CAMBIO GLOBAL ESPAÑA 2020/50

CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

ENERO DE 2012

CAMBIO GLOBAL ESPAÑA 2020/50

CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

ENERO DE 2012

Cambio Global España 2020/50. Cambio climático y salud

Si deseas colaborar con la difusión de este informe, puedes enviarlo en versión digital o enlazarlo desde tu web en:

wwww.istas.ccoo.es

www.ucm.es/info/fgu/pensamiento/cceim/index_cceim.php

www.cambioglobal.es

www.sanidadambiental.com

Este informe forma parte del Programa Cambio Global España 2020/50

del Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental

Se permite su reproducción, siempre que se cite la fuente.

Diseño y maquetación: decomunicación, S. L.

Impresión: GRÁFICAS SUMMA, S. A.

Depósito legal: AS-100-2012

ISBN: 978-84-615-7307-3

El papel utilizado para la impresión de este informe es Cyclus Offset 100% reciclado. Impreso con tintas de origen vegetal.

Este informe se acabó de imprimir en Asturias, en enero de 2012.

Editan:

Patrocina:

00

Sumario y Créditos

0 SUMARIO Y CRÉDITOS 5

1 PRESENTACIÓN 13

2 PRÓLOGO 17

3 PROGRAMA CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD EN ESPAÑA: PRESENTE Y FUTURO 28

3.1. Factores de riesgo y efectos potenciales en salud del cambio climático en España **40**

3.1.1. Olas de calor y frío y cambio climático. Efectos en la salud 40

3.1.2. Eventos extremos y cambio climático. Efectos en la salud 74

3.1.3. Cambio climático y agua. Riesgos y problemas sanitarios 108

3.1.4. Alimentos en el cambio climático. Efectos en la salud 144

3.1.5. Vectores trasmisores de enfermedades y cambio climático 164

3.1.6. Contaminación atmosférica y cambio climático. Efectos en salud 190

3.1.7. Polen y cambio climático. Efectos en la salud 210

3.1.8. Radiaciones ultravioletas y cambio climático. Efectos en la salud 228

3.2. Impacto económico del cambio climático sobre la salud **244**

3.3. Procesos atmosféricos en la Cuenca Mediterránea Occidental: El ozono troposférico y otros aspectos climáticos **266**

3.4. Poblaciones de especial riesgo **292**

3.4.1. Personas mayores 292

3.4.2. Niños 296

3.4.3. Trabajadores 302

3.5.- Investigación cualitativa **308**

3.5.1. La opinión de los ciudadanos en riesgo mediante grupos de discusión 308

3.5.2. La opinión de los expertos en salud y medio ambiente: consulta directa y encuesta abierta 320

3.6.- Propuestas y conclusiones **338**

3.6.1. Bases para una propuesta de indicadores de salud ambiental ante un escenario de cambio climático en España 338

3.6.2. Propuestas y líneas estratégicas de intervención ante los factores de riesgo y efectos Potenciales 344

3.6.3. Conclusiones generales del programa Cambio Climático y Salud 348

4 EPÍLOGO **351**

5 ANEXOS **365**

I. Lista de asistentes al *Seminario para Expertos de Salud y Medio Ambiente sobre el Proyecto Cambio Climático y Salud en España: Presente y Futuro,* Madrid, el 1 de junio de 2011 366

II. Lista de expertos en Salud y Medio Ambiente encuestados 368

El contexto del informe

Este informe se inscribe en el amplio **programa de trabajo** que con el lema común de **Cambio Global España 2020/50**, ha puesto en marcha la *Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid,* con el patrocinio de la *Fundación Caja de Madrid*. El objetivo del programa es impulsar un proceso continuado de información, anticipación y propuestas de acción sobre el *Cambio Global* en España con una visión de medio plazo, con el fin de alimentar el debate integral que se estimule y fortalezca desde la sociedad civil. Para el desarrollo de este programa, la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid ha constituido el *Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (CCEIM)* entre cuyos objetivos figura la creación de un sistema de conocimiento/divulgación compartido en red en torno al "Cambio Global en España con el horizonte 2020/50" para lo que se programa, entre otras actividades, un proceso de trabajo acumulativo con la realización cada dos o tres años de informes y convenciones sobre los campos y temas clave.

Un tema central, para muchos el más importante del cambio global, es el cambio climático. Dentro de él, su impacto en la salud humana es un aspecto de especial relevancia e interés para toda la ciudadanía. Para abordar el **Programa CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD** se constituye un grupo de trabajo entre el CCEIM y Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) que convoca, con apoyo de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA) a un amplio conjunto de profesionales expertos en los diferentes contenidos de la relación entre el cambio climático y la salud humana, para que evalúen el actual estado del conocimiento, planteen estrategias de intervención y elaboren el presente Informe de Cambio Global como documento base y central del Programa, que se ha complementado con consultas y asesoramientos de otros expertos nacionales e internacionales, que pretende ser la base para una red estable multidisciplinar de expertos colaboradores y consultores de los ámbitos de las ciencias medioambientales y de la salud, así como de otras disciplinas que puedan tener relación con el ámbito del cambio climático y la salud.

Informes publicados hasta la fecha. Disponibles en: http://www.ucm.es/info/fgu/pensamiento/cceim/index_cceim.php

Cambio Global España 2020's. Informe 0. El reto es actuar (2008). Fundación General Universidad Complutense de Madrid / Fundación Conama.

Cambio Global España 2020/50. Programa Ciudades. Hacia un pacto de las ciudades españolas ante el cambio global (2009). CCEIM / Fundación Conama / OSE.

Cambio Global España 2020/50. Programa Transporte: La urgente necesidad de otras prioridades en los objetivos, planes e inversiones (2010). CCEIM / Fundación Fundicot.

Cambio Global España 2020/50. Programa Edificación (2010). CCEIM / GBCE / ASA.

Cambio Global España 2020/50. Energía, Economía y Sociedad (2011). Fundación General Universidad Complutense de Madrid / Fundación Conama.

Autores

Dirección y redacción final

DIRECCIÓN

José Vte. Martí Boscà
Doctor en Medicina y Cirugía. Máster en Salud Comunitaria. Higienista Industrial. Expresidente de la SESA (2001-2010). Jefe de la Unidad de Sanidad Ambiental, Generalitat Valenciana. Profesor asociado de la Universitat de València.

COORDINACIÓN

José Mª Ordóñez Iriarte
Doctor en Medicina Preventiva y Salud Pública. Licenciado en Farmacia. Máster en Salud Pública, en Administraciones Sanitarias y en Toxicología. Presidente de la SESA. Observatorio de Alimentación, Medio Ambiente y Salud, Comunidad de Madrid.

Emiliano Aránguez Ruiz
Licenciado en Geografía y en Filología Española. Máster en Análisis y Gestión del Paisaje y del Territorio. Diplomado en Ordenación del Territorio. Vocal de la Junta Directiva de la SESA. Observatorio de Alimentación, Medio Ambiente y Salud, Comunidad de Madrid.

María Barberá Riera
Licenciada en Farmacia. Máster en Sanidad Medioambiental y en Investigación en Atención Primaria. Delegada de la SESA en la Comunitat Valenciana. Unidad de Sanidad Ambiental de Castellón de la Plana, Generalitat Valenciana.

Relación de responsables de los monográficos

OLAS DE CALOR Y FRÍO

Julio Díaz Jiménez
Doctor en Ciencias Físicas. Investigador en temperaturas extremas y salud y en contaminación atmosférica. Investigador titular de la Escuela Nacional de Sanidad, Instituto de Salud Carlos III.

EVENTOS EXTREMOS

Mª José Estrela Navarro
Doctora en Geografía. Jefa del Área de Meteorología, de la Fundación CEAM. Profesora titular de la Universitat de València.

AGUA

Jaime Roset Álvarez
Doctor en Ciencias Biológicas. Investigador en Toxicología Ambiental y en calidad de las aguas. Consultor independiente. Madrid.

ALIMENTOS

Jaime Martínez Urtaza
Doctor en Ciencias Biológicas. Investigador en bacterias patógenas humanas trasmitidas por alimentos, Instituto de Acuicultura, Universidade de Santiago de Compostela.

VECTORES

Ricardo Jiménez Peydró
Doctor en Ciencias Biológicas. Catedrático de Control de Plagas. Coordinador del Laboratorio de Entomología y Control de Plagas, Universitat de València.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Ferran Ballester Díez
Doctor en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria y en Medicina Preventiva y Salud Pública. Máster en Salud Comunitaria. Coordinador del Área de Ambiente y Salud, CSISP, Generalitat Valenciana. Profesor titular de Enfermería, Universitat de València.

POLEN

Adela Montserrat Gutiérrez Bustillo
Doctora en Ciencias Biológicas. Directora técnica de la Red PALINOCAM. Profesora titular de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. Presidenta de la Asociación Española de Aerobiología.

RADIACIONES ULTRAVIOLETAS

José Mª Ordóñez Iriarte

COSTES ECONÓMICOS

Marc Saez Zafra
Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales. Investigador principal del Grup de Recerca en Estadística, Economia Aplicada i Salut (GRECS). Catedrático de Estadística y Econometría, Universitat de Girona. CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP).

PROCESOS ATMOSFÉRICOS EN LA CUENCA MEDITERRÁNEA OCCIDENTAL

Millán Millán Muñoz
Doctor Ingeniero Industrial. B.A.Sc. (*Aeronautical Engineering*). M.A.Sc. (*Aerospace Science*). Ph.D. (*Atmospheric Physics*). Director ejecutivo de la Fundación CEAM. Asesor de programas comunitarios sobre Medio Ambiente, Atmósfera y Clima (1974-2006). Doctor *honoris causa* por la Universidad Miguel Hernández de Elche.

COAUTORES

OLAS DE CALOR Y FRÍO

Juan Carlos Montero Rubio
Licenciado en Ciencias Biológicas. Doctor en Medicina Preventiva y Salud Pública. Instituto de Ciencias de la Salud de Castilla-La Mancha, Talavera de la Reina, Toledo.

Isidro Juan Mirón Pérez
Licenciado en Veterinaria. Doctor en Medicina Preventiva y Salud Pública. Distrito de Salud de Torrijos, Toledo. Consejería de Salud y Bienestar Social de Castilla-La Mancha.

Cristina Linares Gil
Licenciada en Ciencias Biológicas. Doctora en Medicina Preventiva y Salud Pública. Área de Epidemiología Ambiental y Cáncer. Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III.

Juan José Criado Álvarez
Doctor en Medicina y Cirugía. Servicio de Salud de Castilla-La Mancha, SESCAM, Talavera de la Reina, Toledo.

EVENTOS EXTREMOS

Juan Javier Miró Pérez
Licenciado en Geografía. Investigador en Climatología y bases de datos climáticas, Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta Fundación CEAM - Universitat de València.

Emiliano Aránguez Ruiz

ALIMENTOS

Ronnie Gustavo Gavilán Chávez
Máster en Ciencias. Doctorando, Instituto de Acuicultura, Universidade de Santiago de Compostela.

VECTORES

Rubén Bueno Marí
Doctor en Biología; Máster Internacional en Enfermedades Parasitarias Tropicales. Becario postdoctoral, Laboratorio de Entomología y Control de Plagas, Universitat de València.

Alberto Bernués Bañeres
Licenciado en Biología; Máster Internacional en Enfermedades Parasitarias Tropicales. Becario de investigación. Laboratorio de Entomología y Control de Plagas, Universitat de València.

Francisco Alberto Chordá Olmos
Licenciado en Biología; Máster Internacional en Enfermedades Parasitarias Tropicales. Becario de investigación. Laboratorio de Entomología y Control de Plagas, Universitat de València.

POLEN

Patricia Cervigón Morales
Licenciada en Farmacia. Máster en Salud y Medio Ambiente. Coordinadora de la Red Palinocam, Comunidad de Madrid.

COSTES ECONÓMICOS

Maria Antònia Barceló Rado
Doctora en Matemáticas. Grup de Recerca en Estadística, Economia Aplicada i Salut (GRECS). Profesora titular de la Universitat de Girona. CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP).

POBLACIÓN DE RIESGO

INFANCIA
Juan Antonio Ortega García
Doctor en Medio Ambiente y Cáncer Pediátrico. Médico especialista en Pediatría. Responsable de la Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica, Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia.

PERSONAS MAYORES
María Barberá Riera

TRABAJADORES
José Vte. Martí Boscà
Pere Boix i Ferrando
Médico especialista en Medicina del Trabajo. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS).

GRUPOS DE DISCUSIÓN

Zara Martí Serra
Licenciada en Sociología, diplomada en Magisterio y en Educación Social.

TRATAMIENTO DE LA ENCUESTA A EXPERTOS

Amai Varela González
Médica especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública, ha trabajado en Salud Ambiental y en Salud Pública. Consultora de Salud Pública, realiza la especialidad de Medicina de la Educación Física y el Deporte.

SECRETARÍA

Zara Martí Serra

El Equipo de Dirección quiere agradecer todas las sugerencias, comentarios y apoyos prestados y, de forma especial, a:

- Los responsables de los temas monográficos y los respectivos coautores.

- Los asistentes al Seminario para Expertos de Salud y Medio Ambiente sobre el Proyecto Cambio Climático y Salud en España: Presente y Futuro, celebrado en Madrid, el 1 de junio de 2011.

- Los profesionales, nacionales e internacionales, que han respondido a nuestra encuesta sobre cambio climático y salud en España.

- La Junta Directiva de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

- Manuel Garí Ramos y Manuel Colomer Lluch, del Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) y a Yayo Herrero López, del Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, por la confianza depositada y la ayuda constante.

Aunque hemos intentado recoger todas las propuestas, los colaboradores no son responsables de los textos presentados en este libro ya que, salvo los que van firmados por sus respectivos autores, el resto es responsabilidad de este Equipo.

01
Presentación

Presentación

Existe evidencia inequívoca de que las actividades humanas están afectando a las condiciones climáticas del planeta, principalmente mediante el aumento de la concentración de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera, produciendo una elevación de la temperatura media mundial. Los efectos potenciales de este cambio climático sobre la salud humana y su bienestar son inmensos. La evaluación, control y mitigación de estos efectos suponen un gran desafío tanto para los profesionales de la salud como para los responsables de políticas medioambientales siendo fundamental la cooperación en políticas sinérgicas al respecto.

El cambio climático afecta a las condiciones básicas de vida necesarias para una población sana tales como agua y aire no contaminados, seguridad alimentaria y calidad de la vivienda. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año mueren aproximadamente 800.000 personas a causa de la contaminación atmosférica, 1,8 millones fallecen por la falta de acceso a agua potable para el consumo y a condiciones higiénicas dignas, 3,5 millones por malnutrición y unas 60.000 a causa de desastres derivados de diferentes disturbios climatológicos.

El calentamiento del clima y su mayor variabilidad supone una seria amenaza para el control de estas causas de muerte por el aumento de las enfermedades de transmisión hídrica y alimentaria, la modificación de las condiciones de producción agrícola y ganadera y el incremento de los fenómenos climáticos extremos.

El control de las enfermedades infecciosas vectoriales supone también otro importante desafío. Estos animales son muy sensibles a las condiciones climáticas afectando éstas tanto a su distribución geográfica como a su ciclo de vida y por tanto a su capacidad vectorial.

España, por su situación geográfica tiene un clima de transición entre las latitudes templadas y las tórridas con grandes contrastes térmicos y pluviométricos; además es un lugar de tránsito migratorio obligado para aves y personas. Por éstas y otras características es un país muy susceptible al aumento de la carga de enfermedad derivado del cambio climático.

Las influencias del clima en la salud humana se ven afectadas y moduladas por interacciones con otros procesos ecológicos, así como con las condiciones sociales y con las políticas de adaptación. Por tanto, para valorar el impacto del cambio climático sobre la salud y reducir su incertidumbre, es necesario realizar un diagnóstico multidisciplinar de las condiciones ambientales, socioeconómicas y de salud del país, así como de la capacidad adaptativa social, institucional, tecnológica y comportamental existentes.

El Centro Complutense de Estudios e Información Medio Ambiental (CCEIM), perteneciente a la Fundación General Universidad Complutense de Madrid, articulado alrededor de los retos que surgen ante el Cambio Global en diferentes sectores y

comprometido con el abordaje de estás complejas problemáticas en el seno de nuestra sociedad, e ISTAS, cuyo trabajo se centra en la promoción de las actividades para la mejora de las condiciones de trabajo, la protección del medio ambiente y la promoción de la salud ambiental, se han unido en esta iniciativa, para trasladar el objetivo general de articular propuestas sobre el cambio global al ámbito de la sanidad pública en nuestro país.

Con ello, pretendemos cumplir con el objetivo del programa Cambio Global España 2020-2050, de impulsar un proceso continuado de información, anticipación y propuestas de acción sobre el Cambio Global en España con una visión de medio plazo, con el fin de alimentar un debate integral que se estimule y fortalezca desde la sociedad civil.

Por eso, animamos a las personas e instituciones que quieran participar en este proceso a difundir este informe para convertirlo en un verdadero instrumento que anime el debate sobre la sostenibilidad y las repercusiones del Cambio Climático en la salud que contribuya a provocar las reacciones necesarias ante el reto del Cambio Global.

Madrid, enero de 2012

Sagrario Herrero López
Coordinadora Área Conocimiento en Red
del CCEIM
Fundación General Universidad
Complutense de Madrid

Manuel Garí Ramos
Gerente
Fundación Instituto Sindical de Trabajo,
Ambiente y Salud (ISTAS)

02

Prólogo

Prólogo

Una economía sostenible para una sociedad saludable

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), estima que en el último cuarto de siglo la economía mundial se ha cuadriplicado, beneficiando a centenares de millones de personas. Sin embargo, en el mismo periodo de tiempo, el 60% de los principales bienes y servicios de los ecosistemas del mundo, de los que depende el sustento del ser humano, se han degradado o utilizado de un modo insostenible. A su vez, cabe señalar que por primera vez en la historia, más de la mitad de la población del planeta reside en zonas urbanas. Las ciudades acaparan actualmente el 75% del consumo energético y son responsables del 75% de las emisiones de carbono. Cada vez son más graves los problemas que se derivan de esta situación, como la aglomeración, la contaminación y la falta de servicios, que afectan a la productividad y la salud de todos, especialmente de los ciudadanos más pobres.

Los efectos sobre el medio ambiente de la universalización y globalización del modelo de producción lineal (sucio y depredador) son, entre otros: el calentamiento global del planeta a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero, el deterioro de la capa de ozono que nos protege de las radicaciones perjudiciales del sol, la contaminación de buena parte de las costas, mares y océanos del planeta, el deterioro de bosques y lagos por lluvia ácida, el envenenamiento de los ríos y acuíferos, la desaparición de ecosistemas y la extinción de especies, la sobreexplotación de los cursos de agua dulce, la contaminación creciente de los suelos agrícolas y los problemas de calidad de aire de las ciudades y áreas metropolitanas e industriales.

A su vez, los países de la OCDE practican un nuevo *outsourcing* a escala planetaria que bien podría calificarse de un comportamiento neocolonialista e insolidario, con el que pretenden conjurar el deterioro ambiental en el patio trasero de su casa mediante la externalización hacia países empobrecidos de la producción sucia (tanto procesos como residuos). La exportación masiva de riesgos ambientales desde los países industrializados hacia terceros países con poblaciones más frágiles, indefensas, necesitadas y con menos derechos políticos, sociales, laborales y ambientales supone una nueva injusticia esta vez de naturaleza social y también ambiental. Esta suerte *World sourcing*, además de injusta es imposible y suicida ya que la biosfera es una y no entiende de fronteras.

De entre los problemas más acuciantes en el ámbito mundial, cabe destacar el de los riesgos asociados al cambio climático de origen antropogénico derivado de un modelo productivo, energético y de transporte altamente carbonizado. Por ello el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, fundación laboral de Comisiones Obreras (ISTAS), aceptó el reto planteado por el Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (CCEIM) de la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid consistente en realizar, en el marco de Proyecto Cambio Global, un estudio sobre "Cambio climático y salud".

