitat de l'aire. En resum, l'avaluació de la qualitat de l'aire s'ha d'establir en un context ampli per tal d'identificar beneficis complementaris. Com enumera l'OMS [70], les polítiques que afecten el trànsit se solapen, en termes de beneficis per a la salut, amb les polítiques de reducció de la contaminació, canvi climàtic, accidents, activitat física i soroll.

S'ha estimat en aquest estudi que una reducció de la contaminació atmosfèrica a nivells protectors per a la salut podria representar un increment de l'esperança de vida d'aproximadament un any. Segons l'Institut d'Estadística de Catalunya [53], l'esperança de vida a Catalunya l'any 2004 va ser de 80,75 anys, gairebé un any més que l'esperança de vida al 1997 i tres més que al 1992. La reducció de la contaminació atmosfèrica podria tenir, doncs, un paper important a l'hora

d'accelerar la taxa d'increment de l'esperança de vida que la societat ja està experimentant gràcies a les millores contínues del context social.

6. Valoració monetària dels beneficis per a la salut

6.1 Introducció

L'ús de valoracions monetàries de les estratègies per reduir la contaminació atmosfèrica ha estat objecte de grans debats durant els darrers anys, a causa de les consideracions ètiques relacionades amb el fet d'expressar els beneficis per a la salut en costos que serien intangibles per a la població. Això no obstant, cada societat disposa de recursos limitats per adjudicar a projectes i, sovint, els encarregats d'elaborar les polítiques i de prendre decisions requereixen unes anàlisis cost-benefici basades en les valoracions monetàries dels beneficis per a la salut per tal de prendre decisions sobre l'adequació o sobre com prioritzar els plans i el desenvolupament de polítiques públiques.

En aquest apartat es presenta una valoració monetària dels beneficis per a la salut que es podrien obtenir si es reduís la contaminació atmosfèrica a la zona metropolitana de Barcelona.

Es presenten resultats basats en dos tipus d'avaluacions. Els resultats principals es basen en la monetització dels casos atribuïbles obtinguts en les seccions anteriors. Aquesta valoració s'anomena "enfocament VSL", en referència al mètode utilitzat per valorar les morts atribuïbles (*Value of Statistical Life* segons les sigles en anglès). Es tracta d'un enfocament que sol aparèixer en altres valoracions econòmiques d'EIS als EUA [71]. Tanmateix, degut als recents dubtes sobre la validitat del concepte de "morts atribuïbles", s'ha presentat a l'apartat de discussió la justificació per a un enfocament diferent (enfocament VOLY) i una comparació dels valors monetaris que en resultarien.

6.2 Valors monetaris-enfocament VSL

El fet que no hi hagi un preu de mercat per als beneficis derivats d'una atmosfera més neta ha forçat els economistes, en diferents àmbits, a mirar de desenvolupar uns valors monetaris alternatius. Les mesures de valors ideals haurien de representar totes les pèrdues que pateixen els individus i la societat pels efectes adversos en la salut; a més, haurien de reflectir també les preferències i uns processos de presa de decisions semblants als de la vida quotidiana.

Existeixen dos valors ben acceptats per representar canvis en el bon estat de vida deguts a la reducció dels efectes adversos de la contaminació: les mesures del cost de la malaltia (COI, segons les sigles en anglès) i la disposició a pagar o a acceptar (WTP i WTA, respectivament, segons les sigles en anglès). El COI requereix calcular el cost sanitari directe i el cost indirecte (com ara la pèrdua de sou) que s'espera d'una malaltia. El WTP i el WTA es deriven a partir de la preferència d'un mercat determinat per reduir indirectament el risc en la salut o el risc de mort. Els valors derivats d'aquests mètodes es basen en relacionar diferències salarials o costos de consum amb diferents nivells de risc. Quan no es pot inferir aquest valor s'utilitzen qüestionaris destinats a persones. Aquest mètode és referit com a "valoració contingent" (en anglès, "contingent valuation"), perquè consisteix a demanar a les persones que determinin el preu d'una cosa si la poguessin comprar.

Com s'ha mostrat anteriorment, la mort prematura deguda a una exposició de llarg termini a la contaminació de l'aire (morts atribuïbles) és l'efecte més greu. La determinació d'un valor apropiat que correspon a una reducció del risc de mort és, per tant, la peça amb més influència en aquest tipus d'avaluació monetària.

Per consistència amb la valoració desenvolupada en el CAFE-CBA -una anàlisi cost-benefici molt àmpli de la contaminació atmosfèrica a Europa- s'ha utilitzat el valor desenvolupat per ExternE, un projecte d'investigació de la Comissió Europea sobre els costos externs de l'energia en el projecte NewExt (en anglès, *New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies*). Aquest grup va desenvolupar un valor per a la mort atribuïble seguint l'enfocament WTP. El WTP es va basar en la determinació, per part de les persones enquestades, del que estarien disposades a pagar per reduir el seu risc de mort, expressat com "el valor estadístic de vida" (VSL, segons les sigles en anglès). Per tant, el VSL es va derivar de la petita diferència del que "una persona normal" entrevistada està disposada a pagar per reduir el risc a un nivell definit, agregada per a tota la població i expressada com el valor per prevenir una mort única. En altres paraules, als participants en l'estudi no se'ls ha preguntat sobre el valor de la vida sinó sobre la reducció del risc de mort.

Per a altres indicadors de salut, existeixen diferents valors ben acceptats que han estat desenvolupats en l'última dècada i que s'han utilitzat regularment en anàlisis d'aquest tipus. Per consistència amb altres avaluacions europees, es van fer servir els valors monetaris que es proposen en l'anàlisi cost-benefici del CAFE (CAFE-CBA), calculats per l'ExternE, i basats principalment en un estudi empíric que recull cinc estudis de tot Europa [20]. De la mateixa manera que en el cas de la mortalitat, el valor monetari per a la morbiditat intenta reunir la suma dels tres components independents següents:

- Cost del recurs: per exemple, els costos mèdics pagats per la Seguretat Social.
- Costos d'oportunitat: per exemple, els costos en termes de pèrdues de productivitat i el cost d'oportunitat d'oci, incloent-hi el treball no remunerat.
- Costos de no-utilitat: per exemple, altres costos socials i econòmics. Això queda reflectit en una avaluació de la voluntat de pagar/acceptar per evitar o compensar les pèrdues de benestar que comporten les malalties.

A la **Taula 6.1** es presenta un resum dels valors monetaris proposats en el CAFE-CBA per als indicadors considerats en aquesta avaluació i transformats al preu de mercat del 2006. Els beneficis monetaris agregats es van obtenir multiplicant el valor monetari pels salut per a cada indicador. El marge de valors per a la mort prematura i la BC corresponen a la mediana (valor baix) i la mitjana (valor alt). Per simplificació, s'han calculat els costos utilitzant el valor mitjà amb el preu de mercat del 2006. El nombre total de símptomes correspon a la suma de tots els atacs d'asma atribuïbles en nens i adults. Només s'ha considerat la BC en adults.

Taula 6.1. Valors alternatius per monetitzar els beneficis atribuïbles a una reducció de la contaminació atmosfèrica

Incidència en la salut	Abast en euros (segons publicat a CAFE, 2005)	Abast en euros (2006 preu/any)*
Morts atribuïbles	€980.000-€2.000.000/mort	€1.020.000-€2.080.000/mort
Ingressos en hospital per causes cardíaques o respiratòries	€2.000/admissió	€2.100/admissió
Bronquitis crònica	€120.000-€250.000/cas	€125.000-€260.000/cas
Dies de símptomes	€38/dia	€39/dia

*Increment del producte interior brut a Espanya l'any 2006: 3,9% (Font: Eurostat); €: Euros

6.3 Resultats basats en l'enfocament VSL

La **Taula 6.2** mostra els resultats dels beneficis monetitzats obtinguts per als indicadors de salut, així com dels beneficis agregats. Es presenten les estimacions amb un interval de confiança del 95%, obtingut utilitzant els valors monetaris mitjans aplicats a l'interval de confiança dels beneficis per a la salut obtingut en les seccions anteriors.

Per a l'escenari que considera una reducció mitjana anual dels nivells de PM₁₀ fins a 20 µg/m³, els resultats mostren que els costos totals agregats estimats estarien entre uns 3.500 i uns 9.000 milions d'euros (6.400 milions d'euros de promig) amb uns beneficis per càpita d'uns 1.600 euros (IC del 95%: 870-2.300) per any.

Desagregant per tipus d'indicador, els resultats confirmen que més del 80% dels costos s'atribueixen al nombre de morts prematures estimades que es podrien prevenir anualment mitjançant una reducció d'aquesta contaminació. El segon indicador que contribueix al cost és la BC (solament s'ha considerat en adults), que representa aproximadament un 15% de les estimacions totals.

Si es considera una reducció mitjana anual dels nivells de PM₁₀ fins a 40 µg/m³, com a l'escenari contemplat a la situació intermèdia, els beneficis serien d'aproximadament un terç dels presentats anteriorment, amb beneficis mitjans per càpita del voltant dels 600 euros.

Taula 6.2. Beneficis anuals monetitzats dels beneficis per a la salut de la reducció de la contaminació a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (enfocament VSL)

Beneficis per a la salut	Reducció mitjana anual de PM ₁₀ fins a 20 µg/m ³			Reducció mitjana anual de PM ₁₀ fins a 40 µg/m ³		
	Beneficis per a la salut (IC del 95%)	Beneficis monetitzats per any		Beneficis per a la salut (IC del 95%)	Beneficis monetitzats per any	
Mortalitat						
Morts atribuïbles	3.500 (2.200-4.800)	5.400 (3.400-7.400)	Mio. Euros	1.200 (760-1.700)	1.900 (1.200-2.700)	Mio. Euros
Morbiditat						
Admissions hospitalàries	1.800 (950-2.600)	3.7 (2,0-5,4)	Mio. Euros	600 (320-890)	1.3 (0,7-1,8)	Mio. Euros
Bronquitis crònica (adults)	5.100 (550-8.500)	970 (100-1.600)	Mio. Euros	1.900 (190-3.400)	360 (40-700)	Mio. Euros
Total símptomes	54.000 (27.400-75.700)	2.1 (1,1-3,0)	Mio. Euros	18.700 (9.300-26.800)	0.7 (0,4-1,1)	Mio. Euros
Beneficis monetaris totals	Total (enfocament VSL)	6.400 (3.500-9.000)	Mio. Euros	Total (enfocament VSL)	2.300 (1.200-3.300)	Mio. Euros
	Beneficis anuals per càpita ¹	1.600 (870-2.300)	Euros	Beneficis anuals per càpita ¹	570 (300-830)	Euros

Notes:

Mio. Milions

1. Calculada per a la població de l'àrea d'estudi de 4 milions d'habitants

6.4 Discussió de la valoració monetària

Basant-se en l'enfocament VSL, aquesta avaluació suggereix uns beneficis substancials en termes de costos que resultarien d'una reducció de la contaminació atmosfèrica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

La comparació d'altres valors de VSL amb els proposat pel CAFE-CBA i utilitzats en aquest EIS és consistent encara que lleugerament inferior al VSL proposat per altres agències als EUA. Per exemple, una recent avaluació econòmica a Califòrnia [72] va utilitzar un valor de VSL de \$6,7 milions (~4,9 milions d'euros, preu de mercat del 2006) basat en una anàlisi recent de l'EPA [71]. L'avaluació de Califòrnia també proposa un valor de \$374.000 (~270.000 Euros, preu de mercat del 2006) per cas de BC, similar al marge utilitzat en aquesta avaluació. Per a altres indicadors de salut, els valors monetaris de l'informe de Califòrnia també són similars als que es presenten en el CAFE-CBA.

Com ja s'ha recalcat, l'avaluació de l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la morbiditat i la mortalitat està plagada d'incerteses inherents, que són particularment grans pel que fa a la BC. Cal ressaltar que totes aquestes incerteses s'han propagat a la valoració monetària que, en sí, també té un marge de valors possibles.

Els resultats d'aquesta valoració monetària han confirmat que els costos totals estan influenciats per les morts atribuïbles anuals. Com s'ha introduït en la secció 3.4.2.1, el concepte de mort atribuïble planteja moltes qüestions. En el CAFE-CBA es presenta una discussió aprofundida d'aquestes qüestions així com un mètode alternatiu que es detalla en una publicació metodològica [42] i en un informe addicional [69]. En els següents apartats es presenta un resum de les qüestions tractades en aquests informes. També es presenten els resultats d'un mètode alternatiu per derivar beneficis monetaris basat en aquesta informació recent.