Salud ambiental, pública y laboral, las caras de una misma realidad

Los principales riesgos para la salud humana tienen una relación directa con las condiciones medioambientales. La interacción entre el ser humano y el medio ambiente ha evolucionado provocando la aparición de nuevos factores de riesgo para la salud.

El cambio climático originado por la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de la capa de ozono atmosférico producida por las emisiones de fluorocarbonados -y en general el uso descontrolado en la producción, los servicios y en la vida doméstica de halogenocarbonados y otros disolventes de gran impacto negativo medioambiental y para la salud humana- y, por supuesto, el aumento de contaminantes troposféricos generados por las emisiones de los vehículos y las industrias, están en la base de nuevos riesgos para la salud pública general.

Los niveles de contaminación del aire, el agua y el suelo que hemos alcanzado, así como la emisión de compuestos químicos y el calentamiento que ya se manifiesta con el aumento e intensidad de los disturbios climatológicos, suponen nuevos retos para la salud pública por el aumento de patologías asociadas a estas exposiciones, como enfermedades cardiovasculares y respiratorias, cáncer, alteraciones endocrinas...

Según datos de la Organización Mundial de la Salud, el 23% de las muertes prematuras en el mundo son causadas por factores ambientales y en Europa el 20% de la incidencia total de enfermedades se debe a estas exposiciones. Las cifras son más elevadas en el caso de los niños, una población especialmente vulnerable. Según la OMS, más del 40% de la carga global de enfermedad atribuible a factores medioambientales recae sobre los niños de menos de cinco años de edad (¡que solo constituyen el 10% de la población mundial!). Por otra parte, en torno al 65% de las enfermedades infantiles tiene su origen en la contaminación y degradación del medio ambiente.

En uno de los estudios elaborados por ISTAS, se pone de manifiesto que al menos 4.000 trabajadores mueren al año de cáncer laboral por exposición ambiental en su puesto de trabajo a sustancias que lo provocan utilizadas en el proceso productivo y que, luego, pasan a formar parte de la cadena de residuos, vertidos y emisiones al medio ambiente. En España se estima que 16.000 muertes anuales son atribuibles a la contaminación producida por la industria y el transporte.

Necesidad de un enfoque integral de la salud y el medio ambiente

Lo anteriormente expuesto nos obliga a partir de una primera evidencia: no existen barreras que separen la salud pública, la ambiental y la laboral, también llamada en diversos países ocupacional. Existe una relación directa de la calidad del medio con salud y seguridad laboral en temas como el riesgo químico, los grandes accidentes, las nanotecnologías, las radiaciones, y los riesgos biológicos, y por supuesto entre el estado del medio y la salud del conjunto de la sociedad.

La segunda consideración que conviene resaltar es que existe una íntima relación entre el modelo productivo vigente y el deterioro de las condiciones ambientales. Por tanto la respuesta a problemas conexos que tienen la misma causa debe plantearse de forma integral. De nada valen las calles limpias si morimos en las fábricas, de nada valen las medidas de seguridad personal en el puesto de trabajo si nos envenenamos camino de casa.

Desde nuestro punto de vista para abordar esta cuestión es fundamental la colaboración multidisciplinar, intersectorial e internacional para el diseño de estrategias de evaluación, control y prevención de los factores de riesgo medioambientales, así como de protección de los aspectos beneficiosos que el medio proporciona a la salud y el bienestar humanos. En este sentido, existe una importantísima sinergia entre las políticas de protección medioambiental y las de salud pública, como la creación de entornos saludables, que los profesionales de ambos campos han de aprovechar y encauzar en beneficio de un futuro más saludable para el planeta y su población. Y lo mismo puede decirse de la sinergía existente entre los avances en la salud ambiental, la pública general y la laboral.

Desde el punto de vista metodológico el abordaje integral de la cuestión podría expresarse metafóricamente con los términos del álgebra moderna utilizados por Lentin y Rivaud. La salud y el respeto por el equilibrio de la biosfera tienen elementos comunes y elementos específicos, formando los primeros una intersección. Pero, a su vez la realidad global forma una unión de elementos (comunes y específicos) que debe ser tenida en cuenta para establecer las estrategias. Esta y no otra es la razón por la que desde CCOO, y por tanto desde ISTAS, se aborden cuestiones como las de contaminación, cambio climático, riesgo químico, movilidad, los grandes accidentes, las nanotecnologías, las radiaciones, o los riesgos biológicos, entre otros, de manera integrada –respetando las especificidades de los campos de conocimiento y actuación- tanto desde la perspectiva de la defensa de la salud laboral como de la protección medioambiental.

Riesgos conjuntos para la salud y la biosfera

Es pertinente señalar la existencia una plaga invisible que atenta a la salud de la población en general y de muy numerosos colectivos laborales en particular: la exposición a miles de sustancias y productos químicos cuya naturaleza y efectos no se hacen públicos y que potencialmente encierran una altísima nocividad. Dolores Romano, coordinadora de Riesgo Químico de ISTAS, asegura que vivimos cercados por el riesgo químico. Todas las personas nacidas después de los años 50 tenemos DDE, un metabolito del plaguicida DDT, en nuestro organismo, junto a otras muchas (¿decenas, centenares?) sustancias sintéticas tóxicas que pueden dañar nuestra salud.

Las enfermedades relacionadas con la exposición ambiental a sustancias químicas se han disparado en los últimos años tanto en España como en el resto del mundo. El cáncer, los problemas reproductivos (infertilidad, malformaciones, enfermedades reproductivas), las alteraciones hormonales (diabetes, problemas tiroideos, cánceres), las enfermedades

inmunológicas (dermatitis, alergias) y los problemas neurológicos (problemas de aprendizaje, autismo, hiperactividad, Alzheimer, Parkinson), entre otras enfermedades relacionadas con la exposición a sustancias tóxicas, han alcanzado cifras epidémicas. Y de nuevo cabe señalar que los bebés, los niños y las niñas a los que la sociedad dice proteger especialmente, son especialmente vulnerables a esas sustancias tóxicas.

La exposición a cancerígenos en los lugares de trabajo es responsable de 32.000 muertes al año en Europa, 4.000 de ellas -como arriba se señaló- en España, además de decenas de miles de enfermedades respiratorias, de la piel, del sistema nervioso o cardiovascular, entre otras. En la Unión Europea (UE), desde hace algunos años, contamos con una norma para el control de las sustancias químicas que establece el principio de precaución como *modus operandi* y en cuya discusión han jugado un papel muy importante los sindicatos, especialmente CCOO. El asunto es de vital importancia para el movimiento obrero: detrás del riesgo químico se esconde una lucha encarnizada para controlar un negocio que da pingües beneficios y que solo en UE emplea a tres millones de trabajadores entre directos e indirectos, 500.000 de ellos en España.

Conviene destacar que el sistema de transporte universal, particularmente en las grandes ciudades y muy especialmente los países de la OCDE, basado en el vehículo privado motorizado mediante la quema de combustibles derivados del petróleo es la principal fuente de gases de efecto invernadero, de emisiones contaminantes y de accidentes, incluidos los que se producen trabajando o in itinere.

Según datos del Ministerio de Trabajo de España, en el año 2008 se produjeron en este país 828.941 accidentes de trabajo con baja. Un 11,2% (93.312) se produjeron *in itinere*, es decir, en el desplazamiento entre el lugar de residencia y el centro laboral en vehículo privado. Un 1,8% de este porcentaje fueron graves y solo un 0,3% mortales. De forma aproximada, dos terceras partes de los accidentes *in itinere* se producen durante el viaje de ida al trabajo, y una tercera parte durante el de vuelta.

Además, en España, un 80% del consumo energético del sector del transporte, según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE) dependiente del Ministerio de Industria, corresponde a la movilidad por carretera. Un consumo que conlleva emisiones que son, a grandes rasgos, de dos tipos: las de gases de efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global y el cambio climático (CO_2, fundamentalmente), y las de compuestos contaminantes a escala local, que afectan a la calidad de vida de los entornos urbanos y a la salud de las personas (óxidos de nitrógeno, partículas sólidas, hidrocarburos volátiles, monóxido de carbono y dióxido de azufre, principalmente).

Por lo que se refiere a las emisiones de compuestos contaminantes con efectos locales, los vehículos a motor se han convertido en la principal fuente de contaminación del aire de las ciudades. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, mientras que los niveles de dióxido de azufre se han ido reduciendo de modo significativo, el resto de emisiones continúan aumentando: partículas, NOx (NO y NO_2), CO y HC. En la UE de los 27, los niveles de contaminación del aire en las ciudades y áreas metropolitanas, son las responsables de las casi 300.0000 muertes prematuras. A España, tal como arriba se indica,

se le asignan 16.000 muertes prematuras por mala calidad del aire. Más muertes que las derivadas de los accidentes de tráfico.

Y junto a lo anterior es necesario destacar que el presente trabajo aborda una de las facetas, la de la salud, del que constituye, sin duda, el mayor reto que la humanidad debe resolver, junto al de la crisis alimentaria de las regiones y países empobrecidos: el cambio climático.

El calentamiento atmosférico, el enemigo nº 1 de la humanidad

Pese al pertinaz empecinamiento de los negacionistas del cambio climático financiados por los diferentes *lobbies* del petróleo y el carbón vinculados al nuevo conservadurismo fundamentalista, tal como plantea James Baker, administrador de NOAA, "*…existe mayor consenso científico sobre este tema que sobre cualquier otro que yo conozca, excepto quizá sobre la segunda ley del movimiento de Newton.*"

La comunidad científica internacional, sin distinción de ideologías, señala que tanto que la temperatura atmosférica viene aumentando de forma creciente desde el inicio de la revolución industrial por impacto directo de las emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la actividad productiva humana, como que el sobrepasar un aumento de dos grados de la temperatura media puede tener efectos devastadores sobre el equilibrio de los sistemas que regulan las actuales condiciones de la biosfera: cambio del clima y microclimas (régimen de lluvias, sequías inundaciones…), aumento del nivel del mar, posibilidad interrupción de la corriente termohalina y de la corriente del golfo y un largo listado de efectos cuyas últimas consecuencias no pueden proyectarse en ninguno de los modelo de simulación existentes. En ciertas regiones del mundo los efectos negativos ya se están haciendo notar de forma dramática en sequías que producen hambrunas devastadoras (Somalia) o disturbios climáticos que han producido inundaciones sin precedentes (sudeste asiático) y son centenares de miles quienes han pasado a engrosar una nueva categoría de desplazados y refugiados, los que lo son por razones climáticas.

Desde el movimiento sindical no podemos quedar indiferentes ante declaraciones como las realizadas por Nicholas Stern, economista jefe del Banco Mundial (2000-2003), "*… estos cambios de clima redibujan el mundo y provocan movimientos enormes de población y eso implica conflicto y crisis. La economía caería entre el 5% y el 20%*" (El País, 2-10-08). Opinión que es compartida por el magnate, financiero y especulador George Soros, quien un mes antes afirmaba comentando la crisis económica actual "*Y creo que en la actual situación (…) tendrá que recurrir a soluciones más radicales para abordar la crisis económica. Con el calentamiento global, que es la verdadera crisis que se le viene encima a la economía mundial, tendremos que hacer grandes inversiones en energías limpias. Creo que estas inversiones deberían sustituir el consumo como motor de la economía global*". (El País Semanal, 21-9-08).

Ambas afirmaciones procedentes del campo social liberal y neoliberal respectivamente ponen en relación directa la insostenibilidad ambiental con la insostenibilidad económica. Vienen a señalar que los efectos negativos del cambio climático se van a hacer sentir

también en los países industrializados y podemos añadir, particularmente en lugares como España situada en una zona especialmente frágil. Son nuevas razones para que la sociedad y particularmente el movimiento obrero se planteen que la estabilidad en el empleo no viene de la mano de negar lo evidente y "mantener" el *modus operandi* actual, sino de un giro hacia un nuevo modelo productivo limpio que asegure una economía sostenible. Además existen otras importantísimas razones para el movimiento sindical y para el conjunto de la sociedad que obligan a políticas activas para detener el calentamiento atmosférico. Las relacionadas con la salud.

Cambio climático, salud pública y laboral

Los últimos informes del Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (IPCC Assessment Reports) de Naciones Unidas vienen advirtiéndonos que "*…es muy probable que los extremos de temperatura y los eventos de precipitación intensa continúen siendo más frecuentes*". Por ello es necesario hacer un seguimiento de los impactos sobre la salud humana de los eventos extremos, la olas de calor y frío, la evolución de las enfermedades vectoriales, la contaminación atmosférica, los cambios en la calidad y salubridad de los alimentos y las aguas, los efectos de las variaciones polínicas, de las radiaciones ultravioletas que interactúan con el calentamiento, etc.

Como ha señalado en la revista Daphnia el médico Eugenio Calciati, las enfermedades ganan con el cambio climático. Hoy en día, asegura "*hay una fuerte evidencia científica de que el cambio climático contribuye a aumentar la carga de enfermedades y de muertes prematuras, fenómeno que irá acentuándose en las próximas décadas. Los efectos del clima sobre la salud son debidos a un aumento de la temperatura y de la frecuencia de catástrofes, así como a cambios en la calidad y cantidad de agua, aire y alimentos*".

El cambio climático, entre otros efectos, contribuye a alterar la distribución geográfica de la encefalitis por garrapatas, del dengue y de la malaria, siendo esta última también influenciada por los efectos climáticos de El Niño. Se prevé que en África la distribución de la malaria alcanzará nuevas regiones y su periodo de transmisión se alargará. Los países empobrecidos y los colectivos más vulnerables (ancianos, niños, campesinos y poblaciones costeras) son los que menos posibilidad tienen de hacer frente a todo tipo de estrés, por lo que el cambio climático reforzará las ya agudas desigualdades sociales en salud existentes. El crecimiento económico no podrá por sí solo mitigar sus impactos dañinos, sino que tendrán más peso factores como la calidad del sistema sanitario, una justa redistribución de las riquezas y las políticas de salud pública.

Pero también, y conviene subrayarlo por quienes luchamos por lograr la seguridad y la salud laboral, el cambio climático supone nuevos riesgos para numerosos colectivos de personas que trabajan al aire libre expuestos a altas temperaturas e inclemencias climatológicas en la agricultura y ganadería, en las obras de infraestructuras, en los aeropuertos o en la construcción de edificios. Y también para quienes trabajan con animales y seres vivos -cuyas pautas de enfermedad varían con los cambios ambientales- que ven aumentar los riesgos asociados a la zoonosis.

Existen alternativas

Vistos los problemas no cabe caer en la melancolía. Existen soluciones a nuestro alcance. En primer lugar hay que poner en valor las recomendaciones preventivas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) ante las cuestiones más acuciantes. Tal como dicho organismo viene planteando, muchos cánceres causados por exposiciones ambientales o laborales se pueden prevenir.

Las intervenciones en el sector de la vivienda que mejoran el acceso al agua potable, al saneamiento y a la higiene podrían salvar vidas y, posiblemente, reducir la huella de carbono derivada de la degradación del recurso hídrico y de la extracción del agua. Además de los 880 millones de personas que no tuvieron acceso al agua potable en 2008, cerca de 2.600 millones de personas carecieron de acceso a instalaciones sanitarias adecuadas y 1.100 millones se vieron obligadas a defecar al aire libre. Se calcula que el agua insalubre y la falta de condiciones básicas de saneamiento e higiene fueron la causa de la muerte de 1,9 millones de personas en 2004.

Una tercera batería de medidas puede favorecer la movilidad sostenible. El fomento del transporte activo (como el caminar o el ciclismo) junto con un sistema de transporte público pueden comportar de forma inmediata mayores co- beneficios para la salud en comparación con las estrategias destinadas a mejorar los combustibles y la eficiencia de los vehículos.

La OMS afirma que una mejor gestión de los servicios de salud y de los desechos del sector de la salud permitirá limitar los riesgos para la salud del personal sanitario, los pacientes y la comunidad en general, así como reducir la huella de carbono. Las medidas destinadas a mejorar el tratamiento de desechos pueden disminuir la huella de carbono de dicho tratamiento y reducir la energía requerida para el suministro del agua (extracción de recursos).

Pero hay más. Existe otra química, la química verde, alternativa a la actual y definida por uno de sus impulsores, Ken Geiser, como: "*…la química verde trata de química; química en el nivel molecular. Trata del desarrollo de materiales y procesos respetuosos con el medio ambiente y de la manipulación de propiedades físicas y químicas de las sustancias, con el fin de reducir o eliminar sus características peligrosas*".

En el tema que nos ocupa en este libro, el del cambio climático, cabe afirmar que existen soluciones viables, pues tal como plantean Stephen Pacala y Robert Socolow "*(…) la humanidad ya posee los conocimientos básicos científicos, técnicos e industriales para resolver los problemas de las emisiones de CO_2 y del clima para los próximos cincuenta años.*" (Science, 13 de agosto de 2004).

La solución: un nuevo modelo productivo

No solo hay soluciones de circunstancias y marginales que no entran en el corazón de la cuestión, cabe un paso más allá. Se puede cambiar la forma de producir, las materias

empleadas y los procesos utilizados. Se puede lograr un modelo no contaminante ni esquilmador de recursos. El actual modelo productivo es insostenible y el cambio hacia otro modelo, más respetuoso con el medio ambiente y con la salud y el bienestar de las personas, es tecnológica y económicamente viable.

Una nueva economía "verde" o sea, ambientalmente sostenible, puede mejorar el bienestar del ser humano y la equidad social, a la vez que reducir significativamente los riesgos ambientales. Tal como afirma el PNUMA una economía "verde", en su forma más básica, es aquella que tiene bajas emisiones de carbono, utiliza los recursos de forma eficiente y es socialmente incluyente. Podemos completar la definición: en una economía sostenible, el aumento de los ingresos y la creación de empleos deben derivarse de inversiones públicas y privadas destinadas a reducir las emisiones de carbono y la contaminación, a promover la eficiencia energética así como en el uso de los recursos, y a evitar la pérdida de diversidad biológica y de servicios de los ecosistemas. En conclusión, una economía sostenible es una economía compatible con los límites del planeta y, por ello, perdurable, a la par que saludable.

Los sindicatos del mundo se proponen conseguir un modelo productivo más sostenible, equitativo y que incluya a los más desfavorecidos. Así lo ha afirma, Sharan Burrow, secretaria general de la Confederación Sindical Internacional (CSI). "*El actual modelo productivo y económico ha fallado a los trabajadores del mundo, los ha empobrecido, y ha amenazado la sostenibilidad del planeta. Los sindicatos del mundo movilizarán a los trabajadores para conseguir un nuevo modelo, más sostenible, equitativo y que incluya a los más desfavorecidos. El mundo debe ir hacia una economía verde y el reto de los trabajadores es luchar para conseguirla. Una economía que debe incluir trabajos dignos, respetuosos con el medio ambiente y con derechos y coberturas sociales*". La transición a una economía verde será muy diferente en cada país, ya que depende de la configuración específica del capital natural y humano de los países y de su grado relativo de desarrollo.

El inevitable cambio de modelo productivo debe contemplar "*una transición justa para los trabajadores y las poblaciones más vulnerables*", como ha insistido en numerosas ocasiones la responsable de la CSI. El problema es que la destrucción y creación de empleo que conlleva el tránsito hacia otro modelo productivo, hacia una economía verde, repercute de forma asincrónica y desigual, lo que plantea un reto para el conjunto de la sociedad que sindicatos y gobiernos deberán abordar desde sus diferentes planos de responsabilidad. El primer objetivo es lograr que el proceso no sea lesivo para las regiones y los sectores de las clases trabajadoras afectadas por el declive de las actividades nocivas. El segundo objetivo es asegurar el éxito en el cambio de modelo. La transición justa y la eficiencia productiva tienen en la formación profesional de las plantillas uno de sus componentes básicos. A su vez, podemos constatar que numerosos estudios demuestran que el proceso de "ecologización" de la actividad productiva es intensivo en mano de obra, lo que significa que el saldo neto de empleos ligados al cambio de modelo productivo sostenible es positivo.