6.4.1 Utilització de taules de vida en les avaluacions de l'impacte en la salut

A la secció 4.1.2, s'han presentat els resultats de l'increment mitjà de l'esperança de vida que la població de l'Àrea Metropolitana de Barcelona podria experimentar si la contaminació atmosfèrica es reduís. La derivació d'aquests resultats es basa en taules de vida. Breuement, els mètodes de taules de vida prediuen el patró de supervivència, anys de vida (LY, segons les sigles en anglès) i mort per una cohort. En aquest EIS, per exemple, s'han considerat les dades de població del 2004 i les taxes de mortalitat del 2004 a fi de derivar una corba de supervivència que s'ha aplicat a aquesta mateixa població per estimar els canvis de l'estructura quan la cohort envelleix. A partir d'aquesta corba de supervivència, es pot extrapolar el nombre de morts que s'esperen a cada edat, l'esperança de vida d'aquesta cohort o el nombre total d'anys de vida de la població estudiada.

Per obtenir guanys o pèrdues d'anys de vida deguts a canvis en els nivells de contaminació atmosfèrica, es desenvolupen i es comparen dues corbes. La primera s'obté utilitzant les taxes de mortalitat actuals (escenari de base) i l'altre utilitzant les taxes de mortalitat esperades després d'una reducció de la contaminació atmosfèrica (escenari alterat). En aquesta avaluació, l'escenari alterat s'obté utilitzant l'FCR per efectes crònics en la mortalitat descrita a l'apartat 3.4.2.1 per a la població amb edats per sobre dels 30 anys i segons l'escenari en consideració. Els resultats de l'EIS que utilitzen taules de vida s'expressen, per tant, com un canvi (un guany en aquesta avaluació) dels anys de vida que deriva d'una diferència entre un escenari de base i un escenari alterat.

6.4.2 Anys de vida o morts atribuïbles?

Com s'ha fet en aquesta avaluació, molts EIS expressen els resultats per any. En la secció anterior, s'han calculat els beneficis per a un canvi en un any, passant de l'escenari de base a l'alterat, i s'han considerat aquests beneficis com a atribuïbles a aquesta reducció. En el primer any d'un escenari de reducció, l'ús de taules de vida o la derivació de morts atribuïbles com la que s'ha fet en aquest projecte donen resultats similars. Però, darrera d'un escenari real de política de reducció, s'assumeix generalment que la reducció de la contaminació atmosfèrica és sostinguda. Per tant, en comparació amb un escenari de base, s'espera que els beneficis es repeteixin cada any. Tanmateix, per expressar aquests beneficis a llarg termini, per exemple durant la vida d'una cohort, els dos enfocaments donarien resultats cada vegada més discrepants i el concepte de morts atribuïbles es tornaria erroni a mesura que passessin els anys. En efecte, si es segueix una cohort fins a la seva extinció, tothom acaba per morir, independentment de si l'aire està contaminat o no, i per tant no s'evitarà cap mort. Això s'il·lustra a la **Figura 6.1** (a dalt) per a la població del 2004 de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, on s'assumeix una reducció de la taxa de mortalitat considerant que s'assoleixen els estàndards de l'OMS. Aquesta figura mostra com, si bé el guany de morts augmenta al principi degut a aquesta reducció, el guany arriba a un límit i es torna negatiu a partir d'unes edats elevades. Això és degut al fet que el nombre total de morts en l'escenari de base i en l'escenari alterat ha de ser igual al de la població inicial, i les diferències en el nombre de morts a una edat es cancel·len a altres edats amb l'efecte net d'un nombre total de morts de zero [69]. En altres paraules, la supressió o la reducció d'un factor de risc, com ara la contaminació atmosfèrica, posposa la mort però no evita la mort d'una cohort.

Basant-se en aquestes consideracions, el CAFE-CBA i altres han proposat que l'impacte de factors de risc, com la contaminació atmosfèrica, per a la mortalitat, s'ha d'expressar en anys de vida perduts (o en guanys per reducció de la contaminació atmosfèrica) i no en morts atribuïbles, perquè els anys de vida s'acumulen independentment de les morts. Com es mostra a la **Figura 6.1** (a baix), quan es considera l'esperança de vida i el canvi del nombre total d'anys de vida segons un escenari de base i un escenari alterat, es veu que tots els anys de vida guanyats són positius. Mentre que tots els enfocaments que extrapolen una situació actual a una situació futura depenen d'un nombre d'assumpcions discutibles, el concepte d'anys de vida reflecteix d'una manera més apropiada les dinàmiques de vida i mort en el temps i s'ha aplicat aquest concepte a aquesta avaluació.

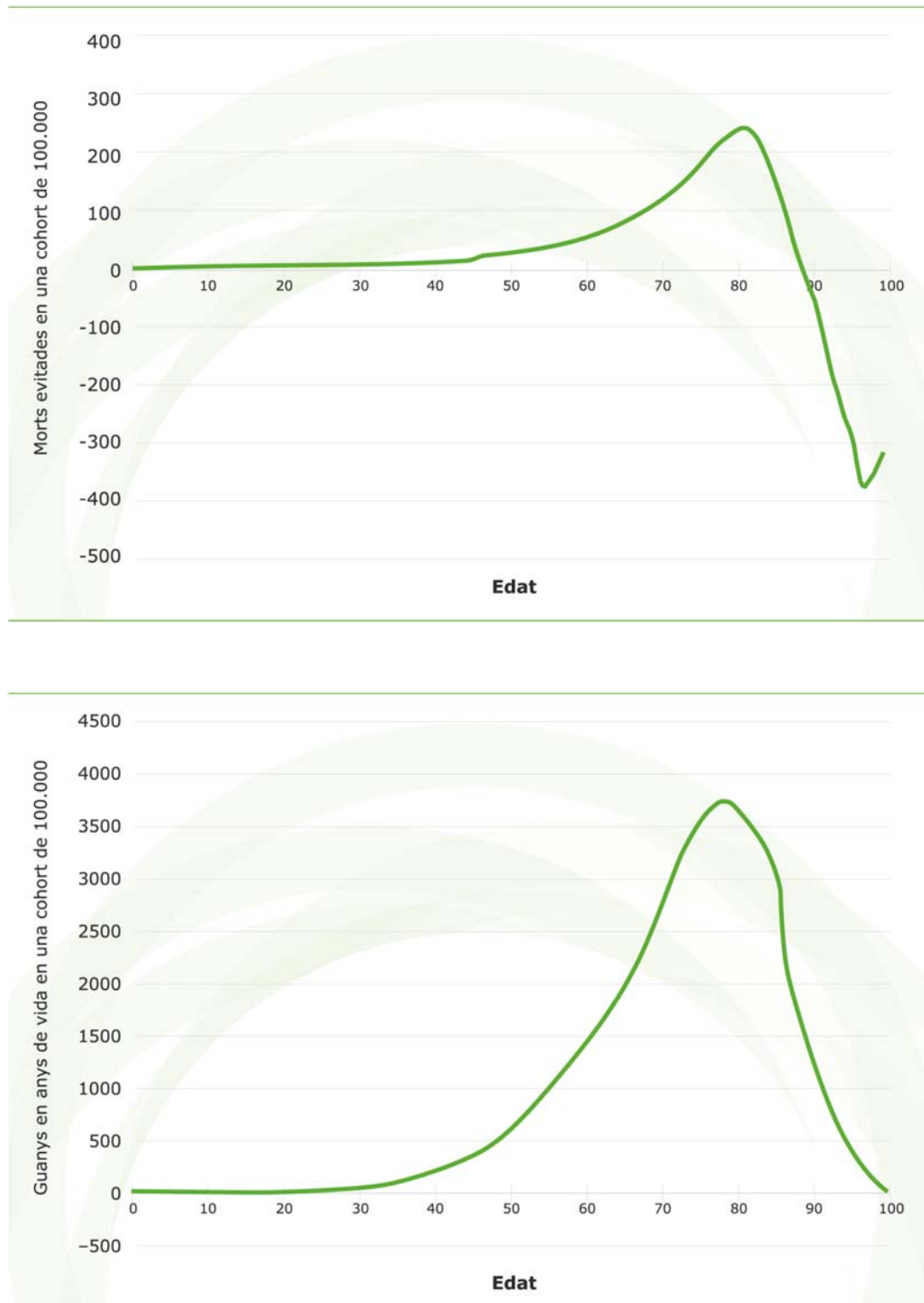


Figura 6.1. Morts evitades (a dalt) i anys de vida guanyats (a baix) per una reducció de la taxa de mortalitat que correspon a l'assoliment dels nivells estàndard de l'OMS

6.4.3 Guanys en anys de vida

S'han derivat els guanys en anys de vida seguint la metodologia que s'ha presentat anteriorment com a alternativa a les morts atribuïbles anuals. Breuement, per a cada corba de supervivència obtinguda (escenari de base i escenari alterat), s'ha multiplicat la probabilitat acumulada de sobreviure pel nombre d'individus a cada grup d'edat per tal d'obtenir el nombre d'anys de vida total per a cada grup d'edat. Per obtenir guanys totals, s'han sumat les diferències entre els resultats de totes dues corbes. Els resultats en anys de vida guanyats per a ambdós escenaris considerats es presenten a la **Taula 6.3**.

Taula 6.3. Beneficis per a la salut expressats en forma d'anys de vida guanyats per a una reducció de la mitjana anual de PM₁₀ a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

Indicador de salut	Unitat	Edat	Beneficis per a la salut (IC del 95%)	
			Reducció mitjana anual de PM ₁₀ fins a 20 µg/m ³	Reducció mitjana anual de PM ₁₀ fins a 40 µg/m ³
Guanys en anys de vida (LY)	anys	≥30	22.100 (13.700-30.700)	8.200 (4.900-11.500)

Com que aquesta avaluació s'ha centrat en expressar beneficis per any, s'han derivat els anys de vida guanyats per any seguint un canvi en la taxa de mortalitat degut a una reducció de la contaminació atmosfèrica (per exemple, primer any de reducció). Cal subratllar, però, que encara que les taxes de mortalitat retornin als nivells de base els anys següents, els guanys continuarien augmentant en un futur proper. Per tant, el total d'anys de vida guanyats sobre la vida de la cohort és més gran que el que es presenta a la **Taula 6.3**.

Si la contaminació atmosfèrica se sostingués durant tota la vida de la cohort, els guanys augmentarien fins a la seva extinció. A la **Figura 6.2** s'exemplifica aquest punt. El total d'anys guanyats per la cohort a causa d'una reducció puntual o sostinguda de la contaminació atmosfèrica durant la vida de la cohort seria la integració de la superfície sota les corbes. Dividint l'acumulació d'anys de vida guanyats per la població total de la cohort s'obté l'increment mitjà de l'esperança de vida per a la cohort produït per aquesta reducció de la contaminació atmosfèrica.