Los intereses –y el futuro– de la humanidad dependen de este giro ambiental en el tejido productivo. Este es el conjunto de razones y el marco conceptual en el que se encuadra nuestro interés y nuestro enfoque de la relación existente entre el cambio climático y la

salud. Para abordar tan compleja cuestión, ISTAS concitó la colaboración de un numeroso grupo de expertos que bajo la dirección del salubrista José Vicente Martí Boscà han realizado un excelente trabajo de cuyos resultados es prueba el presente libro.

Manuel Garí Ramos,
director del Área de Medio Ambiente de ISTAS
y codirector del estudio "Cambio climático y salud".

03

Programa salud y cambio climático en España: presente y futuro

3. Programa cambio climático y salud en España: presente y futuro

1.- Introducción

Las primeras pruebas de injerencia humana en el clima se conocieron públicamente en el año 1979, en el marco de la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima. A partir de esa fecha, la preocupación colectiva sobre estos problemas ambientales cobró una gran fuerza y los gobiernos comenzaron a tomarlos en consideración en sus respectivas agendas políticas. Una de las consecuencias de esta inquietud fue la creación, entre la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), del Grupo Intergubernamental [de Expertos] sobre el Cambio Climático (IPCC en sus siglas en idioma inglés) en el año 1988, como órgano científico de apoyo a las Naciones Unidas en este ámbito.

El IPCC ha señalado taxativamente en su Cuarto Informe de Evaluación, de 2007, que: "el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como muestran las observaciones de incrementos de las temperaturas medias globales del aire y los océanos, la fusión generalizada de la nieve y el hielo y el ascenso global del nivel medio del mar". Además, continúa el Informe, "está demostrado científicamente que la causa principal del calentamiento del sistema climático que está teniendo lugar actualmente son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que tienen su origen en causas naturales pero sobre todo en las actividades humanas".

Los GEI (vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono y clorofluorocarbonos) retienen el calor de la radiación infrarroja terrestre. Como consecuencia, se espera que la temperatura media de la superficie terrestre siga aumentando y que los patrones de precipitación global también se alteren y, si bien existe un consenso general sobre estas conclusiones, también es cierto que hay una gran incertidumbre tanto en lo que se refiere a las magnitudes, como a las tasas de estos cambios a escala regional.

El IPCC confirma que el dióxido de carbono (CO_2) es el GEI antropogénico más importante, que sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004, y que la disminución a largo plazo de estas emisiones por unidad de energía suministrada invirtió su tendencia a partir del año 2000. CO_2 es el gas de referencia para la medición de otros GEI.

Las fuentes de los gases de efecto invernadero (GEI) son múltiples: quema de combustibles para generación de electricidad, transporte, procesos industriales, agricultura, turismo, vivienda… Las emisiones de estos gases están profundamente ligadas a nuestro modelo de sociedad y nuestro consumo energético y no se suele ser consciente de la multitud de actos cotidianos asociados a emisiones de gases de efecto invernadero.

Cabe reproducir la definición de cambio climático expuesta en el glosario del IPCC: "Variación del estado del *clima* identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a *forzamientos externos* o a cambios

antropógenos persistentes de la composición de la *atmósfera* o del *uso de la tierra*."

2. El contexto internacional

El reconocimiento del carácter global del problema del cambio climático y la desconexión territorial existente entre emisiones de GEI e impacto, hizo que la comunidad internacional formulase el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (más conocido por Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) que entró en vigor en el año 1994.

La Convención Marco no atribuyó obligaciones cuantificadas de limitación de las emisiones de los GEI y, por esto, fue necesario crear y aprobar un instrumento que lo desarrollase, estableciendo limitaciones a las emisiones de un grupo de países, y aportando algunos mecanismos novedosos de reducción de las emisiones. Este instrumento es el Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto fue aprobado en el año 1997 durante la III Conferencia de las Partes y entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Mediante este acuerdo, los países desarrollados se han comprometido a reducir colectivamente sus emisiones un 5% como media anual durante el período 2008-2012 con relación a las emisiones del año base (1990 en la mayoría de los casos). Los quince países que formaban parte de la Unión Europea cuando se adoptó y ratificó el Protocolo, de conformidad con las reglas en él establecidas, acordaron redistribuir el objetivo comunitario entre los Estados miembros. Como consecuencia de esta distribución (acuerdo de reparto de la carga) a España le corresponde limitar en un 15% el crecimiento de sus emisiones durante el período 2008-2012, como media anual, respecto al año base.

La Conferencia de las Partes (COP en inglés) es la autoridad máxima de la Convención y celebró su primer periodo de sesiones en Berlín, en el año 1995. Desde esa fecha hasta hoy se han celebrado 16 reuniones, una de las más esperadas fue la COP15, que tuvo lugar del 7 al 18 de diciembre de 2009, en Copenhague; su interés se centraba en elaborar un nuevo acuerdo, ya que el de Kyoto finaliza en 2012. El acuerdo alcanzado en Copenhague no ha satisfecho las expectativas que se tenían depositadas, puesto que solo tiene carácter parcial y no vinculante.

3. El cambio climático y la salud

Partiendo de los datos de las modificaciones del clima, se analizan los posibles efectos y, en concreto, se señala el riesgo para la salud de millones de personas como consecuencia de problemas derivados del calentamiento, tales como la mayor incidencia de la malnutrición o enfermedades diarreicas por la escasez de agua, las muertes prematuras por olas de calor o eventos meteorológicos extremos, la extensión geográfica de algunas enfermedades producidas por vectores desplazados a hábitats nuevos, etc.

Entre las zonas geográficas más vulnerables se señala el sur de Europa, donde puede reducirse la disponibilidad de agua, incrementarse las olas de calor y los incendios forestales, así

como la frecuencia de lluvias torrenciales e inundaciones con los efectos en la salud de la población asociados a estas situaciones.

Para combatir las consecuencias del cambio climático, el IPCC propone dos tipos de acciones: la *mitigación* o aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de GEI y a potenciar su detracción de la atmósfera, y la *adaptación* o iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados del cambio climático. En consecuencia, la capacidad de mitigación se asienta en la vía de desarrollo sostenible emprendida por un país, mientras que la capacidad adaptativa es el conjunto de capacidades, recursos e instituciones de un país o región que permitirían implementar medidas de adaptación eficaces. El IPCC deja claro que ni la mitigación ni adaptación pueden evitar, por sí solas, todas las consecuencias del cambio climático. En cambio, pueden complementarse y reducir de forma importante los riesgos derivados del calentamiento global.

Desde el punto de vista de la protección de la salud no cabe duda de que las medidas más importantes a adoptar son las de adaptación. Aunque el cambio climático es un problema global, no todas las poblaciones ni países sufrirán por igual sus efectos: los países más pobres, y por ello con mayor debilidad en sus sistemas sociales y sanitarios, padecerán las peores consecuencias. Del mismo modo, los grupos más vulnerables dentro de cada comunidad (personas mayores, niños, determinados enfermos y trabajadores, etc.) deben ser considerados de forma especial en las acciones de adaptación, tales como la vigilancia, información, alerta e intervención.

No obstante, las medidas de adaptación no son las únicas que deben ser consideradas desde el sector salud. Por un lado, desde la óptica de la organización interna, el sistema sanitario deja una nada desdeñable huella de carbono en la prestación de los servicios asistenciales (consumo energético, generación de residuos, transporte…) que debe ser revisada hacia una mayor eficiencia. Por otro lado, la promoción de estilos de vida saludables aúna la mejora de los niveles de salud individuales (ejercicio físico, lucha contra el estrés, etc.) con la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y la consiguiente contribución a la minimización de efectos negativos sobre la salud derivados del cambio climático.

Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) lleva algunos años trabajando sobre los efectos sanitarios del cambio climático. Así, ya en su Informe sobre la Salud Mundial, de 2002, estimaba que el impacto del cambio climático podría ser el causante de más de 150.000 defunciones prematuras. El Día Mundial de la Salud de 2008 tuvo por lema "Proteger la salud frente al cambio climático", acompañado de una campaña generalizada sobre la gravedad de sus efectos para la salud humana y la necesaria inmediatez de las acciones protectoras. En ese año, la 61ª Asamblea Mundial de la Salud pidió a la OMS que preparara un plan de trabajo para apoyar a los estados miembros en la protección de la salud humana del cambio climático. El plan, aprobado por el Consejo Ejecutivo en 2009, orienta las prioridades de la OMS para llevar a cabo actividades cuya finalidad es:

- Ayudar a los sistemas de salud de todos los países, en particular de los estados de ingresos bajos y medios y los pequeños estados insulares, a reforzar su capacidad para evaluar y seguir de cerca la vulnerabilidad, los riesgos y los efectos sanitarios debidos al cambio climático

- Definir estrategias y medidas para proteger la salud humana, en particular la de los grupos más vulnerables, y

- Compartir conocimientos y buenas prácticas

En consecuencia, el plan de trabajo de la OMS sobre el cambio climático y la salud tiene los siguientes objetivos:

- Aumentar la sensibilización acerca de los efectos del cambio climático en la salud

- Establecer alianzas con otras organizaciones

- Promover y respaldar los datos científicos

- Fortalecer los sistemas de salud para afrontar las amenazas sanitarias del cambio climático

De forma complementaria y en un ámbito más concreto, la Oficina Regional para Europa, de la OMS, celebró en Parma, del 10 al 12 de marzo de 2010, su Quinta Conferencia Ministerial sobre Medio Ambiente y Salud; en el documento conclusivo de esta Conferencia, la Declaración de Parma sobre el medio ambiente y la salud, los ministros y representantes gubernamentales de la Región enumeraron la relación de los principales retos de medio ambiente y salud, que están encabezados por los efectos sanitarios y ambientales del cambio climático.

4. El cambio climático en España. Tendencias y previsiones

Los principales riesgos *per se* del clima de la Península Ibérica y Canarias, fruto de su complejidad y diversidad geográfica, son los derivados, por un lado, del ritmo e intensidad de las precipitaciones, tanto por defecto en el caso de las sequías como por exceso puntual en el caso de las precipitaciones extremas y, por otro lado, de las amplias oscilaciones de las temperaturas -olas de calor, heladas y olas de frío-. Las previsiones que arrojan los modelos globales de cambio climático sobre España, señalan precisamente un aumento de los riesgos derivados de las sequías, precipitaciones extremas y olas de calor, como hechos más relevantes.

Se prevé una mayor propensión a las sinuosidades propias del flujo general atmosférico del Oeste, con lo que el anticiclón de las Azores se establecerá sobre la Península con mayor facilidad, dando así lugar a sequías más frecuentes y disminución a largo plazo del total de precipitaciones. Sin embargo, esa misma mayor propensión a las sinuosidades por parte de la circulación general del Oeste, también podría implicar un aumento en la gestación de borrascas frías aisladas sobre el Mediterráneo por lo que la fachada mediterránea podría verse favorecida por los temporales de Levante de elevada irregularidad, frecuentemente en forma de lluvias torrenciales y alternando con largas rachas secas, con lo que tampoco estos sectores escaparían a un probable aumento de sequías. De

hecho, algunos estudios en el ámbito mediterráneo y peninsular hablan de una tendencia real en los últimos 50 años a la disminución de las lluvias más 'regulares' de origen atlántico, en contraposición a las lluvias 'irregulares' de origen mediterráneo, que se mantienen o incluso aumentan. En cualquier caso, todas las proyecciones acerca de precipitaciones tienen un grado de incertidumbre mayor que el de temperaturas.

Especial consideración merecen los extremos térmicos. La situación actual presenta para el último siglo y medio un aumento de las temperaturas para el conjunto de la Península de alrededor de 1 °C. Si se analizan las series, se revela que los mayores incrementos han acontecido en primavera y verano para los últimos 25 años. Ello tiene una importancia significativa para identificar las olas de calor en verano como un fenómeno en ascenso. Esta tendencia es mayor en el interior que en las áreas litorales. Con estos datos, la perspectiva de futuro, hoy por hoy, para las olas de calor, es de un aumento de su frecuencia y de su duración, así como una expansión de su probabilidad hacia meses adyacentes a los propios caniculares del verano. No obstante, deben reiterarse las incertidumbres que conlleva hacer proyecciones.

Además, las mayores sinuosidades en la circulación general del Oeste, también implican la alternancia más frecuente de situaciones de calor con situaciones de frío. Ello significa que en invierno podrían seguir existiendo picos profundos de frío, y que incluso el propio cambio climático podría hacer que estos sean significativos, aunque los periodos alternantes sí serían más cálidos.

El aumento de la temperatura, las olas de calor y la mayor frecuencia de sequías y de precipitaciones extremas pueden generar importantes consecuencias indirectas en múltiples campos.

En lo que respecta al agua, algunas predicciones apuntan que para el horizonte 2030 como consecuencia del cambio climático y considerando diversos escenarios, son posibles reducciones medias de aportaciones hídricas en régimen natural en España entre un 5-14%. Para el 2060, se produciría una disminución global media de los recursos hídricos del 17%. En las cuencas del Guadiana, Canarias, Segura, Júcar, Guadalquivir, Sur y Baleares el impacto de la reducción de recursos hídricos sería más acusada. Estas disminuciones, unidas a las que eventualmente se sufren debido al efecto de las sequías, podrían incidir seriamente en la calidad de las aguas.

Sin embargo, los cambios más significativos relacionados con el agua y la salud alertados por el IPCC, se refieren los eventos climatológicos extremos como las inundaciones, avenidas, tormentas, riadas, sequías, etc., que podrían incrementar el riesgo de contaminación de las captaciones de agua para consumo humano.

Los cambios en la frecuencia y severidad de condiciones climáticas extremas tendrán un impacto significativo en la producción de alimentos. El aumento de las temperaturas podrían modificar las prácticas agrícolas y ganaderas introduciendo factores de consecuencias insospechadas, como nuevas condiciones de transmisión de patógenos zoonóticos y vectores y su distribución geográfica, el posible

abuso de plaguicidas, químicos agrícolas y antibióticos en la agricultura, el arrastre de estos contaminantes desde los suelos agrícolas a zonas costeras y cursos y láminas de agua interiores por fuertes y episódicas precipitaciones, etc.

En lo que se refiere a los vectores transmisores de enfermedades, el incremento de la temperatura acorta, por ejemplo en el caso de los mosquitos, el tiempo de desarrollo larvario, lo que conlleva un aumento del número de generaciones anuales, o lo que es lo mismo, un aumento de la densidad de individuos. El acortamiento del ciclo larvario puede derivar en la posterior aparición de hembras con mayores requerimientos fisiológicos de ingestas sanguíneas; es decir, un incremento de la tasa diaria de picaduras. Si a esto le añadimos los cambios que provocan la proliferación de mosquitos 'urbanitas' (modificación de su hábitat, gestión inadecuada de los recursos hídricos, urbanización desmesurada y sin debida planificación, etc.), las posibilidades de que esta tasa diaria de picaduras tenga al ser humano como protagonista principal se multiplican exponencialmente.

Los fenómenos extremos de lluvias torrenciales y largos periodos de sequía también tienen consecuencias en términos vectoriales. Es incuestionable que las inundaciones derivadas de estas precipitaciones propiciarán más criaderos larvarios de mosquitos vectores. Pero además, los posibles periodos de sequía también pueden provocar la adaptación de los mosquitos a reproducirse en los encharcamientos dispersos originados en ríos o lagos por la ausencia de aportes hídricos debido a la escasez lluvias.

La concentración de contaminantes químicos en la atmósfera también se puede ver afectada por el cambio climático. El ozono se genera en la troposfera debido a la existencia de contaminantes primarios, por acción de la radiación solar y en presencia de altas temperaturas. Ello explica las previsiones de que el cambio climático, por él solo, incrementará la concentración de ozono en las próximas décadas. Las previsiones para PM2,5 son inciertas, con resultados contradictorios en los pocos estudios hasta la fecha.

Otro aspecto a considerar es el posible impacto de los incendios forestales, aún no evaluados debidamente, que podrían aumentar debido a los largos periodos de sequía y altas temperaturas con la consiguiente liberación de partículas en suspensión y otros contaminantes al aire.

Por otro lado, las emisiones desde las plantas de generación de energía se incrementan de manera notable durante las olas de calor, cuando los sistemas de aire acondicionado se utilizan de manera generalizada.

No obstante, en lo que se refiere a la contaminación atmosférica y cambio climático existe una gran incertidumbre respecto a las proyecciones futuras. Entre las fuentes de esta incertidumbre se incluyen las emisiones futuras de gases de efecto invernadero, precursores del ozono y otros contaminantes, así como el modo en que la vulnerabilidad y los patrones de actividad de la población pueden diferir en el futuro. Cabe esperar controles más estrictos de las emisiones de precursores de ozono, partículas finas y otros contaminantes a medida que crece la evidencia de los efectos adversos de estos contaminantes ambientales sobre la salud. Por lo

Tabla 1. Posibles efectos del cambio climático en España y los riesgos para la salud derivados

POSIBLES EFECTOS DEL CC EN ESPAÑA	RIESGOS SANITARIOS DERIVADOS
EVENTOS EXTREMOS	
Aumento en la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor	- Incremento de la mortalidad ligada al calor, sobre todo cardiovascular y respiratoria. De forma especial en personas mayores, enfermas y debilitadas
Posibilidad de picos de frío significativos	- Incremento (menor que con el calor) de la mortalidad ligada al frío, cardiovascular y respiratoria. Sobre todo en personas mayores, enfermas y debilitadas, también niños y jóvenes
Sequías más frecuentes	- Impacto en la salud mental - Incremento de enfermedades y brotes de transmisión hídrica - Incremento de enfermedades y brotes alimentarios - Mayor riesgo de incendios forestales (problemas respiratorios y cardiovasculares) - Problemas en la productividad agrícola: aumento de precios o insuficiencia de alimentos básicos en casos extremos
Tendencia a aumentar los episodios torrenciales y las consiguientes inundaciones	- Efectos directos: ahogamientos, lesiones, diarreas, enfermedades transmitidas por vectores, infecciones respiratorias, de la piel y los ojos, problemas de salud mental - Daños en los sistemas de abastecimiento (alteración de la calidad del agua de consumo) y saneamiento de agua, en los cultivos, en las viviendas, alteración en las condiciones de vida y de movilidad de la población - Daños en los equipamientos y dotaciones del sistema sanitario asistencial
AGUA Y ALIMENTOS	
Contaminación del agua de abastecimiento y de la empleada con fines recreativos Reducción de las aportaciones hídricas netas y aumento de la demanda	- Incremento de enfermedades y brotes estacionales de transmisión hídrica - Aumento de la exposición a contaminantes biológicos y químicos
Impacto en la distribución, estacionalidad y transmisión de enfermedades de origen alimentario	- Incremento de enfermedades de origen alimentario
Incremento en el transporte y diseminación de agentes patógenos humanos desde áreas continentales hacia las áreas costeras y estuarios (derivados de tormentas e inundaciones) Cambios en las variables ambientales y oceanográficas (temperatura y salinidad) Afloramiento de algas tóxicas y bioacumulación en productos marinos de consumo humano	- Contaminación de productos marinos (por toxinas y patógenos marinos y por contaminación humana o animal.) - Intoxicaciones relacionadas con la conservación de diferentes productos marinos
VECTORES	
Modificaciones en la capacidad vectorial Aparición de potenciales focos de cría (tras precipitaciones extremas)	- Modificaciones en la incidencia y distribución de las enfermedades de transmisión vectorial

Tabla 1. (continuación)

POSIBLES EFECTOS DEL CC EN ESPAÑA	RIESGOS SANITARIOS DERIVADOS
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	
Mayor concentración de algunos contaminantes en el aire ambiente. Las partículas en suspensión y el ozono, son los que podrían tener una mayor significación	- Incremento en ingresos hospitalarios: enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares* - Aumento de la mortalidad* (*Importante influencia del futuro control regulatorio del ozono y las PM2,5)
POLEN	
Incremento de la producción de polen y esporas de hongos Estaciones polínicas más largas Posibles cambios en la distribución geográfica de especies productoras de polen alergénico	- Exacerbación de enfermedades alérgicas respiratorias como rinitis alérgica y asma
RADIACIONES UV	
Aumento en la exposición a radiación UV	- Cánceres y enfermedades de piel, cataratas, daños oculares - Efectos inmunológicos

tanto, la medida en la que el cambio climático afecta a la calidad del ambiente dependerá parcialmente del control regulatorio del ozono y las PM2,5.