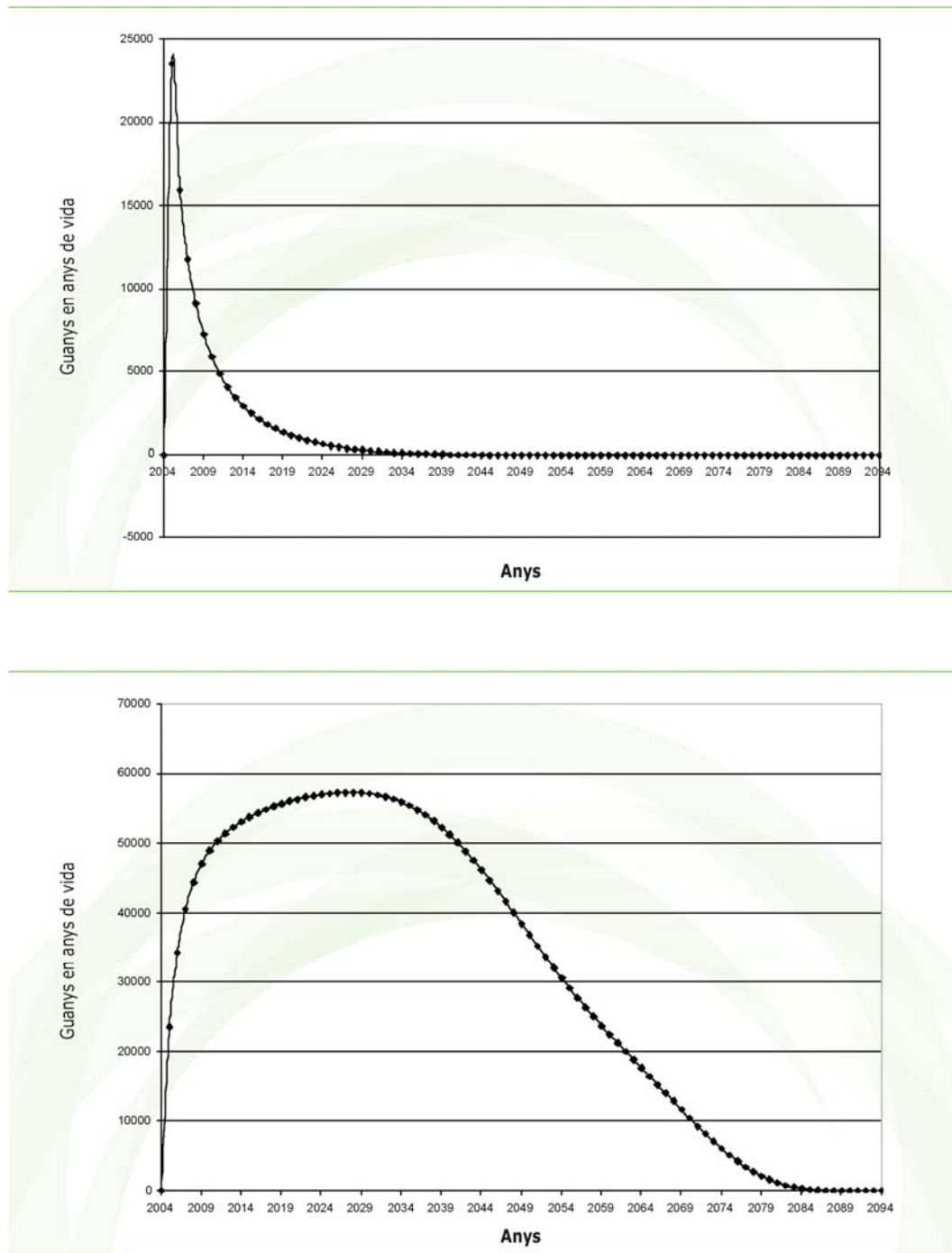


Figura 6.2. Guanys en anys de vida per una reducció puntual (a dalt) i una reducció sostinguda (a baix) de la contaminació atmosfèrica. Les dues figures il·lustren una reducció de la taxa de mortalitat corresponent a l'assoliment dels nivells estàndard de l'OMS.

6.4.4 Valor monetari d'un any de vida

Les valoracions monetàries basades en anys de vida utilitzen "el valor d'un any de vida" (VOLY, segons les sigles en anglès) com a unitat monetària. A la **Taula 6.4** es mostra el marge de valors adoptat per l'enfocament VOLY en el CAFE-CBA. Aquests valors van ser proposats per ExternE [20] i desenvolupats basant-se en informació empírica recent derivada d'unes avaluacions contingents a diferents àrees d'Europa. Com per a l'enfocament VSL, s'han calculat uns costos emprant el valor mitjà del preu de mercat del 2006 del marge mostrat a la taula que correspon a la mediana (valor baix) i a la mitjana (valor alt).

Taula 6.4. Valors per monetitzar els beneficis de reduir la contaminació atmosfèrica en termes de guanys en anys de vida

Valor monetari	Marge en euros (segons publicat)	Marge en euros (2006 preu de mercat del 2006)*
VOLY	€52.000-€120.000	€54.000-€125.000

*Increment del producte interior brut a Espanya al 2006: 3,9% (Font: Eurostat); €: Euros

6.4.5 Valoració monetària utilitzant anys de vida

La **Table 6.5** mostra els resultats per als beneficis monetitzats obtinguts dels guanys en anys de vida. Com s'ha fet per a l'enfocament VSL, es presenten les estimacions amb un interval de confiança del 95% obtingut utilitzant els valors monetaris mitjans aplicats a l'interval de confiança dels guanys en anys de vida.

Per a l'escenari que contempla una reducció mitjana anual dels nivells de PM₁₀ fins a 20 µg/m³, els resultats mostren que els costos totals agregats estimats estarien entre 1.200 i 2.700 milions d'euros (2.000 milions d'euros de promig). Els resultats per a la mortalitat, utilitzant morts atribuïbles són, de mitjana, unes 2,6 vegades més elevats que els basats en aquest enfocament VOLY.

Sumant a les estimacions VOLY les estimacions per costos de morbiditat, els beneficis totals que s'aconsegueixen són de 3.000 milions d'euros (IC del 95%: 1.300-4.400), cosa que representa prop dels 740 euros per càpita (IC del 95%: 330-1.100). En aquest cas, els resultats totals de casos atribuïbles van ser, de mitjana, dues vegades més elevats que els basats en aquest enfocament VOLY. Degut al pes reduït de la mortalitat segons aquest enfocament, però, la BC contribueix en un 30% en l'estimació total, en lloc d'una contribució d'un 15%, segons l'enfocament VSL.

Com per a l'enfocament VSL, si es considera una reducció mitjana anual dels nivells de PM₁₀ fins a 40 µg/m³, els beneficis serien d'aproximadament un terç dels presentats anteriorment.

Taula 6.5. Beneficis anuals monetitzats pels beneficis per a la salut de la reducció de la contaminació a la zona metropolitana de Barcelona (enfocament VOLY)

Beneficis per a la salut	Reducció mitjana anual de PM ₁₀ fins a 20 µg/m ³			Reducció mitjana anual de PM ₁₀ fins a 40 µg/m ³		
	Beneficis per a la salut (IC del 95%)	Beneficis monetitzats per any		Beneficis per a la salut (IC del 95%)	Beneficis monetitzats per any	
Mortalitat						
Guanyos en anys de vida	22.100 (13.700-30.700)	2.000 (1.200-2.700)	Mio. Euros	8.200 (4.900-11.500)	730 (440-1.000)	Mio. Euros
Morbiditat						
Admissions hospitalàries	1.800 (950-2.600)	3.7 (2,0-5,4)	Mio. Euros	600 (320-890)	1.3 (0,7-1,8)	Mio. Euros
Bronquitis crònica (adults)	5.100 (550-8.500)	970 (100-1600)	Mio. Euros	1.900 (190-3.400)	360 (40-700)	Mio. Euros
Total símptomes	54.000 (27.400-75.700)	2.1 (1,1-3,0)	Mio. Euros	18.700 (9.300-26.800)	0.7 (0,4-1,1)	Mio. Euros
Beneficis monetaris totals	Total (enfocament VOLY)	3.000 (1.300-4.400)	Mio. Euros	Total (enfocament VOLY)	1.100 (480-1.700)	Mio. Euros
	Beneficis anuals per càpita ¹	740 (330-1.100)	Euros	Beneficis anuals per càpita ¹	270 (120-420)	Euros

Notes:

Mio. Millions

1. Calculada per a la població de l'àrea d'estudi de 4 milions d'habitants

6.4.6 Altres consideracions

Com s'ha comentat anteriorment, pel que fa al concepte de mortalitat, les avaluacions monetàries basades en els anys de vida guanyats en comptes de les basades en les "morts atribuïbles" podrien ser conceptualment més adequades, particularment a llarg termini. Això no obstant, cal recordar que una reducció de la contaminació atmosfèrica disminueix el risc de mort i, per tant, inicialment podria disminuir el nombre absolut de morts en una població. Això s'ha observat, de fet, en un exemple a Dublín després de la prohibició d'utilitzar carbó i a Utah (EUA), on es va tancar un molí metàl·lic durant un any. El molí era la font més important de contaminació atmosfèrica a la zona, per tant la pol·lució va disminuir durant l'any de tancament i va tornar a augmentar després. La mortalitat i la morbiditat van seguir el mateix patró.

En aquesta secció s'ha exemplificat un cas senzill, estimant guanyos en anys de vida i costos, basats en una cohort única per a un impacte de la reducció en la taxa de mortalitat en el primer any de reducció de contaminació.

La derivació dels beneficis per a períodes de temps més llargs hauria de tenir en compte assumpcions més complexes. Per exemple, si la contaminació atmosfèrica és sostinguda, les cohorts futures que naixessin també es beneficiarien d'aquesta millora. Per tant, l'escenari d'extinció de la cohort no és realista. A més, s'ha assumit que, a banda de la contaminació atmosfèrica, tots els altres determinants de risc, incloent-hi el canvi en la susceptibilitat de les cohorts futures, seguirien essent similars.

Una altra qüestió important quan es treballa amb anys de vida és la ponderació. Per exemple, s'ha suggerit que el valor d'un any de vida no hauria de tenir el mateix pes si es viu a una edat jove o a una edat més avançada. Existeix molta

controvèrsia al voltant d'aquest tema, perquè els resultats d'algunes enquestes semblen mostrar que els individus d'edat avançada valoren la vida tant com la gent jove [20, 62]. Ajustar els anys de vida per tal de tenir en compte la percepció de la qualitat de vida, que podria canviar en el procés d'envelliment (i.e. Anys de vida ajustats per qualitat o QALY, segons les sigles en anglès), podria també ser rellevant en aquest tipus d'avaluació i tenir un impacte considerable en el nombre d'anys de vida guanyats quan es projecten en el futur. A l'informe de Miller i Hurley [69] apareix una descripció més detallada d'aquestes qüestions.

Finalment, una qüestió important en les taules de vida que encara no s'ha considerat, tot i que podria ser important en els EIS que avaluen la morbiditat i la mortalitat, és el rol de l'increment de la morbiditat com a resultat del retràs de la mort. Cal ressaltar, però, que el retràs de la mort degut a una reducció de la contaminació atmosfèrica és conseqüència d'una reducció en el nombre de patologies agudes i cròniques, per tant l'increment de l'esperança de vida no implica necessàriament més anys viscuts amb malalties a edats més avançades. Com s'ha suggerit en aquesta avaluació monetària, després de la mort, la BC és una font important de cost social. Entendre la relació entre els canvis en la incidència de la BC i els canvis en el risc de mortalitat seria rellevant per a futures avaluacions econòmiques. Cal, per tant, desenvolupar les metodologies en aquesta àrea.

Tot i que queden moltes qüestions obertes sobre la interpretació dels beneficis a llarg termini per a la salut pública d'una reducció de la contaminació atmosfèrica i sobre la integració de poblacions futures en les estimacions econòmiques actuals, cal ressaltar que s'espera que la reducció de la contaminació atmosfèrica resulti en un increment de l'esperança de vida degut a una reducció de la morbiditat i de la mortalitat. Per tant, també és necessària una expansió de la discussió d'aquests beneficis en l'increment normal de l'esperança de vida observat en moltes societats arreu del món.

7. Conclusions generals

La qualitat de l'aire a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, concretament pel que fa als nivells de PM i d'NO₂, és bastant dolenta i la tendència dels darrers anys tampoc no mostra millores, sinó un empitjorament de la situació. Basant-se en la investigació que s'ha dut a terme a Espanya i en altres àrees, i en línia amb altres estimacions internacionals, incloses les de l'OMS, es pot concloure que els nivells actuals de contaminació atmosfèrica a Barcelona i rodalies són perillosos per a la salut.. Aquest estudi ha demostrat que els habitants de l'Àrea Metropolitana de Barcelona es podrien beneficiar de millores en la salut en termes de morbiditat, mortalitat i esperança de vida si els nivells es reduïssin fins als recomanats i establerts per l'OMS amb la finalitat de protegir la salut pública, nivells que ja s'han implantat a molts països d'Europa. Malgrat una probable subestimació dels beneficis totals, aquest estudi ha posat de manifest que, gràcies a aquesta reducció, cada any es podrien arribar a evitar:

- **3.500 morts prematures (un 12% de totes les morts naturals entre les persones més grans de 30 anys), la qual cosa representaria un increment de l'esperança de vida d'uns 14 mesos;**
- **1.800 hospitalitzacions per raons cardiorespiratòries;**
- **5.100 casos de bronquitis crònica en adults;**
- **31.100 casos de malalties bronquitis agudes en nens; i**
- **54.000 atacs d'asma en nens i adults.**

L'Àrea Metropolitana de Barcelona és una de les poques àrees urbanes d'Europa on els valors límits regulats de la UE, menys estrictes que les recomanacions de l'OMS, són superats. Aquesta avaluació subratlla que es podria aconseguir **un terç** dels beneficis esmentats amb anterioritat si la contaminació atmosfèrica es reduís fins als nivells de la UE.

Encara que continua havent-hi controvèrsies sobre els enfocaments apropiats per derivar valoracions econòmiques, els beneficis econòmics obtinguts són amplis, independentment dels enfocaments alternatius considerats. El benefici econòmic estimat en aquest estudi per a una reducció de la contaminació atmosfèrica als nivells recomanats per la OMS són de 700 i 1.600 euros per persona i any, és a dir, un total de 3.000 i 6.400 milions d'euros l'any.

Els impactes adversos de la contaminació atmosfèrica no es distribueixen igual. Factors com la posició socioeconòmica, l'edat i la predisposició augmenten el risc de patir els efectes nocius que provoca la contaminació atmosfèrica en la salut. L'exposició a la contaminació del trànsit, principal causant de l'escassa qualitat de l'aire de la zona metropolitana de Barcelona, també és un dels factors de risc. La particularitat del desenvolupament urbà en aquesta àrea, on la gent acostuma a viure molt a prop de carrers atafegats, suggereix que la distribució de l'impacte està relacionada amb l'exposició al trànsit. Caldria fer una avaluació més profunda per planificar aquesta distribució, ja que podria proporcionar informació més que valuosa als encarregats d'elaborar polítiques sobre el tema a fi de replantejar-se l'actual desenvolupament urbà de la zona.

En el futur i a mesura que la població augmenta i el trànsit s'intensifica en l'Àrea Metropolitana de Barcelona, l'impacte i el cost de la contaminació atmosfèrica per a les persones i la societat, en general, seran cada vegada més greus, si no es prenen les mesures adequades al més aviat possible. Els beneficis d'aquestes accions són grans, i, a mida que la qualitat de l'aire millori, es podran nota immediatament i a llarg termini.