El contenido en la atmósfera de partículas biológicas, concretamente de aeroalérgenos, puede verse afectado por el cambio climático. El incremento del CO_2 atmosférico puede actuar como un fertilizante que favorece el crecimiento de las plantas. Esto unido al incremento de las temperaturas, podría ocasionar un aumento en la producción polínica y en la cantidad de alérgenos de los granos de polen, siempre que no se produzcan restricciones en la disponibilidad de agua por el calentamiento y la disminución de las precipitaciones. Además, la elevación de la temperatura podría dar lugar a estaciones polínicas más largas, con las consiguientes variaciones en las fechas de inicio y finalización de la presencia atmosférica de los diferentes tipos polínicos.

Por otra parte, la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) que llega a la superficie terrestre depende de la eficacia del filtro atmosférico, que varía en función del espesor de la capa de ozono, de la perpendicularidad de los rayos solares, de la altitud y de la presencia de nubes y polvo. La mayor frecuencia de situaciones anticiclónicas prevista para nuestras latitudes podría favorecer la intensidad de radiación UV en España.

Así pues, pese a las incertidumbres lógicas de toda proyección del futuro que utiliza tal cantidad de variables, lo cierto es que el panorama potencial que se presenta es lo suficientemente preocupante como para tomar en consideración los efectos negativos que se podrían producir sobre la salud y poder actuar en consecuencia.

Tabla 2. Población más vulnerable a los posibles efectos en la salud derivados del cambio climático en España

EFECTOS EN SALUD DERIVADOS DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS
Ciertos grupos de trabajadores Grupos de población con determinados factores como: obesidad, deshidratación, pacientes de postoperatorio, medicación con determinados fármacos (vasoconstrictores, antihipertensivos, diuréticos, tranquilizantes u otros que pueden alterar el equilibrio hídrico, la sudoración y la termorregulación), embriaguez, alcoholismo o el padecimiento de procesos febriles o el aislamiento social Mayores Niños. Aunque es de destacar la importancia de la protección familiar y social Ciertos grupos de trabajadores
EFECTOS EN SALUD DERIVADOS DE EVENTOS EXTREMOS
Mayores Niños Trabajadores de los servicios asistenciales, emergencias, desescombro… Personas con enfermedades previas Población con pocos recursos
ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN VECTORIAL
Inmigrantes de zonas endémicas Inmunodeprimidos Mayores Personas con enfermedades crónicas Turistas
EFECTOS EN SALUD DERIVADOS DEL AGUA Y LOS ALIMENTOS
Mayores Niños Personas con enfermedades crónicas Personas con sistema inmunológico comprometido
EFECTOS EN SALUD DERIVADOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
Embarazadas Grupos con menores ingresos Mayores Niños y adolescentes Personas con enfermedades respiratorias, cardiovasculares, diabetes o personas mayores con otras enfermedades crónicas Trabajadores en el exterior y los expuestos a emisiones de partículas finas en su lugar de trabajo, ya sea en el exterior o en interiores Población alérgica o atópica
EXPOSICIÓN A POLEN
Personas con asma alérgico diagnosticado Personas afectadas de polinosis, rinitis, rinoconjuntivitis Personas con enfermedades respiratorias previas
EXPOSICIÓN A RADIACIÓN ULTRAVIOLETA
Niños Personas de piel clara Trabajadores al aire libre

Fruto, tanto de las situaciones descritas y de las trabajos monográficos sobre factores de riesgo y efectos potenciales en salud, son las tablas 1 y 2 que esquematizan, respectivamente, la relación de efectos y riesgos para la salud en España y la población más vulnerable a los efectos del cambio climático en nuestro país.

5. Selección de temas y autores: Del Proyecto al Programa

Considerando todo esto, el Equipo de Dirección contactó con autores especializados en cada uno de los apartados del libro, es decir, los monográficos: olas de calor y frío, eventos meteorológicos adversos, agua, alimentos, vectores, contaminación atmosférica, polen y radiaciones ultravioletas. Igualmente se valoró positivamente el interés de contar con un capítulo sobre el coste económico de impacto sanitario del cambio climático.

Además, y dentro del rigor académico del texto, se consideró oportuna una aportación sobre la validez de los modelos atlánticos que se utilizan para un país ribereño del Mediterráneo como el nuestro. También era importante dedicar un pequeño espacio a las características que hacen de las personas mayores, los niños y algunos trabajadores la población de especial riesgo, aquella que precisa, por tanto, de una intervención especial.

De forma complementaria, se realizaron una serie de actividades, tres de las cuales se recogen en el libro: para profesionales de este ámbito de la salud y el medio ambiente, se organizó un seminario con el objetivo de valorar los trabajos monográficos y las conclusiones provisionales, al tiempo que se solicitaba mediante una encuesta individual la opinión de medio centenar de expertos, españoles o extranjeros, en cambio climático y salud, especialistas en las áreas de trabajo específicas: salud ambiental y sus especialidades, salud pública, salud laboral y medio ambiente. Para recoger opiniones de ciudadanos de especial riesgo, se organizaron grupos de discusión con personas mayores, trabajadores sindicados, delegados sindicales y ciudadanos alérgicos al polen. Aunque ninguno de ellos es responsable de los errores de este libro, el mismo y, de forma especial, las conclusiones deben mucho a sus opiniones. Baste exponer que en la encuesta se solicitaba a los profesionales "Su valoración para constituir una red estable multidisciplinar, desde el Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, de la Fundación General de la Universidad Complutense, de expertos colaboradores y consultores de los ámbitos de las ciencias medioambientales y de la salud, u otras disciplinas que puedan tener relación con el tema del cambio climático y la salud, con el objeto de recabar información y establecer los ámbitos necesarios para el debate científico y la cooperación", pregunta que ha recibido un muy elevado grado de adhesiones. Este proceso ha sido el que ha permitido pasar del inicial Proyecto al actual Programa Cambio Climático y Salud en España: Presente y Futuro.

6. Otros proyectos similares

No parece adecuado alargar esta introducción con las referencias de los

principales trabajos nacionales e internacionales sobre cambio climático y salud, ya que se ha solicitado a los autores de los trabajos monográficos una bibliografía sucinta de cada tema, que cumple esas funciones, pero procede, al menos, referenciar algunos de los documentos más conocidos en el ámbito internacional, como son los publicados en Canadá[1], Francia[2], Australia Occidental[3] y Estados Unidos de América del Norte[4]

Las publicaciones dedicadas al cambio climático y la salud en España también son abundantes, aunque su número no es tan grande y la mayor parte se dedican a un factor de riesgo o efecto potencial concretos, también las más importantes están recogidas en las respectivas relaciones bibliográficas de los estudios monográficos, pero parece necesario resaltar la importancia de la monografía publicada en 2005, encomendada por el Ministerio de Medio Ambiente a la Universidad de Castilla-La Mancha, como acercamiento global al problema del cambio climático en nuestro país y cuyo capítulo dedicado al impacto en la salud humana[5] ha representado, pese a su necesaria brevedad, un interesante antecedente de la puesta al día conjunta en ámbitos tan diferentes que intervienen en la relación entre el cambio climático y la salud humana.

También es adecuado anotar que cuando se encontraba ya cerrado este libro, se ha publicado un interesante artículo[6], liderado por autores del Institut Català de Ciències del Clima con otros europeos, en el que se analizan datos diarios de temperaturas, humedad y número de muertes en 187 regiones europeas agrupadas en 54 áreas mayores y más homogéneamente pobladas. La conclusión de aumento de la mortalidad a final de siglo contradice las aserciones previas relativas a que los incrementos en la mortalidad relacionada con el calor sería compensada con grandes disminuciones en la vinculada al frío. Los resultados también sugieren que la mortalidad total a final de siglo podría disminuir si las sociedades se adaptan rápidamente a los efectos de las temperaturas cálidas. Es claro que los planes de prevención se muestran como una de las pocas defensas ante el incremento de las temperaturas.

En el ámbito de las referencias bibliográficas utilizadas por los autores de este libro queda por hacer una última consideración. La diversidad de titulaciones y actividades profesionales supone una dificultad añadida a la idea de normalizarlas con un único modelo, cuando en las diferentes especialidades científicas implicadas son varias las normas bibliográficas utilizadas. Una publicación del exilio científico republicano, *Ciencia. Revista hispano-americana de Ciencias puras y aplicadas*, (México, 1940 – 1975) recientemente reeditada en edición digital por la Universitat de València, resolvió el problema con eficiencia. Entre las Instrucciones a los autores se anota: "Por ser ésta una revista multidisciplinaria no pueden establecerse normas específicas para la presentación de la bibliografía. Cada autor deberá apegarse a las reglas establecidas para su especialidad por alguna de las publicaciones periódicas internacionales de reconocido prestigio." *Ciencia* aceptaba artículos en español, portugués, francés, inglés, italiano y alemán. Como en tantas otras ocasiones, la Numancia errante, tomando las palabras de Max Aub, nos enseña también en ciencia y desde el rigor.

7. Bibliografía

1. Séguin J, editor. Santé et changements climatiques: Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada. Ottawa (Ontario): Santé Canada; 2008. Edición también en idioma inglés. Disponibles en: http://www.hc-sc.gc.ca/

2. Pascal M. Impacts sanitaries du changement climatique en France - Quels enjeux pour l'InVS? Saint Maurice (Fra): Institut de Veille Sanitaire; 2010. Disponible en: http://www.invs.sante.fr

3. Spickett J, Brown H, Katscherian D. Health impacts of climate change: Adaptation strategies for Western Australia. Perth (WA): Department of Health; 2008. Disponible en: http://www.public.health.wa.gov.au/

4. Portier CJ, Thigpen Tart K, editores. An Human Health Perspective On Climate Change: A Report Outlining the Research Needs on the Human Health Effects of Climate Change. Research Triangle Park, NC: Environmental Health Perspectives/ National Institute of Environmental Health Sciences; 2010. Disponible en: http://www.niehs.nih.gov/climatereport

5. Díaz J, Ballester F, López-Vélez R. Impactos sobre la salud humana. En: Moreno JM, director. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente; 2005. p. 727-71. Disponible en: http://www.marm.es/es/

6. Ballester J, Robine JM, Herrmann FR, Rodó X. Long-term projections and acclimatization scenarios of temperature-related mortality in Europe. Nat. Commun. 2:358. DOI: 10.1038/ncomms1360

3.1.1. Olas de calor y frío y cambio climático. Efectos en la salud

1.- Introducción

1.1. Variables ambientales e indicadores sanitarios

Las condiciones medioambientales sin duda influyen sobre la población del territorio sobre el que se sitúan. De hecho, existen numerosos estudios que relacionan variables ambientales con diversos indicadores sanitarios. Entre las primeras tenemos diversas variables meteorológicas, como las temperaturas, la humedad relativa, la presión atmosférica o la velocidad del viento y otras variables ambientales, como serían la contaminación atmosférica o el polen. La mortalidad y la morbilidad tanto general como por causas específicas son indicadores sanitarios ampliamente utilizados en este tipo de trabajos, aunque pueden utilizarse muchos otros en función de los objetivos que se persigan.

Por ejemplo, la influencia de la temperatura sobre la mortalidad se ha observado en numerosos países, desde Holanda a China o Estados Unidos. Dentro de España, en ciudades como Valencia y Barcelona o en la Comunidad de Madrid o en Castilla-La Mancha. También se ha estudiado el papel de otras variables meteorológicas o climáticas como la humedad, velocidad del viento o el efecto conjunto temperatura-viento o *wind-chill* sobre la mortalidad general o causas específicas de mortalidad, e incluso la relación de la horas de luz y del incremento de las temperaturas con la prevalencia y agravamiento de enfermedades psiquiátricas o la estacionalidad de las afecciones afectivas. Respecto a otras variables ambientales, son abundantes las referencias que se pueden encontrar sobre la relación directa entre el aumento de contaminantes atmosféricos con la morbi-mortalidad. También se ha descrito la mayor ocurrencia de asma inducida por el aumento estacional de los niveles de polen e incluso, el impacto de los niveles de contaminación acústica en Madrid sobre los ingresos hospitalarios de niños.

Por otra parte, resultan muy interesantes las conclusiones que se están obteniendo en los trabajos más recientes que relacionan los extremos térmicos con los ingresos hospitalarios, según los cuales la asociación entre calor e ingresos es menor que la que existe con la mortalidad[1], en contra de lo que en principio cabría esperar, lo que hace suponer que muchas personas fallecen antes de ingresar en el hospital. Incluso se ha visto que pueden ser varios los años potenciales de vida perdidos tras un episodio severo de calor extremo.

1.2. Efectos fisiopatológicos del frío y del calor

El hipotálamo es el centro termorregulador que permite mantener al cuerpo de las especies animales homeotermas (como la especie humana) dentro del margen normal de su temperatura corporal, regulando los mecanismos de producción y pérdida de calor para conseguir mantener prácticamente constante su

1. Linares C, Díaz J. Impact of high temperatures on hospital admissions: comparative analysis with previous studies about mortality (Madrid). Eur J Public Health, 2008; 18:317-22.

temperatura fisiológica. A medida que la temperatura ambiental se aleja de la que produce una sensación de bienestar térmico o confort, se van activando los mecanismos hipotalámicos de termorregulación hasta producirse una situación de malestar térmico.

Este estrés térmico puede dar lugar al desencadenamiento de reacciones fisiológicas compensatorias, como contracciones musculares para producir calor, en el caso del frío, o en el caso del calor, sudoración para eliminar el exceso de calor corporal. De persistir o empeorar la circunstancia ambiental podría provocarse una situación de descompensación fisiológica por fracaso del sistema de termorregulación que afectaría primero a los individuos más susceptibles. Se estaría, entonces, ante unos efectos agudos del frío y del calor que se resumirían en:

- Efectos agudos del frío: cuadros de hipotermia y congelaciones primero de las zonas corporales más distales (en humanos: dedos y nariz), con vasoconstricción periférica. Esto puede producir la necrosis y pérdida de las zonas afectadas. El agravamiento del cuadro clínico por exposición al frío extremo llevaría a la incompatibilidad con la vida. Una exposición repentina a una situación de frío extremo, podría provocar de una manera rápida un paro cardiaco por shock hipotérmico.

- Efectos agudos del calor: pueden ser leves como estrés por calor, dermatitis, conjuntivitis, quemaduras de la piel, insolación, edemas en las extremidades, calambres y lipotimia. Efectos más graves son el agotamiento por calor, en el que aún se mantiene la temperatura corporal a niveles fisiológicos, y el golpe de calor, con hipertermia manifiesta (más de 40°C en humanos) y fracaso multiorgánico al no poder el centro termorregulador del hipotálamo adaptarse a la exposición a temperaturas ambientales muy altas, produciéndose la muerte en numerosas ocasiones. Al parecer, la vasoconstricción inducida por la hipertermia que se produce a nivel de la arteria carótida puede ser un factor causal del golpe de calor.

Sin embargo, la mortalidad causada por estos efectos agudos o directos del calor o del frío supone solamente un pequeño porcentaje respecto a la totalidad de la sobremortalidad causada por eventos térmicos extremos. Son los efectos indirectos inducidos del frío y del calor los causantes de la mayor parte de la mortalidad atribuible a la temperatura del aire.

Así, el frío desencadena en el organismo una serie de cambios fisiopatológicos que le hace susceptible al padecimiento de diversos procesos patológicos. La exposición al frío produce una mayor prevalencia y mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio ya que causa un incremento de la presión sanguínea, de lípidos séricos y fibrinógeno. El frío da lugar a una mayor hemoconcentración, con incremento del número de células rojas y de la viscosidad de la sangre, así como a una mayor susceptibilidad a enfermedades virales que aumentan el riesgo de trombosis; todo ello coadyuvado por el descenso de los niveles de vitamina D en invierno ya que esta actúa como factor de protección coronario. Además, existe mayor vulnerabilidad a enfermedades respiratorias reforzada por la broncoconstricción consiguiente a la inhalación de aire frío y al hecho de que durante los días fríos existe una mayor

tendencia a permanecer en lugares cerrados aumentándose el grado de hacinamiento y, por tanto, facilitándose la difusión de infecciones aerógenas (gripe, neumonía). Los cambios biológicos que producen las bajas temperaturas afectan más a los individuos con menor capacidad de adaptación como son los ancianos.

El calor produce un incremento del flujo sanguíneo capilar y de la piel para facilitar la rápida eliminación del calor hacia el exterior. Como resultado, la presión sanguínea se incrementa inicialmente, así como la frecuencia cardiaca y respiratoria. De esta manera muchas muertes se producen en individuos con preexistencia de enfermedades circulatorias y respiratorias. Se ha comprobado que en personas con insuficiencia cardiaca no se aumenta de forma eficaz el flujo de sangre a ese nivel, predisponiéndose a una intolerancia al calor. El estrés por calor se ha relacionado con un aumento del recuento plaquetario, de la viscosidad de la sangre, colesterol plasmático y trombosis coronaria y cerebral. Por tanto, los estudios presentan las enfermedades cardiovasculares como principal causa de mortalidad inducida por el calor, aunque también intervienen en ese incremento las causas respiratorias, afectando en mayor medida a ancianos y mujeres. Algunos estudios adjudican mayor porcentaje de la mortalidad por calor a las causas respiratorias en hombres y a las circulatorias en mujeres de más edad.

La predisposición individual a verse afectado de manera más grave por el frío o el calor es otra cualidad a tener en cuenta, ya que existen factores, además de los ya citados, que pueden hacer más vulnerables a ciertas personas, como son la obesidad, la deshidratación, los procesos postoperatorios, la medicación con determinados fármacos (vasoconstrictores, antihipertensivos, diuréticos, tranquilizantes u otros que pueden alterar el equilibrio hídrico, la sudoración y la termorregulación), la embriaguez, alcoholismo o el padecimiento de procesos febriles.

1.3. Temperatura y mortalidad

No cabe duda de que estas dos variables son las que más se han relacionado en este tipo de estudios de series temporales, por lo que es necesario resaltar algunos aspectos interesantes de esta relación, como las diferencias regionales y temporales que se han encontrado respecto a la denominada temperatura de confort o de bienestar (o temperatura a la que se registra estadísticamente la menor mortalidad) y picos de mortalidad estacional, los efectos retardados de las temperaturas sobre la mortalidad y la temperatura de disparo de la mortalidad. Posiblemente estas diferencias se deban a la influencia de factores socioeconómicos.

No obstante, fue la ola de calor de 2003 en Europa la que realmente puso de actualidad este tipo de trabajos debido a su extensión geográfica y la gran alarma que causó entre la población, lo que ayudó sin duda a que aumentara notablemente la conciencia social y política respecto al cambio climático, a pesar de que existían desde bastante antes estimaciones y advertencias consistentes en ese sentido respecto a sus efectos sobre la salud y sobre las que se hablará posteriormente en este monográfico.

1.3.1. Diferencias regionales en la relación temperatura-mortalidad

a). Temperatura de confort

La influencia de la temperatura del aire sobre la mortalidad se describe generalmente como una relación no lineal, en forma de "V", debido a que la mortalidad aumenta a medida que sube o baja la temperatura ambiental a partir de una determinada temperatura de confort o de mínima mortalidad, que se ha localizado en de 26,7 °C en Shangai o en 27,5 °C en Beirut, por ejemplo. Según las características climáticas del área estudiada, la temperatura de confort puede variar, en general, disminuyendo cuando la latitud aumenta o el clima es más frío, como consecuencia de un proceso de adaptación de la población a su hábitat. Esto se pone claramente en evidencia al estimar la temperatura de bienestar en diferentes lugares de Europa, dando como resultado una temperatura media de mínima mortalidad (límite superior del intervalo de 3 °C calculado) de 25,7 °C en Atenas, 22,3 °C en Londres, 22,0 °C en la región de Baden- Würtemberg (suroeste de Alemania) o de 17,3 °C en las provincias finlandesas de Kuopio, Vaasa y Oulu.

Analizándolo desde otro punto de vista, también se ha observado que en las ciudades con temperaturas medias anuales más bajas se produce una menor mortalidad por frío y, por el contrario, cuanto mayor es la influencia de la época estival la mortalidad por frío aumenta. Por ejemplo, comparando lo que sucede en Atenas respecto al sur de Finlandia, se ha encontrado que por cada grado que disminuye la temperatura media a partir de los 18 °C en la primera, la mortalidad por todas las causas aumenta un 2,15%, mientras que en Finlandia solamente lo hace un 0,27%. Del mismo modo se aprecia que la mortalidad por calor es mayor en aquellas poblaciones sometidas a temperaturas medias más bajas.

En España, en la Comunidad de Madrid se ha calculado en 20,3 °C considerando las temperaturas medias diarias ponderadas de 24 horas o en el caso de Castilla- La Mancha, para el caso de las temperaturas máximas diarias estas oscilan entre los 24,4 °C de Cuenca y los 34,2 °C de Toledo, dependiendo del periodo temporal de estudio elegido. En la figura 1 se representa esta temperatura para el conjunto de toda Castilla- La Mancha.

b). Efectos retardados de la temperatura sobre la mortalidad.

En general, los estudios demuestran que los efectos del calor suelen ser más inmediatos, produciendo un aumento de la mortalidad en la población de una manera más rápida que el frío, que produce efectos más retardados y sostenidos. En efecto, una característica de la relación entre calor y mortalidad es que la asociación no suele producirse solamente en el mismo día, sino que también se presenta al menos durante los tres días siguientes, como se ha obtenido, por ejemplo, en Londres tras estudiar series de 20 años de datos diarios de temperatura y mortalidad y donde las causas significativas de mortalidad se atribuyen a las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. En Madrid se determinó una asociación de 1 a 4 días del calor con la mortalidad por causas orgánicas, incluso en grupos poblacionales de edad no ancianos, como el de 45 a 65 años.

La metodología que suele utilizarse para fijar estos desfases es la

utilización de las Funciones de Correlación Cruzada (FCC). Estas funciones establecen los coeficientes de correlación en diferentes desfases entre las series preblanqueadas de mortalidad y temperatura, eliminándose de esta forma las posibles asociaciones espurias debidas a comportamientos estacionales o componentes autorregresivos análogos de las series.

Por otra parte, se ha visto que la persistencia de altas temperaturas puede producir efectos acumulativos sobre la población, incrementándose la mortalidad en mayor medida cuantos más días se mantenga la situación meteorológica adversa. En relación con esto, algunos autores han propuesto algunos índices que tuvieran en cuenta esta circunstancia, como el llamado índice de intensidad de ola de calor, que tiene en cuenta tanto el valor de temperatura máxima alcanzado por encima de un determinado umbral como el número de días en que se ha superado esa temperatura límite.

Respecto a las temperaturas frías, esa asociación con la mortalidad se ha encontrado máxima, poniendo como ejemplo Madrid, alrededor de una semana después de registrarse una temperatura extrema, considerando la mortalidad total, aunque variando entre los 7 y 14 días en el caso de enfermedades circulatorias y a los 5 y 11 días si se trata de causas respiratorias. Sin embargo, en Escocia la mayor asociación se encontraba entre los retardos 1 y 6 para las enfermedades circulatorias y a las dos semanas para las respiratorias. En Londres las bajas temperaturas se han asociado con excesos de mortalidad hasta 3-4 semanas después de haberse producido. Otros estudios realizados en Escocia y en Dublín encuentran igualmente ese efecto rápido del calor, que atribuyen sobre todo a causas cardiovasculares, y más persistente del frío sobre la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Puesto que, como se ha comentado, las personas ancianas están más predispuestas fisiológicamente a los efectos negativos de las variaciones de temperatura, en casi todos estos estudios también resulta ser el grupo de población que mayor número de defunciones aporta, tal y como era de esperar[2], lo que no quiere decir que la temperatura no afecte a otros grupos etarios.

Sin embargo, los efectos del calor o del frío también pueden ser más inmediatos o más retrasados según la situación geográfica y sociosanitaria de la ciudad estudiada, como se relata en un estudio comparativo realizado entre las ciudades de Delhi, São Paulo y Londres, según el cual el exceso de mortalidad tras un evento térmico extremo persiste en Londres solamente dos días, mientras que en Delhi lo hace durante tres semanas, situándose São Paulo en un lugar intermedio entre las anteriores.

c). Temperatura umbral o de disparo de la mortalidad

Puesto que, como se ha señalado, la relación entre la temperatura y la mortalidad no es lineal, se ha estudiado y calculado en algunos lugares si a partir de determinado

2. World Health Organization. Methods of assessing human health vulnerability and responses. Health and Global Environmental Change. Geneve 2003. Serie Nº 2.

nivel de temperatura se incrementa de una forma significativa la mortalidad de la población, es decir, si existe una temperatura umbral de disparo de la mortalidad, no solamente en referencia al calor sino también al frío. En el caso del calor, se ha obtenido que estos umbrales existen y que se sitúan en torno al percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias de verano (de junio a septiembre) y aproximadamente sobre el percentil 5 para el frío (de noviembre a marzo), según los estudios realizados en Madrid, Sevilla y Lisboa. Así, en Madrid se estima ese umbral de disparo de la mortalidad en 36,5 °C de temperatura máxima, en Sevilla sería de 41 °C y de 33,5 °C en Lisboa. De este modo, si nos atenemos a esos percentiles, la temperatura máxima de disparo de la mortalidad por calor oscilaría en la península entre los 26,2 °C de La Coruña y los 41,2 °C de Córdoba. No obstante, trabajos recientes realizados en Castilla- La Mancha indican que este percentil no es fijo, sino que en él influyen otras variables como la estructura demográfica de la población o factores socioeconómicos. Esto puede hacer que dichos percentiles oscilen entre el 92 para Cuenca hasta el 97 para el caso de Toledo y Albacete, como se verá a lo largo de esta monografía. Tampoco para el frío existe unanimidad en la definición de "ola de frío". Para unos investigadores la temperatura de disparo se situaría entre los 2,7 °C de Ávila y los 15 °C de Alicante lo que corresponde al percentil 5 de las temperaturas máximas de los meses de invierno anteriormente definidos, mientras que para otros la mayor relación se encuentra con la temperatura mínima, como ocurre en los trabajos realizados en Castilla – La Mancha[3].

Al igual que en el caso de la temperatura de confort y como se ha visto con los efectos retardados de las temperaturas sobre la mortalidad, los diferentes umbrales fisiológicos de adaptación producen diferentes temperaturas de disparo de la mortalidad según se trate de regiones más o menos templadas, con la confluencia de otros factores específicos o locales como pueden ser los factores socioeconómicos o las características demográficas (el porcentaje de población más susceptible, los de mayor edad), que pueden variar con el tiempo.

d). Factores socioeconómicos y demográficos.

Numerosos estudios señalan los factores socioeconómicos como uno de los principales determinantes de las diferencias encontradas entre países o regiones respecto a la asociación entre temperatura del aire y mortalidad.

Así, en Estados Unidos se han señalado como importantes factores de riesgo de morir por efectos del calor el nivel de pobreza, aislamiento social, confinamiento en el hogar, conocimiento insuficiente de la lengua inglesa, bajo nivel de lectura, vivir en vecindarios con altas tasas de criminalidad y ser de raza negra, entre otros. En definitiva, todas aquellas características indicativas de bajo estatus socioeconómico que impediría

3. Montero JC, Mirón IJ, Criado-Álvarez JJ, Linares C, Díaz J. Mortality from cold waves in Castile-La Mancha, Spain. Science Total Environm, 2010; 408: 5768-74.

el acceso a servicios y a mejores acondicionamientos de sus viviendas, como el aire acondicionado, o que les dejarían, además, relegados a habitáculos peor situados, como vivir en la última planta más calurosa o en una zona urbana altamente poblada, donde el efecto isla térmica es más evidente. Todo ello independientemente de la edad, que como se ha reiterado es un factor trascendente en la relación temperatura-mortalidad.

En Francia se ha descrito que el principal factor protector frente a una ola de calor es disponer de una temperatura adecuada en las horas de trabajo, seguido de tener acceso a un lugar con aire acondicionado durante algunas horas y de realizar actividades sociales, así como disponer en la vivienda de determinadas características, como un buen aislamiento.

Por todo lo dicho, parece probable que cambios lo suficientemente rápidos en el entorno podrían modificar de alguna manera la relación de la temperatura y otros factores ambientales con la mortalidad. Así, se ha observado que a medida que se avanzaba en el desarrollo económico se iba paliando la influencia de las variables ambientales sobre la morbi-mortalidad, lo que en Japón se vino a denominar "desperiodificación" de las enfermedades[4].

En estudios más recientes se ha descrito cómo en algunas zonas la influencia de las altas temperaturas sobre la mortalidad se ha modificado a lo largo del tiempo, apuntando hacia una gradual menor asociación calor-mortalidad. Por ejemplo, se ha analizado el exceso de mortalidad atribuido al calor en 28 metrópolis de Estados Unidos desde 1964 hasta 1998 resultando que en 19 de ellas la disminución de la relación ha sido estadísticamente significativa. Similares conclusiones presentan estudios realizados en Londres y en cuatro ciudades italianas.

Por otro lado, trabajos realizados en Castilla-La Mancha han puesto de manifiesto una relación inversa entre la temperatura y el índice de vejez en el sentido de que las poblaciones más envejecidas tienen una temperatura de disparo menor. De hecho se ha observado que a medida que va envejeciendo la población, en un análisis por décadas, esta temperatura de disparo es menor, lo que chocaría con la mejora de los servicios sanitarios que, se supone, van mejorando en el transcurso del tiempo. Este aspecto se tratará más adelante en esta monografía.

1.4. Consideraciones finales

Por lo hasta ahora expuesto de forma somera en esta introducción, aunque la temperatura es una de las variables ambientales que presentan una asociación más robusta con la mortalidad, esta relación queda lejos de estar analizada en profundidad. Así, por ejemplo, no existe una definición unánime sobre la variable meteorológica (temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura aparente, temperatura percibida...) que debe relacionarse con la mortalidad. Tampoco está universalmente definido lo que se denomina "ola de calor o de

4. Sakamoto-Momiyama M. Seasonality of human mortality. Tokyo University Press. 2007.

frío". Se desconoce, ya que varía de unos lugares a otros, cuándo se produce dicho extremo térmico, Tampoco está clara la influencia de otros factores como los socioeconómicos y los demográficos en el comportamiento de los extremos térmicos y es difícil cuantificar el impacto de la variable temperatura sobre la mortalidad y más sobre otros indicadores de salud menos analizados como la morbilidad o la atención primaria. Si se desconocen todos estos aspectos, parece tarea difícil la implementación de unos planes de prevención cuyo objetivo sea minimizar los impactos de los extremos térmicos sobre la salud de la población, que debería ser el colofón de estos estudios. A lo largo de esta monografía se intentarán aclarar, en la medida de lo posible, estos aspectos.

2. Efectos del calor sobre la salud. olas de calor

2.1. La ola de calor de 2003

El análisis de las temperaturas registradas en el verano de 2003 en Europa concluye que este fue un evento realmente extremo y que el verano de ese año fue probablemente el más cálido en Europa desde 1500. Las olas de calor se manifestaron, con intensidades diferentes y en distintos períodos, en muchos países del continente, provocando todas ellas un fuerte exceso de mortalidad, cifrado en 70.000 muertes según estudios recientes[5]. Parece que el país más afectado fue Francia donde, por ejemplo, las muertes en París aumentaron un 140%.

Lo que desde luego no se puede afirmar es que fuera un fenómeno aislado. La revisión realizada por R. Basu y J.S. Samet sobre el impacto en salud de las olas de calor recoge un total de 98 artículos desde 1957 a 2002, realizados en latitudes muy distintas y, por tanto, con climatologías diferentes. En España, en algunas provincias, las olas de los años 1991 y 1995 fueron mayores, tanto en la temperatura máxima alcanzada como en duración. Lo que sí ha sido realmente excepcional de esta ola de calor, es que los extremos térmicos abarcaron toda la parte central y occidental de Europa, afectando países muy al Norte, donde si bien está descrita una sobremortalidad estival, no son tan habituales temperaturas como las que se registraron en agosto de 2003, y por tanto su efecto fue mayor que en latitudes más meridionales.

En la mayoría de los países afectados se ha realizado algún tipo de trabajo para evaluar el impacto real de la ola de calor. El problema es que utilizan diferentes periodos de tiempo de análisis (tres o cuatro meses de verano, el periodo en que se consideró que se había producido el extremo térmico, etc.) y distinto periodo referencia (1, 2 o 3 años anteriores, algunos días alrededor de la ola de calor etc.). También son diferentes la unidad geográfica de estudio (todo el país, las poblaciones más grandes, unas pocas ciudades) y la metodología que utilizan para estimar la sobremortalidad (la mayoría de los estudios calculan el exceso de mortalidad comparándola con la mortalidad diaria de uno o más años anteriores, otros como en el caso de Holanda utilizan un método indirecto de regresión lineal teniendo en cuenta la

5. Robine JM, Cheung S, Le Roy S, Van Oyen H, Griffiths C, Michel JP et al. Death toll exceeded 70.000 in Europe during the summer of 2003. Comptes Rendus Biologies, 2008; 331:171-8.

temperatura de los últimos 30 años). Todo ello hace que sea prácticamente imposible comparar las cifras de los países afectados y determinar completamente cuales son las circunstancias que han favorecido el incremento de la mortalidad durante las olas de calor. Un resumen de varios de los estudios realizados se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los estudios realizados en Europa en relación al impacto sobre la mortalidad de la ola de calor de 2003.

País	Estudio	Población	Exceso de muerte estimada	Periodo de estudio	Periodo de referencia	Tª máxima
Portugal	Botelho J et al (2003)		1.953 (43%)	1-15 de agosto	mismo periodo 2000 y 2001	
	Nogueira PJ et al (2005)	Capitales de distrito (41,5% de la mortalidad del país)	1.316 (37,7%)	30 julio/12 agosto	3 periodos 2003 1-14 de julio 15-28 de julio 1-28 de julio	
Francia	Fouillet A et al (2006)	Todo el país	14.729 (55%)	1-20 de agosto	Mismo periodo, 2000, 2001 y 2002	27 estaciones Tmax >40 °C
Italia	Michelozzi P et al (2005)	Roma, Turín, Milán y Bolonia	2.255 33% Turín, 23% Milán, 19% Roma 14% Bolonia	Junio- agosto	1995-2002 (M, R y B) 1998-2002 (T) (mismo periodo)	40 °C en Milán
	Conti S et al (2005)	Todas las capitales italianas	3.134 (15%)	1 junio/15 agosto		
	ISTAT (2004)	Todo el país	19.780	Junio/septiembre	2002 Mismo periodo	
Inglaterra y Gales	Johnson H et al (2005)	Toda la zona de estudio	2.091 (17%)	4-13 de agosto	Mismo periodo 1998-2002	31,5 °C Preston-Londres-Bristol
Holanda	Garssen J et al (2005)	Todo el país	1.400 – 2.200 (3-5%) 500	Junio/Septiembre 31 julio/13 agosto	Últimos 30 años (datos de temperatura)	35 °C
Bélgica	Sartor F (2004)	Todo el país	1.257 - 1.297	Mayo/septiembre	1985 – 2002 1998 - 2002	37 °C
Austria	Hutter HP et al (2007)	Viena	180 (13%)	Mayo/septiembre	1998-2004 (Modelos GAM)	
Suiza	Grize L et al (2005)	Todo el país	975 (7%)	Junio/agosto	1990-2002	41,5 °C Norte de los Alpes

2.2. Definición de ola de calor

Aunque se sabe que las altas temperaturas están asociadas con un aumento de la mortalidad, y que este es especialmente fuerte durante los extremos térmicos, en la actualidad no existe un criterio unánime entre la comunidad científica sobre qué es o cómo definir una ola de calor. Esto conlleva algunas dificultades a la hora de abordar este trabajo, pues, por ejemplo, así como todo el mundo parece estar de acuerdo en que durante el verano de 2003 Europa occidental se vio sometida a una ola de calor, no ha sido posible llegar a un acuerdo sobre en qué circunstancias meteorológicas se llega al umbral tras el que se puede considerar, sin ninguna posibilidad de disenso, que la ola de calor ha existido. Por tanto no parece tan fácil describir cuándo y con qué intensidad se produjo una ola de calor en cada uno de los países afectados.

Se puede incluso observar, en varios de los trabajos realizados hasta la fecha para evaluar los efectos sobre la salud de las olas de calor, que ni siquiera hay un consenso sobre qué variable utilizar para definir ola de calor. Se han utilizado para su análisis la temperatura máxima, la temperatura media o la temperatura mínima. También existen diferencias sobre cuántos días deben sobrepasar el umbral para entender que se produce una ola de calor, uno o varios días, e incluso algunos trabajos consideran dos definiciones de ola de calor con dos temperaturas diferentes según los días en que estas se superen. En algunos trabajos se han combinado la temperatura del aire con otras variables meteorológicas (humedad relativa del aire, velocidad del viento, presión atmosférica, etc.) en un único índice que sirve como medida del estrés térmico producido por el calor. De ellos quizás el más utilizado sea la Temperatura Aparente, definida por Steadman RG en 1979, en el que se combinan la temperatura del aire y la humedad relativa. Esta es usada por el US Nacional Weather Service para dar las alarmas por un calor excesivo y es la base de varios planes de prevención de olas de calor, fundamentalmente en ciudades de Estados Unidos y Canadá.

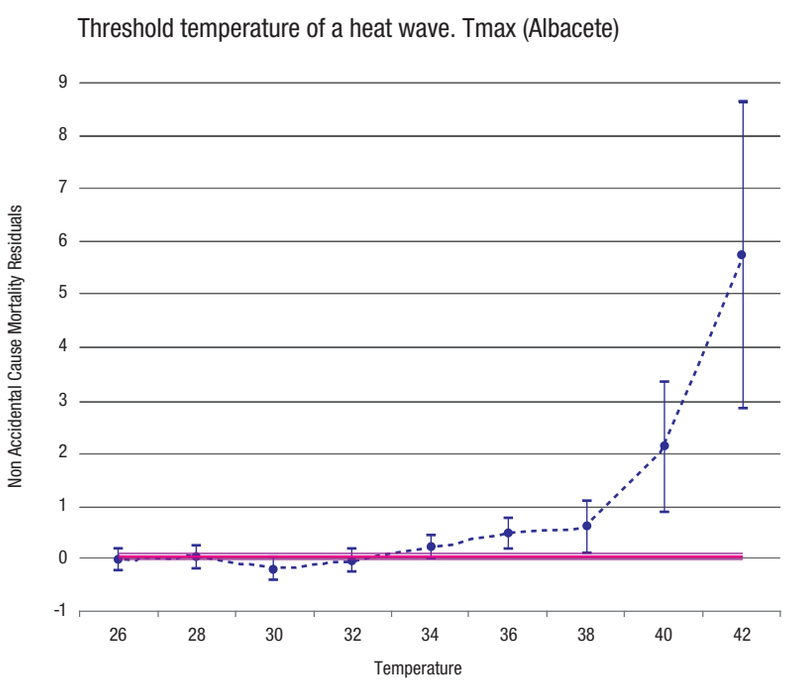
El argumento dado es que una alta humedad relativa impide la evaporación debida a la transpiración, impidiendo la refrigeración de los cuerpos. Sin embargo el asunto no parece tan sencillo. Algunos autores consideran que el papel de la transpiración en la disminución de la temperatura corporal ha sido exagerado, otros encuentran relación en ambientes secos con un aumento de los efectos de los contaminantes, especialmente el ozono. Lo cierto es que en aquellos trabajos que incluyen la temperatura y la humedad relativa del aire de forma desagregada, el papel de esta última es muy variado. Por ejemplo, en Madrid, Lisboa, Sevilla y Castilla-La Mancha, el máximo de mortalidad está asociado con humedades relativas bajas, ya que las máximas temperaturas se alcanzan cuando las masas de aire proceden del SE, aire muy seco proveniente de África. Y en Estados Unidos en 12 ciudades, todas ellas con diferentes climatologías, se encuentra que no existe un patrón consistente que relacione de forma uniforme en todas las ciudades humedad y mortalidad.