Les autoritats locals de l'Àrea Metropolitana de Barcelona han desenvolupat un pla d'actuació per tal de millorar la qualitat de l'aire fins als nivells establerts per la UE. Es tracta d'un primer pas molt important per reduir l'impacte de la contaminació atmosfèrica en la salut dels habitants de la zona. Tanmateix, com que un percentatge important de persones queda exposat a nivells inferiors als límits esmentats, el fet d'identificar i implementar estratègies de mitigació que, finalment, permetin assolir els nivells proposats per l'OMS, produiria beneficis addicionals importants per als habitants de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

8. Bibliografia

- [1] Pope, C.A., 3rd and D.W. Dockery, *Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect*. J Air Waste Manag Assoc, 2006. **56**(6): p. 709-42.
- [2] Sunyer, J., et al., *Air pollution and mortality in Barcelona*. J Epidemiol Community Health, 1996. **50 Suppl 1**: p. s76-80.
- [3] Sunyer, J. and X. Basagana, *Particles, and not gases, are associated with the risk of death in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Int J Epidemiol, 2001. **30**(5): p. 1138-40.
- [4] Krewski, D., et al., *Mortality and long-term exposure to ambient air pollution: ongoing analyses based on the American Cancer Society cohort*. J Toxicol Environ Health A, 2005. **68**(13-14): p. 1093-109.
- [5] McConnell, R., et al., *Traffic, susceptibility, and childhood asthma*. Environ Health Perspect, 2006. **114**(5): p. 766-72.
- [6] Gauderman, W.J., et al., *Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study*. Lancet, 2007. **369**(9561): p. 571-7.
- [7] Nel, A., *Atmosphere. Air pollution-related illness: effects of particles*. Science, 2005. **308**(5723): p. 804-6.
- [8] Departament de Medi Ambient i Habitatge. Govern de Catalunya. Disponible a: [<http://mediambient.gencat.net>].
- [9] WHO (World Health Organization). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment*. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. 2006.
- [10] Sunyer, J., et al., *Patients with chronic obstructive pulmonary disease are at increased risk of death associated with urban particle air pollution: a case-crossover analysis*. Am J Epidemiol, 2000. **151**(1): p. 50-6.
- [11] Querol, X., et al., *PM10 and PM2.5 source apportionment in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain*. Atmospheric Environment, 2001. **35**: p. 6407-6419.
- [12] Querol, X., et al., *Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in Spain*. Journal of Aerosol Science, 2004. **35**(9): p. 1151-1172.
- [13] Querol, X., et al., *Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM10 and PM2.5) across Spain 1999-2005*. Atmospheric Environment, doi:10.1016/j.atmosenv.2006.10.071, 2007.
- [14] NRC (National Research Council). *US National academy of science committee Estimating the Health-Risk-Reduction Benefits of Proposed Air Pollution Regulations*. ISBN-10: 0-309-08609-4. 2002.
- [15] Kunzli, N., et al., *Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment*. Lancet, 2000. **356**(9232): p. 795-801.
- [16] Medina, S. and E. Boldo, *and contributing members of the APHEIS group. APHEIS: Health Impact assessment of Air Pollution Communication Strategy. Third year report*. Disponible a: [<http://www.apheis.net>]. ISBN: 2-11-094838-6. 2005.
- [17] Medina, S., et al., *Apheis: public health impact of PM10 in 19 European cities*. J Epidemiol Community Health, 2004. **58**(10): p. 831-6.
- [18] Boldo, E., et al., *Apheis: Health impact assessment of long-term exposure to PM(2.5) in 23 European cities*. Eur J Epidemiol, 2006. **21**(6): p. 449-58.
- [19] ENHIS (European Network of Health Information System). *WP5: Health impact assessment. ENHIS-1 final report and city report*. Disponible a: [<http://www.apheis.net>]. 2006.
- [20] CAFE (Clean Air For Europe). *Commission staff working paper. The communication on thematic on air pollution and the directive on "Ambient air quality and cleaner air for Europe. Impact assessment*. COM(2005)446 final. Disponible a: [<http://ec.europa.eu/environment/air/cape/index.htm>]. 2005.
- [21] WHO (World Health Organization). *Country profiles of Environmental Burden of Disease*. Disponible a: www.who.org. 2007.
- [22] Ostro, B. and L. Chestnut, *Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States*. Environ Res, 1998. **76**(2): p. 94-106.
- [23] NRC (National Research Council). *Risk assessment in the federal government: Managing the process*. National Academies Press. Washington, DC. 1983.
- [24] Departament de Medi Ambient i Habitatge. Govern de Catalunya. *Pla d'actuació associat a la declaració de les zones de protecció especial de l'ambient atmosfèric pels contaminants diòxid de nitrogen i partícules en suspensió*. Internal report, 2007.
- [25] WHO (World Health Organization). *Health Aspects of Air Pollution. Results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe"*. Report E083080. June. 2004.