Otra forma de acercarse a la definición de olas de ola de calor es a través del estudio de las situaciones sinópticas de cada región concreta. En esta metodología se analizan las condiciones meteorológicas en su conjunto identificando aquellas características que

más frecuentemente están asociadas con un aumento de la mortalidad, finalmente se definen bajo qué condiciones se considera que se está produciendo una ola de calor. Esta forma de actuación también ha sido utilizada para establecer planes de prevención en numerosas ciudades, algunos de los cuales ya han sido evaluados con éxito.

Ante tal diversidad de criterios en la definición de ola de calor, el seguido por el grupo que ha redactado esta memoria consiste en la determinación de una temperatura de disparo o temperatura umbral a partir de la cual las anomalías de mortalidad frente a la temperatura máxima diaria (Figura 2) resultan significativamente distintas de cero ($p<0,005$). Con un solo día en el que se supere dicha temperatura se dirá que existe ola de calor, ya que es susceptible de que exista un incremento de mortalidad. Esto lleva a que el percentil del 95% de las temperaturas máximas diarias no sea siempre cierto y haya que calcularlo para cada capital de provincia ya que en Albacete, por ejemplo, es el percentil 97 (37 °C) o en Cuenca el percentil 92 (32 °C).

Figura 2. Determinación de la temperatura de disparo de la mortalidad para la provincia de Albacete mediante un diagrama de dispersión entre las anomalías de mortalidad (eje Y) y la temperatura máxima diaria.



2.3. Factores de riesgo en olas de calor

En la tabla que se muestra a continuación se indican los principales factores de riesgo que influyen en las olas de calor.

2.4. Impacto de las olas de calor sobre la mortalidad. Variables implicadas

Por lo anteriormente expuesto, resulta claro que cada lugar, al menos cada capital de provincia, si se elige esta unidad administrativa, tendrá una temperatura a partir de la cual comenzará a producirse un brusco incremento de la mortalidad. Es evidente que esta mortalidad será mayor cuanto más se separe la temperatura máxima diaria de la denominada temperatura umbral. Pero esta relación no es lineal y su cuantificación hace precisa la utilización de una metodología adecuada que permita realizarlo. La utilizada por el grupo que ha elaborado este informe técnico es la basada en los modelos autorregresivos integrados y de media móvil (ARIMA). Esta metodología tiene la ventaja frente a otras de que permite introducir las variables explicativas que se deseen, quedando la varianza no explicada por ellas como la parte de media móvil del modelo.

Una de las primeras dificultades es establecer cuándo se produce la relación entre la temperatura y la mortalidad, es decir, los efectos retrasados de la temperatura sobre la mortalidad. Por lo que se ha citado en la introducción y según los mecanismos fisiopatológicos descritos

Tabla 2. Factores de riesgo ante una ola de calor

RELACIÓN MORTALIDAD Y CALOR: CARACTERÍSTICAS GENERALES Y FACTORES DE RIESGO

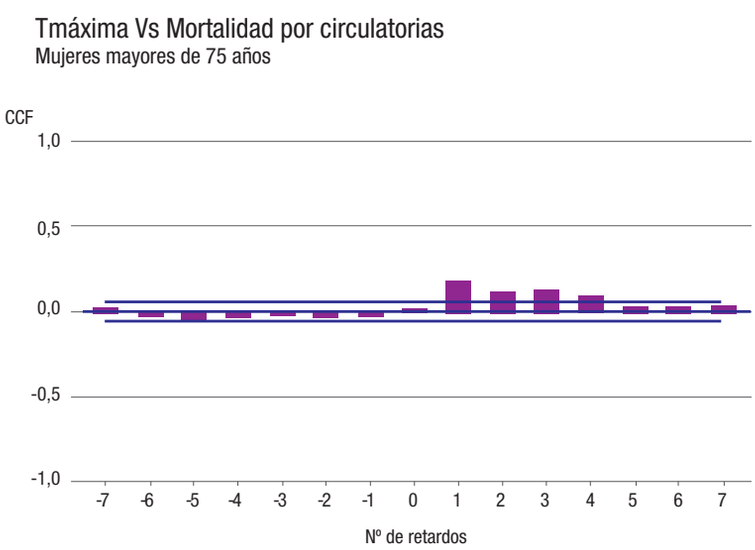
Características generales de los estudios	•Relación de la temperatura y la mortalidad muy fuerte, fundamentalmente durante las olas de calor. •No existe una definición oficial de olas de calor internacionalmente admitida. •Mayor mortalidad en las zonas con una temperatura media anual más baja.
Variables meteorológicas	•Posible relación entre mortalidad y humedad. •Los resultados varían según el estudio.
Edad	•Asociación más fuerte con personas ancianas. •También asociación con grupos de edad más jóvenes (fundamentalmente con 45-65 años). •Pequeña o nula relación con niños (sobre todo durante las olas de calor).
Género	•Los estudios dan resultados diversos y contradictorios. •Generalmente más asociado con mujeres.
Efecto retardado	•La asociación se encuentra al menos durante tres días. •Normalmente más alta el día posterior que el día con temperatura alta. •Durante las olas de calor se aprecia un desplazamiento de la mortalidad hacia los días más cercanos a esta. Efecto siega.
Duración de la ola	•Mayor mortalidad cuanto más dura la ola de calor.
Número de ola	•Mayor mortalidad las primeras olas del año. •Mayor impacto las olas de calor de primavera o principio del verano.
Causas específicas de morbi-mortalidad	•Fundamentalmente asociado a causas cardiovasculares y respiratorias. •También se encuentran incrementos significativos, fundamentalmente durante las olas de calor, de enfermedades del aparato digestivo, neoplasias malignas, enfermedades endocrinas, metabólicas o genitourinarias. Seguramente provocado porque el calor provoca una descompensación de personas con una enfermedad previa. •Muy importante en la población más joven la mortalidad relacionada con enfermedades mentales, psicológicas o del sistema nervioso central. •Incremento de la mortalidad de enfermos crónicos tratados con medicamentos que en ocasiones dificultan una respuesta adaptativa a las altas temperaturas.
Estilos de vida	•Mayor mortalidad entre las personas que están solas, que necesitan cuidados o con contactos sociales limitados. •En ancianos generalmente mayor mortalidad en residencias y hogares que en hospitales.
Factores socioeconómicos	•Mayor mortalidad entre trabajadores manuales o que trabajan en el exterior. •Mayor mortalidad en personas con inferior nivel socioeconómico. •Alta relación con la disponibilidad de aire acondicionado. •Disminuye con un mejor aislamiento y acondicionamiento de las viviendas y del entorno.
Urbano *vs* rural	•En general mayor mortalidad en ciudades. •Efecto de isla térmica.

con anterioridad, en el caso del calor el efecto suele darse de forma inmediata, es decir, entre los retardos 1-4. O sea, que un día después de producirse la ola de calor comienza a aumentar la mortalidad y este efecto puede mantenerse en el tiempo hasta cuatro días después. En algunos trabajos se ha hallado que este efecto puede llegar hasta el retardo 7. En la figura 3 se representa una FCC en la que se muestran los retardos significativos para el caso de la ciudad de Madrid.

A la hora de cuantificar los impactos no solo se trata de introducir el efecto de la temperatura con sus retardos correspondientes sino que es preciso tener en cuenta otras variables que puedan explicar el comportamiento del calor sobre la mortalidad. Así se introduce la variable humedad relativa. Como ya se ha citado con anterioridad su comportamiento en nuestro país es el contrario al de otras latitudes; aquí su influencia sobre la mortalidad es inversa. Es decir, humedades relativas bajas se relacionan con aumentos de mortalidad y no al contrario como ocurría en otros lugares. También influye cuándo se produce la ola de calor. Una ola de calor que tiene lugar en junio tiene un mayor efecto sobre la mortalidad que si se produce en septiembre. Dos son los motivos que explican este hecho. El primero es que existe un mayor grupo de personas susceptibles (ancianos fundamentalmente) y el segundo es que la población no se ha aclimatado al calor. Las siguientes olas tendrán menor efecto sobre la mortalidad porque ya habrán muerto parte de los susceptibles y porque se habrán aclimatado al calor. Por lo tanto, la variable "número de ola de calor" deberá considerarse en la modelización. También la duración de la ola de calor. No solo influye, como se citaba anteriormente, la diferencia entre la temperatura máxima alcanzada y la temperatura umbral, sino que también habrá que considerar durante cuántos días se supera ese umbral. Un solo día de superación provoca exceso en la mortalidad, pero si el fenómeno se repite durante varios días consecutivos el efecto acumulativo del calor será mayor. Es decir, hay que considerar la duración de la ola. A mayor duración mayor efecto.

En algunos lugares en los que se disponía de esta información se han incluido, además de variables meteorológicas, otras variables ambientales como la contaminación atmosférica. Se ha observado la existencia de un efecto sinérgico entre el material particulado y el calor, es decir el efecto de las partículas existentes en la atmósfera, sobre todo las de diámetro inferior a 10 micras, tienen mayor efecto sobre la mortalidad los días en los que hay ola

Figura 3. Función de correlación cruzada (FCC) entre la mortalidad por causas circulatorias en mujeres mayores de 75 años en Madrid y la temperatura máxima diaria.



de calor que cuando no se está produciendo un evento térmico extremo. Lo mismo ocurre con el ozono troposférico[6] y el dióxido de azufre.

2.4.1 Algunos ejemplos de impactos en diversas ciudades españolas

Como ya se ha indicado en el apartado a la ola de calor del 2003, cuando se trata de comparar valores debe asegurarse de que se están comparando las mismas magnitudes y que la metodología utilizada es similar. Por eso nos ceñiremos a las investigaciones que ha realizado el grupo que ha redactado este informe. Así, por ejemplo, trabajos realizados en diversas ciudades españolas muestran que por cada grado en que la temperatura máxima diaria supera la temperatura umbral se produce un incremento en la mortalidad diaria por todas las causas menos accidentes del 21,5% para la ciudad de Madrid, del 16,1% para Albacete o del 12,4% para Toledo. Como ya se discutirá posteriormente la población anciana existente juega un papel importantísimo. Así para el caso de Madrid en mujeres mayores de 75 años este porcentaje puede alcanzar hasta un 28,4%. Si el análisis se hace por causas específicas se encuentra también para Madrid que el mayor impacto se da en mujeres mayores de 75 años y por causas circulatorias con un incremento que llega hasta el 34,1% por cada grado en que la temperatura máxima diaria supere la temperatura umbral de 36,5 °C para el caso de Madrid[7].

Lo anteriormente citado no quiere decir que no exista impacto de las temperaturas extremadamente elevadas en otros grupos de edad. Así en un trabajo realizado para la ciudad de Madrid según diversos grupos de edad, se detecta efecto en todos los grupos de edad menos en el de menores de 10 años. Es decir, no existe en niños mortalidad asociada al calor en la ciudad de Madrid, pero sí en el grupo de edad de 18-44 años con un impacto del 13,1% y del 11,5% en el de 45-64 años[8].

2.4.2 Comparación de estos resultados con los de otros trabajos realizados en otros lugares

Los resultados sobre olas de calor obtenidos para varias ciudades españolas son similares, desde un punto de vista cualitativo, a los encontrados por otros autores para otras latitudes, como cabía esperar. No obstante el hecho de la utilización de diversas variables meteorológicas que definen la ola de calor en vez de la temperatura máxima, (como la temperatura media diaria, la temperatura aparente, etc…) el considerar diversos índices relacionados con las olas de calor distintos a los aquí descritos, e incluso la utilización de diferentes metodologías para el cálculo de los impactos o el papel que juega la humedad relativa, hacen que los

6. Sartor F, Sanacken R, Demuth C, Walckiers D. Temperature ambient ozone levels and mortality during summer 1994 in Belgium. Environ Res, 1995;70:105-13.

7. Díaz J, Jordán A, García R, López C, Hernández E, Otero A. Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. Int Arch Occup Environ Health, 2002;75:163-70.

8. Linares C, Díaz J. Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad. Gac Sanit, 2008;22:115-9.

resultados no sean comparables desde un punto de vista cuantitativo, pero sí cualitativamente. Puede concluirse por tanto que existe un impacto de las temperaturas extremadamente elevadas sobre la mortalidad, que es mayor en el grupo de personas de edad avanzada; que es mayor en los primeros meses de verano y que el impacto aumenta con la duración de la ola de calor. Este impacto es a corto plazo e involucra enfermedades cardiovasculares, fundamentalmente, y respiratorias. También existe unanimidad en cuanto a la necesidad de la implementación de planes de prevención, adaptados a las características geográficas, sociales, económicas y demográficas de cada lugar que minimicen los impactos de los extremos térmicos sobre la salud de la población. Posteriormente se describirán, de forma pormenorizada, las características que a nuestro juicio, deben poseer dichos planes de prevención.

3. Efectos del frío sobre la salud. Olas de frío

3.1. Las olas de frío. Definición de ola de frío

Si es cierto que los efectos del calor no se han analizado en profundidad hasta hace muy poco, menos aún se han considerado los del frío. Seguramente porque su relación no resulta tan obvia. Una ola de calor produce un gran aumento de la mortalidad en muy pocos días, por lo que la asociación causa-efecto resulta más evidente. El frío tiene un efecto más retardado, aunque en nuestras latitudes sucede durante un rango mayor de temperaturas. Por tanto, se puede afirmar que cuantitativamente está relacionado con un mayor impacto en salud que el calor, aunque más difuminado en el tiempo. Por ejemplo, en el este de Europa se calcula que unas 250.000 personas mueren cada año debido a la exposición al frío. Los mecanismos fisiopatológicos implicados ya se han expuesto con anterioridad.

Efectivamente, ya desde mediados del siglo XIX se viene publicando la existencia de una estacionalidad de la mortalidad con un aumento centrado en los meses de invierno. En la mayoría de los países el incremento se estima que es de un 5% a un 30% respecto a la media anual. Un trabajo realizado en 14 países estudiados en Europa encuentra que la mortalidad invernal es un 16% superior respecto al resto del año, incluido el verano, pero además la máxima mortalidad se da en la Península Ibérica, con un 28% de incremento en Portugal y un 21% en España[9]. Parecidas diferencias han sido observadas en otras regiones como Nueva Zelanda, Bangladesh, Hawai, o Moscú. Además en todos los estudios se ha descrito una relación significativa entre este incremento y variables ambientales, principalmente la temperatura.

También se observa una mayor sobremortalidad invernal cuando se compara con la producida por el calor. En invierno la mortalidad es, de media, un 10% mayor que en verano. En algunos lugares como el Reino Unido esta diferencia es aún mayor, llegando al 30%, y este mismo porcentaje aparece en un estudio realizado exclusivamente para Escocia. En Holanda el incremento es de un 22%. Si se consideran los estudios que se centran en la mortalidad por causas

9. Helay JD. Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. J Epidemiol Community Health, 2003;57:784-9.

cardiovasculares se puede observar también que es mayor la mortalidad invernal respecto a la de los meses de verano, incluso si se consideran lugares con temperaturas tan diferentes como Minnesota (EE.UU.), con una temperatura media invernal de la temperatura máxima diaria de -3 °C y Sao Paulo (Brasil), con una temperatura media anual de la temperatura máxima de 25,4 °C, y también siguen este patrón lugares con una humedad relativa del aire tan dispar como las Hong Kong e Israel.

Por tanto, parece que los efectos sobre la salud del frío son mayores que los del calor, si bien con este último no solo aumenta la mortalidad media diaria, sino que también es responsable de producir grandes crisis, concentrando gran parte de la mortalidad estival en cortos periodos de tres a cuatro días, cuando la temperatura supera determinados umbrales.

Pero también existen olas de frío, aunque el conocimiento que se tiene sobre este fenómeno es menor. Al igual que sucede en el caso del calor, tampoco existe una definición universal de ola de frío. Así, un estudio publicado sobre Sofía y Londres define temperatura con "frío extremo" a aquella que se encuentra por debajo del décimo percentil de la temperatura media diaria de dos semanas, que se corresponde con -0,5 °C en Sofía y 5,25 °C en Londres. En otro trabajo sobre olas de frío en Holanda, es descrita como un periodo de tiempo de al menos 9 días con temperaturas mínimas de -5 °C o inferiores, de los cuales al menos seis días se alcanzan los -10 °C o menos, eligiéndose la temperatura mínima pues es la que mayor coeficiente de correlación presenta con la mortalidad entre los meses de diciembre a febrero. En el trabajo realizado para Moscú se considera ola de frío cuando al menos 9 días, en este caso de la temperatura media diaria, está por debajo del tercer percentil de la distribución de temperaturas diarias entre enero de 2000 y diciembre de 2006 (14,4 °C bajo cero), de los cuales al menos 6 días se encuentran por debajo del primer percentil (-19,3 °C).

En Madrid se denomina día inusualmente frío a aquel que tiene una temperatura máxima diaria igual o por debajo de 6 °C, la temperatura de máxima correlación con la mortalidad durante los meses de invierno para esta ciudad. Se ha considerado este valor (que corresponde aproximadamente con el percentil 5 de la serie de temperaturas máximas diarias de los meses de noviembre a marzo) porque en un diagrama de dispersión frente a la mortalidad es a esta temperatura cuando se detecta un cambio de pendiente, es decir un aumento brusco del número de muertes. Otros autores definen las olas de frío a partir de la relación entre la mortalidad y parámetros como la temperatura percibida, que intenta simular los mecanismos fisiológicos que desencadenan las variables ambientales.

Cabe destacar que, al igual que sucedía con las olas de calor, aparecen dos criterios a la hora de definir ola de frío, uno que se podría denominar estadístico-meteorológico y otro basado en la relación estadística entre la temperatura y sus efectos en salud. El primero solo tiene en cuenta la temperatura habitual a la que está sometida la población, el segundo se fundamenta en los cambios que esta produce sobre un indicador sanitario, generalmente la mortalidad.

Otra de las variables utilizadas en este tipo de estudios es la velocidad del

viento. Esta variable se ha estudiado de forma individual o formando parte de algoritmos teóricos en los que se relacionan la temperatura y la velocidad del viento, denominados índices de *wind-chill*. Son varios los trabajos en los que se observa que existe una relación estadísticamente significativa entre la mortalidad o la morbilidad y la velocidad del viento, o bien que el índice tiene una asociación más fuerte que la temperatura considerada individualmente. Otros por el contrario no han encontrado esta asociación. Por tanto, al igual que sucedía con la humedad relativa y el calor parece que no es tan sencillo establecer un índice universal basado en unos pocos parámetros meteorológicos o en la relación entre estos y algunas características fisiológicas que se consideran determinantes. La multiplicidad de situaciones climáticas que existen en todo el planeta y la complejidad de la relación entre las poblaciones y el clima en el que se desarrollan aconsejan un estudio individual de cada situación.

Especial interés tiene otro factor meteorológico, como es la presión atmosférica. En los últimos años, se han llevado a cabo varios estudios para determinar la influencia que este factor puede ejercer sobre diferentes enfermedades, principalmente cerebrovasculares y respiratorias. En muchos análisis, la presión atmosférica se ha utilizado como un factor atmosférico más. Sin embargo, en otros casos la presión atmosférica ha sido considerada el principal factor ligado a enfermedades cerebrovasculares y la importancia de exposiciones repetidas (4 o más) a variaciones inusuales de presión han sido relacionadas con neumotórax espontáneos debidos a la rotura pleural.

En un trabajo realizado en Madrid, centrado en la presión atmosférica, se aprecia que las situaciones con tendencia anticiclónica, es decir, aumento de la presión, son las que aparecen relacionadas con la mortalidad. En invierno, cuando la ciudad se encuentra situada bajo una masa de aire frío, las temperaturas son especialmente bajas, lo que conlleva un aumento en la producción de contaminantes (calefacciones, vehículos, etc.), y además se dificulta la dispersión de estos, pues se ven favorecidos los fenómenos de inversión térmica y la velocidad del viento es mínima. La combinación de frío intenso y contaminación atmosférica alta favorecen la mortalidad por causas respiratorias y circulatorias. Por el contrario las situaciones ciclónicas tienden a la dispersión de contaminantes y no están relacionadas con aumentos de la mortalidad, aunque aumente la velocidad del viento.

También existen trabajos que abordan la influencia del frío sobre la mortalidad a través de las situaciones sinópticas más frecuentes de una determinada región geográfica, pero en realidad en este caso existe por el momento un menor desarrollo que en los trabajos realizados por el equipo de LS Kalkstein para determinar los efectos del calor, que como ya se ha dicho, han servido de base de varios planes de prevención por todo el mundo.

Parece, por lo hasta ahora expuesto, que si era complicada la definición de ola de calor, más aún lo es la de frío y al igual que ocurría con el caso de las temperaturas extremadamente elevadas, en el caso del frío se sugiere que se analice para cada lugar a estudio, con la metodología que se considere adecuada, la temperatura por debajo de la cual comienza a producirse un aumento significativo de la

mortalidad. Si para el caso del calor, al menos en España, había un criterio unánime en la definición, no es así para el caso del frío. Así, estudios realizados en Madrid lo relacionan con el percentil 5 de la serie de temperaturas máximas diarias de los meses de invierno (noviembre-marzo), mientras que para el caso de Castilla-La Mancha, las investigaciones realizas indican que es la temperatura mínima diaria, en vez de la máxima, la que presenta una mayor

Tabla 3. Factores de riesgo ante una ola de frío

RELACIÓN MORTALIDAD Y FRÍO: CARACTERÍSTICAS GENERALES Y FACTORES DE RIESGO	
Características generales de los estudios	•La estacionalidad invernal es generalmente mayor que la estival. •En general menor aumento de la mortalidad por cada grado centígrado que baja de la temperatura de mínima mortalidad, pero en nuestras latitudes, durante un mayor rango de temperaturas. •No existe una definición oficial de ola de frío. •Mayor mortalidad en regiones con una temperatura media anual más alta y con veranos más cálidos.
Variables meteorológicas	•Posible relación con la velocidad del viento. •Mayor aumento de la mortalidad en periodos de altas presiones, relacionado con una menor dispersión de los contaminantes atmosféricos químicos.
Edad	•Fundamentalmente asociado con personas ancianas. •Mayor asociación en personas jóvenes y niños, en su mayoría por enfermedades respiratorias.
Género	•Los estudios dan resultados diversos y contradictorios. •Generalmente más asociado con mujeres.
Efecto retardado	•El efecto del frío se prolonga mucho más en el tiempo. Al menos dos semanas. •No aparece efecto siega.
Duración de la ola	•Mayor mortalidad cuanto más dura la ola de frío.
Número de ola	•Menor mortalidad en las primeras olas de frío del año. •Incrementa la mortalidad en olas sucesivas, cuando existen varias en un año.
Causas específicas de Morbi-mortalidad	•Asociado casi exclusivamente a causas respiratorias y cardiovasculares. •Aumento de la presión arterial y la viscosidad sanguínea por el frío. •Gran importancia de las enfermedades infecciosas respiratorias. •Posible incremento de las causas cardiovasculares relacionadas con las infecciones respiratorias. •Mayor mortalidad de las olas de frío durante las epidemias de gripe.
Estilos de vida	•Relación con el uso de la calefacción en casa y el aislamiento de las mismas (entre países). •Con las prendas de vestir empleadas y con la actividad física empleada en el exterior. •Mayor mortalidad en ancianos que viven en residencias frente a los que viven en sus hogares. •Mayor mortalidad en fumadores.
Factores socioeconómicos	•Mayor mortalidad en países con menor renta *per capita,* mayor nivel de pobreza o desigualdad y menor renta *per capita* dedicada a la salud. •No se encuentra relación en los trabajos realizados en una misma ciudad o país.
Urbano *vs* rural	•No se encuentra una diferencia significativa en la mayor parte de los trabajos. •No hay muchos trabajos realizados.

correlación con la mortalidad[3]. Esta discrepancia es meramente cuantitativa ya que existe una alta correlación entre las series de temperaturas máximas y mínimas diarias, siguiéndose en ambos casos la relación con el percentil 5 de las series máxima o mínima respectivamente. Así, por ejemplo, se dirá que existe una ola de frío en Madrid cuando la temperatura máxima diaria no supere los 6 °C, mientras que para Albacete, por ejemplo se dirá que existe ola de frío cuando la temperatura mínima diaria esté por debajo de -4,8 °C o para el caso de Toledo -3,3 °C.

En el caso de las olas de frío en Castilla-La Mancha al representar en un diagrama de dispersión las anomalías de la mortalidad (eje Y) frente a la temperatura mínima diaria, retrasada 7 días (eje X), sí se observaba un incremento de esta anomalía en torno al percentil 5, pero a diferencia de lo que ocurría con el calor, este incremento no era estadísticamente significativo. La razón quizá se deba al efecto "difuminado" del frío. Al contrario que en el calor cuyo efecto es a corto plazo, en el caso del frío este aparece más alejado en el tiempo. Las funciones que representan cuando se producen estas asociaciones (funciones de correlación cruzada) indican la existencia de dos "picos" de asociación uno a medio plazo (retardos 5-7) y otro a más largo plazo entre los retardos 9 a12. Esta dispersión en cuanto a la mortalidad puede ser la causa de que, aunque se encuentre incremento en las anomalías de mortalidad, estas no sean estadísticamente significativas. Pese a ello se ha elegido el percentil 5 de las series de temperaturas mínimas de los meses de invierno como el umbral de definición de ola de frío. Dependerá de cada lugar si se elige la serie de mínima diarias (caso de Castilla-La Mancha) o de máximas diarias como en el caso de Madrid.

3.2. Factores de riesgo en una ola de frío

En la tabla 3, que se muestra a continuación, se indican los principales factores de riesgo que influyen en las olas de frío.

3.3. Impacto de las olas de frío sobre la mortalidad. Variables implicadas

Al igual que ocurría en el caso del calor, para el frío existen diferentes variables que hay que tener en cuenta a la hora de analizar el comportamiento de las temperaturas extremadamente bajas sobre la mortalidad: la duración de las olas de frío, y el número que la ola de frío ocupa en el año.

En el caso del frío también se aprecia que cuantos más días consecutivos se supera la temperatura umbral definida mayor es la mortalidad diaria. Parece lógico comprobar, igual que sucedía con las olas de calor, que cuanto mayor es la exposición de los habitantes de una provincia a días extremadamente fríos, mayores son los efectos sobre la salud.

Desde este punto de vista es muy interesante conocer cuáles son las situaciones meteorológicas que favorecen la generación de olas de frío y cuál es la duración media de cada una de ellas. Un estudio realizado a escala sinóptica en la Península Ibérica señala que existen tres situaciones fundamentales que explican su aparición. Las dos primeras son consecuencia de la entrada de masas de aire frío, bien por la existencia de un anticiclón sobre las Islas Británicas que induce la entrada de vientos de componente nor-noroeste procedentes

del Atlántico Norte, o bien por la entrada de aire muy frío procedente del centro del continente europeo que puede ser debido a una baja sobre el norte de Italia y/o un anticiclón sobre el norte de Europa. La tercera se explica por un estancamiento o persistencia de una misma masa de aire sobre la Península. Esta situación anticiclónica, o de pantano barométrico, provoca un fuerte enfriamiento radiactivo nocturno y como consecuencia temperaturas mínimas muy bajas. Bajo estas tres circunstancias tienen lugar el 50% de los días extremadamente fríos. Sin embargo, estos patrones por sí solos no determinan la ocurrencia de temperaturas extremas, aunque sí que aumentan considerablemente su probabilidad.

Por lo tanto, de nuevo la escala que debe proporcionar la clave ha de ser local. Esta debe ser capaz de dar explicación al 50% de los casos de ola de frío no englobados dentro de uno de los tres patrones sinópticos principales y a su vez de determinar, junto a la escala sinóptica, la singularidad propia de cada suceso de ola de frío. La conclusión es que es necesario el estudio de factores locales como la localización geográfica, la altitud y el medio que rodea a cada punto a la hora de abordar el análisis.

En cuanto a la variable número de orden de la ola de frío en el año se observa que existe una relación directa con el número de defunciones diarias, y que son las olas finales de la temporada invernal las que mayores efectos producen. Una explicación de este comportamiento, contrario al del calor, puede ser que un aumento progresivo, tras sucesivas exposiciones al frío a lo largo del invierno, está en consonancia con un modelo de dispersión de persona a persona lo que viene a apoyar las hipótesis etiológicas más admitidas hasta este momento. El mecanismo sería el siguiente: en una primera fase, la exposición al frío favorece la infecciosidad de los microorganismos patógenos del aparato respiratorio, posteriormente un mayor contacto entre personas en ambientes cerrados en el invierno en circunstancias de frío extremo contribuye a difundir la enfermedad a otros individuos.

Parece, por los estudios realizados, que son las personas más jóvenes las que tienen unos comportamientos más favorecedores para entrar en contacto en primer lugar con el agente infeccioso, por su mayor estancia en el exterior, la vestimenta usada, etc. Por el contrario, la población más adulta y los niños son las personas más susceptibles y los grupos de edad con mayor mortalidad al entrar en contacto con aquellos. Este modelo básico se puede complicar si se tiene en cuenta que existen mecanismos que relacionan las enfermedades respiratorias y circulatorias y que los efectos de las primeras se producen a más largo plazo pudiendo acrecentar la mortalidad de olas de frío sucesivas.

Un papel especialmente complejo juega la variable humedad relativa del aire. Si en el caso de las olas de calor existía un comportamiento claro en los trabajos realizados en nuestra Península en la que las humedades relativas bajas favorecían la mortalidad por calor, en el caso del frío esto no ocurre. En los estudios realizados para la ciudad de Madrid esta aparecía con signo negativo, sin embargo, en los realizados en Castilla-La Mancha la humedad relativa siempre entra con signo positivo, es decir, a mayor humedad relativa del aire, mayor será el efecto de esta sobre la mortalidad diaria en una

ola de frío. Además su efecto es a corto plazo (1 o 2 días) y a la semana o en los días posteriores. Es de destacar que no se aprecia una asociación muy elevada. Por ejemplo en Toledo donde el coeficiente es mayor se detecta un aumento de 0,022 muertos por cada unidad que aumenta el porcentaje de la humedad atmosférica relativa media. Como ya se ha citado, la asociación es contraria a la encontrada en Madrid para el grupo de 45-65 años y si en ese caso puede ser justificada porque la mayor mortalidad se produce en presencia de situaciones de inmovilidad atmosférica provocadas por un anticiclón, en el caso de Castilla-La Mancha el signo positivo encontrado en todas las provincias debe estar motivado por la entrada de masas de aire frío y húmedas. Esto se ve confirmado por la circunstancia de que sean en las situaciones ciclónicas en las que se produce un aumento de la mortalidad. Parece necesario discutir que el incremento de la mortalidad se produzca en situaciones meteorológicas contrarias en dos comunidades autónomas tan cercanas, por lo que sin duda están sometidas a parecidos escenarios a escala sinóptica. Pero hay que señalar que el trabajo realizado por Prieto y colaboradores localiza tres contextos generales en los que aparecen las olas de frío sobre la Península Ibérica, dos de ellos se caracterizan por la entrada de vientos del norte, el tercero por un estancamiento atmosférico. Este último está asociado con un aumento de la contaminación atmosférica que sin duda es mayor en la comunidad madrileña. Por tanto se sugiere que tanto situaciones ciclónicas con alta humedad atmosférica como situaciones anticiclónicas con masas de aire frío y secas podrían estar asociadas al aumento de la mortalidad y la presencia de un signo u otro en los coeficientes del modelo indican cuál es la situación predominante, pero tampoco se deben descartar las situaciones caracterizadas por la entrada de aires fríos y secos procedentes del continente descrita por Prieto. Para confirmar esta hipótesis sería conveniente analizar la mortalidad asociada a cada una de las situaciones descritas, analizando en cada una de ellas el papel de la humedad relativa, la velocidad del viento y los contaminantes atmosféricos. También es bastante probable que el alto número de días con niebla que se producen en situaciones anticiclónicas, durante los meses fríos, en toda la meseta sur determine esa asociación entre la mortalidad y la humedad relativa del aire. Hay que señalar que en Toledo la media anual de días con niebla es de 34 (30 de ellos entre noviembre y marzo), de 32 en Albacete y 31 en Ciudad Real.

En todo caso hay que destacar que en la bibliografía científica aparecen resultados muy dispares sobre el papel que juega la humedad relativa del aire en la sobremortalidad invernal. Braga y colaboradores en Estados Unidos analizan los efectos de la meteorología en 12 ciudades y no encuentran un patrón consistente en la relación de la humedad y la mortalidad diaria. Por otro lado hay que destacar que algunos de los trabajos realizados encuentran que la influencia de la humedad sobre la mortalidad es insignificante frente a la temperatura. Por tanto el diferente papel de la humedad encontrado en los distintos trabajos no hace aconsejable la utilización de índices teóricos que combinen de forma rígida temperatura y humedad en el estudio y parece fortalecer la idea de que es más aconsejable medir separadamente la humedad y la temperatura. A conclusiones parecidas llegan los autores del trabajo realizado recientemente en Europa a través del Proyecto PHEWE en el que se estudian

los efectos del frío a través de la temperatura aparente. De igual manera se puede discutir el uso de índices de síntesis entre la velocidad del viento y la temperatura, índices de *wind-chill*. Estudios realizados en Holanda y Escocia encuentran que existe una mayor asociación con la mortalidad, aunque pequeña, entre el índice de *wind-chill* de Steadman que con la temperatura, pero también hay que señalar que los primeros no la encuentran con el índice de *wind-chill* de Siple y Passel y sin embargo este es el índice que funciona mejor en el Reino Unido asociado a admisiones hospitalarias.

De nuevo, la existencia de resultados tan diferentes llama a la prudencia y a no utilizar de forma generalizada índices teóricos que recogen la contribución de varias variables que pueden no ser válidos en todas las circunstancias y por el contrario analizar las variables por separado en cada localización geográfica concreta. Es decir, si se quiere analizar el impacto de las diferentes variables que influyen en las olas de frío, este estudio debe realizarse de manera exclusiva para ese lugar, en el que concurren una serie de circunstancias meteorológicas y atmosféricas que pueden ser radicalmente diferentes a las que pueden darse unos cientos de kilómetros de distancia. No pueden extrapolarse, pues, resultados de unos lugares a otros.

3.3.1. Algunos ejemplos de impactos en diversas ciudades españolas

En el caso de las olas de frío son muy escasos los estudios realizados en España de los que se tiene conocimiento. Únicamente de forma monográfica sobre extremos térmicos por frío se tiene constancia de los trabajos realizados en Madrid[10] y en la Comunidad Autónoma de Castilla- La Mancha[3].

En general, los resultados obtenidos muestran que los impactos que se obtienen para el caso del frío son menores a los obtenidos para el caso del calor. Si en el caso del calor se hablaba para algunos grupos de edad y causas específicas (mujeres mayores de 75 años por causas respiratorias) de incrementos de hasta un 34%, en el caso del frío el mayor impacto encontrado es en mayores de 75 años y por causas respiratorias, con un aumento de la mortalidad del 9,6% por cada grado en que la temperatura máxima diaria no llega a los 6°C en el caso de Madrid. Para Castilla-La Mancha, donde los datos se refieren a población general y a mortalidad por todas las causas, el comportamiento cualitativo es similar: un pico de mortalidad en torno a los 3-4 días y un segundo pico más retrasado en el tiempo centrado en el décimo día tras el extremo térmico.
Cuantitativamente, las olas de frío suponen incrementos de cerca del 10% por cada grado en el que la temperatura mínima diaria no alcanza la temperatura umbral, ligeramente superiores a los encontrados para el caso de Madrid.

Una diferencia clara existente entre el comportamiento de los extremos térmicos por calor y por frío es que en el caso del calor en Madrid no existía asociación con la mortalidad diaria en menores de 9 años, mientras que para

10. Díaz J, García R, López C, Linares C, Aurelio A, Prieto L. Mortality impact of extreme winter temperatures. Int J Biometeorl, 2005;49:179-83.

el frío esta se da a largo plazo (retraso 12), no solo en el grupo de menores de 9 años, sino también en los menores de un año, con un riesgo atribuible por cada grado del 2,0% y del 1,1%, respectivamente.

3.3.2. Comparación de estos resultados con los de trabajos realizados en otros lugares

Si se tienen en cuenta todas las consideraciones que se realizaron en el epígrafe similar al de las olas de calor, es tremendamente complicado comparar estos resultados con los hallados en otros estudios. No obstante, y en líneas generales, puede decirse que este resultado es el esperado si se tiene en cuenta la menor pendiente encontrada en la rama del frío en los diagramas de dispersión y también los estudios realizados en otras latitudes tanto cuando se analizan los efectos del frío en general como los extremos térmicos en particular. Lo que viene a confirmar lo ya dicho de que existe una relación menos intensa entre la mortalidad y las temperaturas extremadamente bajas aunque en general la mortalidad invernal sea en términos absolutos mayor que la estival.

4. Comportamiento temporal de las temperaturas de disparo de la mortalidad a lo largo de los últimos años. El ejemplo de Castilla- La Mancha en el periodo 1975-2003

Se van a exponer a continuación los resultados más relevantes de un estudio que se ha realizado en Castilla-La Mancha en el periodo 1975-2003 en el que se analizan cómo han evolucionado las temperaturas de mínima mortalidad y las del umbral de disparo de la mortalidad ante eventos térmicos en los últimos años, así como la variación de los efectos de estas temperaturas sobre la mortalidad diaria en este tiempo[11]. Para ello se ha dividido el periodo considerado en 3 etapas 1975-1984; 1985-1994 y 1995-2003. Las principales conclusiones de este estudio se exponen a continuación y pueden resumirse en:

1. Se ha producido en Castilla- La Mancha una evolución creciente de los efectos del calor sobre la mortalidad por todas las causas excepto accidentes de 1975 a 2003, puesto que:

   a. Se observa una disminución de la temperatura de confort de la primera a la segunda década estudiada, estadísticamente significativa ($p<0,05$) con las temperaturas máximas en la provincia de Toledo, y con las temperaturas mínimas en la provincia de Guadalajara de la primera década respecto de la tercera.

   b. Existe un aumento en el número de desfases o lags estadísticamente significativos en las FCC que reflejan los efectos retardados del calor sobre la mortalidad por causas orgánicas en la mayoría de las provincias de Castilla-La Mancha y en esta región considerada en su conjunto,

11.Mirón IJ. Análisis temporal y geográfico de las temperaturas de mínima mortalidad y del umbral de disparo de la mortalidad diaria en Castilla- La Mancha durante el periodo 1975-2003. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos, 2009.

sobre todo entre la primera y la segunda década.

c. Se obtienen coeficientes de correlación significativamente más altos ($p<0,05$) en el lag 3 de las FCC de verano con temperaturas máximas de la provincia de Toledo en la tercera década respecto de la primera, y en las correspondientes al conjunto de la región en el tercer periodo de años respecto del primero y segundo.

d. Se aprecian coeficientes de correlación significativamente más altos ($p<0,05$) en el lag 2 de las FCC de verano con temperaturas mínimas de la provincia de Guadalajara y en el desfase 1 del conjunto regional en la tercera década respecto de la primera.

e. Las temperaturas umbral de disparo de la mortalidad por calor por todas las causas excepto accidentes disminuyen durante el periodo de años estudiado en todas las provincias de la región castellanomanchega.