- [26] Abbey, D.E., et al., *Long-term ambient concentrations of total suspended particulates, ozone, and sulfur dioxide and respiratory symptoms in a nonsmoking population*. Arch Environ Health, 1993. **48**(1): p. 33-46.
- [27] WHO (World Health Organization). *Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and ozone (O3)*. EUR/04/5042688. 2004.
- [28] Lacasana, M., A. Esplugues, and F. Ballester, *Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects*. Eur J Epidemiol, 2005. **20**(2): p. 183-99.
- [29] Ward, D.J. and J.G. Ayres, *Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review*. Occup Environ Med, 2004. **61**(4): p. e13.
- [30] Le Tertre, A., et al., *Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities*. J Epidemiol Community Health, 2002. **56**(10): p. 773-9.
- [31] Katsouyanni, K., et al., *Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. The APHEA project: background, objectives, design*. Eur Respir J, 1995. **8**(6): p. 1030-8.
- [32] Katsouyanni, K., et al., *Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project*. Epidemiology, 2001. **12**(5): p. 521-31.
- [33] Pope, A., M. Thun, and M. Namboodiri, *Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S adults*. Am J Respir Crit Care Med. **151**:669-74. 1995.
- [34] Dockery, D.W., et al., *An association between air pollution and mortality in six U.S. cities*. N Engl J Med, 1993. **329**(24): p. 1753-9.
- [35] Krewski, D., B. RT, and G. MS, *Re-analysis of the Harvard Six-cities study and the American Cancer Society study of air pollution and mortality*. Cambridge, MA: Health Effects Institute. 2000.
- [36] Pope, C.A., 3rd, et al., *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution*. Jama, 2002. **287**(9): p. 1132-41.
- [37] Hoek, G., et al., *Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study*. Lancet, 2002. **360**(9341): p. 1203-9.
- [38] Nafstad, P., et al., *Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men*. Environ Health Perspect, 2004. **112**(5): p. 610-5.
- [39] Filleul, L., et al., *Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey*. Occup Environ Med, 2005. **62**(7): p. 453-60.
- [40] Gehring, U., et al., *Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women*. Epidemiology, 2006. **17**(5): p. 545-51.
- [41] Naess, O., et al., *Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway*. Am J Epidemiol, 2007. **165**(4): p. 435-43.
- [42] Miller, B.G. and J.F. Hurley, *Life table methods for quantitative impact assessments in chronic mortality*. J Epidemiol Community Health, 2003. **57**(3): p. 200-6.
- [43] Abbey, D.E., et al., *Estimated long-term ambient concentrations of PM10 and development of respiratory symptoms in a nonsmoking population*. Arch Environ Health, 1995. **50**(2): p. 139-52.
- [44] Dockery, D.W., et al., *Effects of inhalable particles on respiratory health of children*. Am Rev Respir Dis, 1989. **139**(3): p. 587-94.
- [45] Dockery, D.W., et al., *Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms*. Environ Health Perspect, 1996. **104**(5): p. 500-5.
- [46] Braun-Fahrlander, C., et al., *Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL Team. Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen*. Am J Respir Crit Care Med, 1997. **155**(3): p. 1042-9.
- [47] Dusseldorp, A., et al., *Associations of PM10 and airborne iron with respiratory health of adults living near a steel factory*. Am J Respir Crit Care Med, 1995. **152**(6 Pt 1): p. 1932-9.
- [48] Hiltermann, T.J., et al., *Asthma severity and susceptibility to air pollution*. Eur Respir J, 1998. **11**(3): p. 686-93.
- [49] Neukirch, F., et al., *Short-term effects of low-level winter pollution on respiratory health of asthmatic adults*. Arch Environ Health, 1998. **53**(5): p. 320-8.
- [50] Zhang, J. and K.F. Yu, *What's the Relative Risk?: A Method of Correcting the Odds Ratio in Cohort Studies of Common Outcomes*. JAMA, 1998. **280**(19): p. 1690-1691.
- [51] Heller, R.F., et al., *Impact numbers: measures of risk factor impact on the whole population from case-control and cohort studies*. J Epidemiol Community Health, 2002. **56**(8): p. 606-10.
- [52] Ostro, b., *Estimating the Health Effects of Air Pollutants: A Method with an Application to Jakarta*. World Bank Policy Research Working Paper 1301. Washington, D.C. 1994.
- [53] Idescat (Institut d'estadística de Catalunya). *Disponible a [http://www.idescat.net]*.

- [54] Miller, K.A., et al., *Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women*. N Engl J Med, 2007. **356**(5): p. 447-58.
- [55] Jerrett, M., et al., *Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles*. Epidemiology, 2005. **16**(6): p. 727-36.
- [56] EPA (Environmental Protection Agency). *Regulatory Impact Analysis. 2006 National Ambient Air Quality Standards for Particle Pollution*. Disponible a [<http://www.epa.gov/ttn/ecas/ria.html>]. 2006.
- [57] Zemp, E., et al., *Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study)*. The SAPALDIA Team. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **159**(4 Pt 1): p. 1257-66.
- [58] Schikowski, T., et al., *Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women*. Respir Res, 2005. **6**: p. 152.
- [59] Sunyer, J., et al., *Chronic bronchitis and urban air pollution in an international study*. Occup Environ Med, 2006. **63**(12): p. 836-43.
- [60] Heinrich, J., et al., *Improved air quality in reunified Germany and decreases in respiratory symptoms*. Epidemiology, 2002. **13**(4): p. 394-401.
- [61] Bayer-Oglesby, L., et al., *Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children*. Environ Health Perspect, 2005. **113**(11): p. 1632-7.
- [62] Hurley, F., et al., *Methodology for the cost-benefit analysis for CAFE. Vol. 2. Health Impact assessment*, Didcot, Oxon, United Kingdom, AEA Technology Environment (AEAT/ED51014/Methodology Volume 2 Issue 1); Disponible a: [http://europa.eu.int/comm/environment/air/cape/pdf/cba_methodology_vol2.pdf].
- [63] Viana, M., X. Querol, and A. Alastuey, *Chemical characterization of PM episodes in NE Spain*. Chemosphere, 2006. **62**(6): p. 947-56.
- [64] Querol, X., et al., *Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in selected European cities*. Atmospheric environment 38:6547-6555, 2004.
- [65] Roemer, W., G. Hoek, and B. Brunekreef, *Effect of ambient winter air pollution on respiratory health of children with chronic respiratory symptoms*. Am Rev Respir Dis, 1993. **147**(1): p. 118-24.
- [66] Abbey, D.E., et al., *Chronic respiratory symptoms associated with estimated long-term ambient concentrations of fine particulates less than 2.5 microns in aerodynamic diameter (PM2.5) and other air pollutants*. J Expo Anal Environ Epidemiol, 1995. **5**(2): p. 137-59.
- [67] Clancy, L., et al., *Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study*. Lancet, 2002. **360**(9341): p. 1210-4.
- [68] Roosli, M., et al., *Years of life lost attributable to air pollution in Switzerland: dynamic exposure-response model*. Int J Epidemiol, 2005. **34**(5): p. 1029-35.
- [69] Miller, B. and F. Hurley, *Comparing estimated risks for air pollution with risks for other health effects*. Research Consulting Services. Institute of Occupational Medicine. Research report TM/06/01. March. 2006.
- [70] Mudu, P., et al., *Transport, energy and health*. Bettina Menne, Anil Markandya, Michael Joffe (eds): *Energy, Sustainable Development and Health. Health and Global Environmental Change Series no. 3*, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. In press. 2007.
- [71] EPA (Environmental Protection Agency), *Clean Air Interstate Rule: Regulatory Impact Analysis*. March, Washington DC. 2005.
- [72] Hall, J.V., V. Brajer, and F.W. Lurmann, *The health and related economic benefits of attaining healthful air in the San Joaquin Valley*. California State Fullerton, Institut for Economic and environmental Studies. Report. March. 2006.



centre de recerca
en epidemiologia
ambiental

Doctor Aiguader, 88
E-08003 Barcelona
Tel +34 93 316 04 00
Fax +34 93 316 06 35

www.creal.cat