2. La influencia del frío sobre la mortalidad por causas orgánicas ha tenido una evolución decreciente en el mismo periodo de tiempo considerando las series de temperaturas mínimas puesto que el número de lags estadísticamente significativos disminuye de década en década en las FCC de invierno.

3. Los efectos del calor sobre la mortalidad son también más intensos e inmediatos que los del frío en Castilla- La Mancha ya que se concentran los primeros en los lags 0 a 4 y con coeficientes de correlación mucho más elevados que los del frío, que se encuentran sobre todo a partir del lag 4.

4. Las temperaturas máximas diarias son más apropiadas para detectar los efectos del calor sobre la mortalidad que las mínimas, y estas son más eficaces para detectar los efectos del frío en esta región porque con las primeras se hallan mayores coeficientes de correlación en las FCC de verano y mayor número de lags significativos ($p<0,05$) que con las segundas, así como temperaturas umbral de disparo de la mortalidad por calor en más periodos de tiempo y provincias. Por el contrario, con las series de temperaturas mínimas diarias aparecen mayores coeficientes de correlación y número de lags significativos en las FCC de los meses fríos que con las máximas, así como el único umbral de temperatura de disparo de la mortalidad por frío (en la provincia de Ciudad Real).

5. Para el establecimiento de umbrales provinciales de temperatura de disparo de la mortalidad en Castilla-La Mancha es necesario disponer de series de datos diarios de al menos catorce años puesto que a partir de ese número de años el análisis se estabiliza en todas las provincias.

6. El gran crecimiento porcentual de la población de mayor edad puede considerarse la principal causa del aumento de la asociación calor-mortalidad durante el periodo de estudio, sin que el paralelo crecimiento económico, con sus consiguientes mejoras estructurales (servicios sanitarios, hogares con refrigeración) haya sido suficiente para compensar lo primero, aunque probablemente sí para disminuir los efectos del frío sobre la mortalidad.

7. El incremento en el número de días con altas temperaturas en verano

durante estos años ha podido influir en la evolución de la relación del calor con la mortalidad aunque no se detecte un aumento estadísticamente significativo de las temperaturas máximas y mínimas diarias.

8. El dinamismo que se observa en la relación temperatura- mortalidad obliga a la revisión periódica de los planes de actuaciones que se puedan haber implementado para prevenir los efectos del calor o del frío sobre la población, en especial lo que se refiere a los umbrales de alerta a la población o temperaturas de disparo de la mortalidad.

5. Futuros escenarios climatológicos en relación a la temperatura debidos al Cambio Climático

5.1. Escenarios climatológicos previstos

El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático, publicado en 2007[12], refuerza aún más las evidencias de que nos encontramos en una fase de cambio climático debido en gran medida a la actividad humana. El aumento de la emisión de gases como dióxido de carbono o el metano a la atmósfera están potenciando el llamado efecto invernadero. Las proyecciones reflejan un incremento de la temperatura del aire en superficie para el año 2100 de entre 1,8 °C a 4°C, lo que representa un ritmo de cambio muy rápido, y supone un amplio abanico de incertidumbres en un futuro relativamente próximo, con potenciales consecuencias medioambientales, económicas, sociales, y sobre la salud.

Los escenarios más probables para los próximos años estarán caracterizados por un aumento de los extremos climáticos de todo tipo (olas de calor, sequías, precipitaciones intensas, etc.), pero sobre todo se informa que estos fenómenos serán muy distintos y de diferente intensidad dependiendo de las características geoclimáticas de la zona.

En el siglo pasado la temperatura anual media en la mayor parte de Europa ha crecido en unos 0,8 °C. La alarma ha sido particularmente alta durante las últimas dos décadas fundamentalmente en las latitudes medias y altas, detectándose diferencias regionales evidentes. El norte de Europa se mostró mucho más lluvioso pero, por contraste, Europa Central y el Mediterráneo fueron significativamente más secos.

En España se publica en el año 2005, coordinado por la Universidad de Castilla-La Mancha, una evaluación sobre los impactos por el cambio climático en nuestro país[13]. Entre otras predicciones el estudio prevé:

- Un progresivo incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo.

12. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: synthesis Report. Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva 2007.

13. Moreno JM, editor. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid: Universidad de Castilla – La Mancha 2005.

- Un aumento significativamente mayor en verano que en invierno.
- Una menor precipitación acumulada anual.
- Una mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales en relación con el clima actual.
- Una mayor frecuencia de días con temperaturas extremas, especialmente en verano.

Además el estudio presenta las proyecciones de una serie de modelos climáticos que prevén que los principales cambios, sobre todo en lo que a extremos térmicos se refiere, se producirán en el interior peninsular.

Otra aproximación realizada en el año 2010 para nuestro país en concreto es la realizada por la Agencia Estatal de Meteorología mediante la "generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España"[14]. En este trabajo se realizan distintas proyecciones en función de los diferentes escenarios de cambio climático. Así, si nos referimos a un escenario A2 (que es poco respetuoso con el medio ambiente en términos de emisiones y que puede calificarse de emisiones medias-altas), prevén para el segundo tercio del siglo XXI (2041-2070) incrementos en las temperaturas máximas que se sitúan entre 3 y 5 °C y entre 5 y 8 °C para el periodo 2070-2100. La distribución anual del cambio de temperatura máxima no es igual para todos los meses, mostrándose un mayor aumento de las temperaturas máximas en los meses de verano y un menor incremento en los invernales. Este efecto es más acusado en las regiones interiores de la Península.

En cuanto a la existencia de eventos térmicos con temperaturas extremadamente elevadas, otra publicación del año 2010 sitúa a nuestro país como uno de los más vulnerables al cambio climático y presta especial atención a la posible evolución de las olas de calor[15]. Este trabajo establece que de un promedio de 2 días de temperaturas veraniegas extremas en el período 1961-1990, se espera un promedio de 13 días entre 2021 y 2050, y de 40 días de 2071 a 2100. No solo aumenta la frecuencia de ocurrencia, sino también su duración e intensidad.

5.2. Impacto esperado sobre la salud

5.2.1. Previsiones sobre los efectos del calor

En la década de los noventa, un trabajo realizado sobre 44 ciudades de Estados Unidos calculó unos incrementos entre el 70% y el 100% de la mortalidad en verano en 2050, según se considerase un modelo más o menos conservador. Estimaciones más recientes apuntan a que el incremento de la mortalidad por calor en esa misma fecha en la región de la ciudad de Nueva York estará en un rango entre el 47% y el 95%, con un incremento medio del 70% respecto a 1990, localizándose un mayor número de muertes en las zonas

14. Agencia Estatal de Meteorología. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010.

15. Fischer EN, Schär C. Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heat-waves. Nature geoscience. Doi:10.1038/Ngeo866: 1-2.

con un mayor nivel de urbanización. Los posibles efectos de la aclimatación a estas nuevas circunstancias (p. ej. mayor uso del aire acondicionado, una habituación fisiológica, cambios en los comportamientos frente al calor, una política sanitaria activa frente a las olas de calor, etc.) podrían mitigar en parte este incremento pero nunca compensarlo totalmente, estimándose una reducción por estas medidas en torno al 25%. Últimamente se ha publicado, en el marco del Proyecto Europeo PHEWE (en el que están incluidas las ciudades españolas de Barcelona y Valencia) sobre el posible incremento de la mortalidad en el horizonte del año 2030 según diferentes escenarios del IPCC y concluye que la media de la fracción atribuible de muertes por calor será de un 2%, registrándose el mayor impacto en las ciudades mediterráneas[16] siendo este un fenómeno que aumentará en el futuro de acuerdo al incremento previsto de las olas de calor en frecuencia e intensidad.

Otros estudios similares realizados en otros países llegan a conclusiones más dramáticas que las del Proyecto PHEWE. En Lisboa se considera que las muertes en verano pueden aumentar 6 veces en el año 2050. En el Reino Unido se calcula que se elevarán un 250% las muertes al año en esa misma fecha y otro trabajo realizado en 6 ciudades australianas sobre personas mayores de 65 años estima un incremento anual de un 75%, también para ese año. En California un estudio regional calcula que en las últimas décadas del siglo XXI la mortalidad estival puede ser de 2 a 7 veces mayor a la actual, y eso teniendo en cuenta los posibles resultados positivos de la adaptación de las poblaciones a ese nuevo escenario climatológico.

5.2.2. Previsiones sobre los efectos del frío

En cuanto a los efectos del frío, un aumento global de las temperaturas podría hacer pensar que podría hacer disminuir la estacionalidad de la mortalidad, que como ya se ha visto tiene un marcado carácter invernal. Pero las predicciones de los expertos no son demasiado concluyentes al respecto.

En primer lugar la relación entre el frío y la salud esta condicionado por numerosas variables que hacen que no exista una relación unívoca ente ambas a lo largo de todo el planeta, sino que existen características locales que modifican el aumento de sus efectos. Factores sociales, económicos y culturales que no sabemos cómo evolucionarán en futuros escenarios de cambio climático. En segundo lugar el cambio climático no se define como un aumento lineal de las temperaturas en todas las latitudes, pudiendo existir particularidades climatológicas regionales que provoquen el aumento de fenómenos puntuales como tormentas, inundaciones o incluso olas de frío. Es decir el aumento de las temperaturas medias invernales no tiene porqué implicar una reducción en la frecuencia o gravedad de los episodios de frío extremo. Y en tercer lugar, no está del todo claro que este aumento de la mortalidad esté provocado simplemente por la propia influencia del frío. El papel que juegan variables como la estacionalidad de los cambios

16. Baccini M, Kosatsky T, Analitis A, Anderson HR, D´Ovidio M, Menne B et al. Impact of heat on mortality in 15 European cities: Attributable deaths under different weather scenarios. J Epidemiol Community Health, 2011; 65: 64-70.

hematológicos en las enfermedades circulatorias, o la estacionalidad de agentes infecciosos en las respiratorias y circulatorias, están todavía sin resolver. En todo caso, las estimaciones realizadas para analizar el comportamiento de la mortalidad con diferentes modelos de predicción consideran que el aumento de la mortalidad por calor será muy superior a la ligera reducción que se puede esperar de las muertes invernales. Por tanto, es necesario decir que un posible beneficio en la disminución de las enfermedades cardiorrespiratorias por frío nunca podría compensar el desastre sanitario que supondría el aumento de la malnutrición o las enfermedades transmisibles, fundamentalmente en los países pobres, o la mayor incidencia de desastres naturales como las tormentas o las inundaciones.

5.3. Otras consideraciones

Es especialmente difícil conjeturar sobre cuál va a ser el comportamiento de las poblaciones en un futuro escenario de cambio climático. Se sabe que la temperatura de confort varía con la latitud y existe una adaptación o habituación a las características climáticas locales. Pero todo hace pensar que un aumento rápido de las temperaturas hará difícil que las relaciones y hábitos de una sociedad cambien con una velocidad suficiente.

Si nos ceñimos a lo expuesto hasta ahora en esta monografía parece que los efectos del calor van a ser cada vez más importantes. La inmensa mayoría de los trabajos anteriormente citados son, desde nuestro punto de vista, especialmente simplistas, quizá por la dificultad de abordar el problema en toda su dimensión. No se trata únicamente de que vaya a haber más olas de calor, como indican los modelos climatológicos. Si se admiten como ciertos los resultados aquí mostrados de que las temperaturas de disparo de la mortalidad tienden a disminuir como consecuencia del envejecimiento de la población, el número de olas de calor aumentarán mucho más que las previstas en gran parte de los modelos que consideran las temperaturas umbrales inamovibles. Además todos los trabajos concluyen que el grupo más afectado será el de mayores de 65 años. Si nos atenemos a los datos del Instituto Nacional de Estadística para nuestro país, el número de mayores de 65 años constituyen, en el año 2010, el 16,83% de la población; para el 2019 será el 18,99% y para el 2049 será el 31,49%.

Con los datos anteriores lo que se quiere recalcar es que vamos a encontrarnos ante un escenario en el que las olas de calor van a ser cada vez más frecuentes y más intensas por dos motivos: cada vez la temperatura va a ser más elevada como consecuencia del cambio climático y el umbral de disparo de la mortalidad va a ser más bajo por el envejecimiento de la población. Además, el número de población susceptible al calor será cada vez más elevada como consecuencia del envejecimiento de la población, por lo que cabe esperar que sus efectos en salud sean cada vez más importantes.

Ante este panorama de preocupación la única opción válida, desde nuestro punto de vista, es la adaptación a estos efectos mediante la puesta en marcha de planes de actuación que minimicen los impactos sobre la salud. Ahora más que nunca estos planes han de estar diseñados de forma exhaustiva y con el máximo de información sobre el comportamiento sobre la salud de los eventos térmicos extremos. Desgraciadamente esto es algo que no

sucede en la actualidad con los planes de prevención vigentes, de ahí la necesidad e insistencia sobre su mejora.

6. Planes de prevención frente a extremos térmicos

6.1. Planes de prevención frente al calor. El Plan del Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad

Aunque la influencia de la temperatura sobre la salud era un hecho estudiado desde hace más de 30 años en Europa, no ha sido hasta la ola de calor de 2003 cuando las autoridades sanitarias europeas han comenzado a implantar de forma masiva medidas frente a los efectos del calor extremo. Los excesos de mortalidad que se registraron en Europa en ese verano han marcado un antes y un después en la adecuación y puesta en marcha de los planes de prevención en muchos países de este continente, que hasta esa fecha estaban muy alejados de los implantados en las ciudades de América del Norte, pudiendo decir que ese verano únicamente las ciudades de Lisboa y Roma tenían establecido un verdadero sistema de alerta en el caso de las olas de calor.

Solo un año después, en el verano de 2004, Francia, Portugal, Italia, Suiza, Inglaterra y Gales, y España, habían elaborado algún plan de prevención y alerta ante temperaturas cálidas extremas. Aunque con algunas variaciones locales todos ellos se basan en el mismo esquema[17]:

1. Se establece un periodo de tiempo determinado en torno al verano en el cual está vigente el programa (generalmente entre mayo y septiembre).
2. El territorio se divide en zonas de actuación, y para cada una se establece una temperatura umbral.
3. Existe una coordinación entre el sistema sanitario con el organismo meteorológico nacional, que es el encargado de activar la alerta cuando sus predicciones prevén que se va a superar la temperatura umbral.
4. Se establecen diferentes niveles de alerta en función de la gravedad prevista de la ola de calor.
5. Activado el sistema, el Sistema Nacional de Salud pone en funcionamiento las actividades establecidas en el plan.
6. El nivel, y por tanto las actuaciones que se llevan a cabo, aumentan con la duración de la ola de calor (el número de días que se rebasa el nivel).

Sin embargo existen diferencias que pueden ser fundamentales en cuanto a la eficacia de los distintos planes.

- Por supuesto, son distintas las zonas establecidas con una temperatura umbral homogénea, que dependerá de la organización territorial de cada país. En España la unidad territorial elegida es la provincia.
- También son diferentes las acciones predeterminadas para cada nivel de alerta y también en el grado de concreción de las mismas. El más elaborado a nivel nacional es sin duda el Plan National Canicule, de Francia, tanto en

17. Montero JC. Caracterización y cuantificación del impacto de los extremos térmicos sobre la mortalidad diaria en Castilla- La Mancha en el periodo 1975-2003. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos, 2010.

estructura como en grupos de riesgo localizados, y también en el número y complejidad de las acciones contempladas. En España en este aspecto se realiza solo un plan de mínimos, pero las medidas de actuación concretas son definidas por las comunidades autónomas. Para garantizar la coordinación entre las distintas administraciones se crea la Comisión Interministerial para la aplicación efectiva del Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.

- Los organismos encargados de realizar las diferentes acciones. En este caso depende de la organización política y funcional de cada país, pero también de las actividades implantadas y el grado de complejidad de las mismas. En España, dada la descentralización de las competencias en materia sanitaria, son las comunidades autónomas las encargadas de definir la estructura de la intervención y la distribución de las actividades.

- La forma de establecer el umbral y los niveles de alerta. En España, el Plan del Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad expone que como norma general se considera el percentil 95% de las series históricas de las temperaturas máximas y mínimas diarias de las capitales de provincia en verano. Como excepciones, para las estaciones de clima suave con baja oscilación térmica diaria, zonas marítimas principalmente, del norte y noroeste peninsular, el percentil 95% de la serie histórica de temperaturas máximas absolutas veraniegas. Análogamente en las estaciones de clima continental, el umbral considerado para la temperatura mínima corresponde al percentil 95% de las series de temperatura mínima más altas del verano. En Inglaterra y Gales el criterio es parecido.

Por su parte en el plan nacional Canicule, de Francia ha sido elaborado mediante un análisis de la frecuencia de treinta años de la mortalidad diaria y de diferentes parámetros e indicadores meteorológicos. Además los resultados son completados por un análisis de criterios cualitativos (situación meteorológica, calidad del aire, situación sanitaria,…). Esto permite disponer de una parámetro de decisión, que aunque sea ambiental, está basado en cambios sanitarios de la población. Por su parte Portugal basa el plan en un indicador de alerta al que denominan Índice ICARO elaborado con parecidos criterios a los de Francia.

6.2. Planes de prevención frente al frío

En la actualidad no existe en España ningún plan de acción para la prevención de temperaturas extremadamente bajas a nivel nacional, aunque sí en algunas comunidades autónomas, como la valenciana, ya han visto la necesidad de planificar las actividades concretas para anticiparse a los efectos del frío. También son mucho más infrecuentes en el resto del mundo que los elaborados para el calor. Aunque a la luz de todo lo expuesto anteriormente es evidente que es necesario implantar programas de prevención específicos contra el frío, más allá de establecer medidas puntuales para algunos días y algunos grupos de población aislados.

6.3. Utilidad de los planes de prevención. Evaluaciones

Existen bastantes lugares donde los planes de prevención frente a las olas

de calor llevan implantados más de una década. Y sobre alguno de ellos han realizado evaluaciones sobre su efectividad y/o eficiencia. Por ejemplo, en Philadelphia se desarrolla en 1995 uno de los primeros planes específico frente a temperaturas extremas. Los autores de su evaluación consideran que "el costo económico se considera prácticamente ruido comparado con el beneficio de haber salvado 117 vidas en 3 años" en los 45 días que se activó entre años los años1995 y 1998.

En Miwaukee se comparan las olas de calor de 1995 y 1999, que sucedieron antes y después de ponerse en marcha el plan de prevención respectivamente, y se calcula que la reducción en el número de muertes fue del 17%, y del 51% en el servicio de emergencias médicas. También en Shangai se observa un descenso en el número de muertes entre las olas de calor de 1998 y 2003 justificándolas por las acciones desarrollas tras la implantación del sistema de prevención.

Más recientemente se ha llevado a cabo una evaluación de las medidas preventivas adoptadas en Francia tras el verano de 2003. En ella los resultados resultan igualmente espectaculares. Analizando la ola de calor sucedida en 2006 se estima que existió un incremento de 2.065 muertes en el periodo entre el 11 y el 28 de julio, lo que supone un 9% de exceso frente la mortalidad basal. Las muertes esperadas, si se hubieran mantenido las mismas condiciones que en 2003, eran 6.452, que en porcentaje de sobremortalidad significaban un 27%. Esto supone una disminución en el número total de muertos de 4.388. El mayor impacto se produjo en mayores de 75 años, donde la reducción fue de 5.080 muertes en exceso esperadas (incremento del 34%) a 1.254 (incremento del 8%). Y en el grupo de edad de 55 a 74 años la reducción fue también importante de una sobremortalidad de 1.141 esperadas a 399 observadas. Otro hecho destacable es que, aunque la mayor mortalidad se siguió registrando en las mujeres, la reducción en la mortalidad de estas frente a la esperada fue casi el doble que en hombres.

Por tanto parece evidente que un buen sistema de prevención frente a las temperaturas elevadas ayuda a reducir el impacto de estas sobre la salud, si bien se debe tener en cuenta que los cuatro últimos planes mencionados, y la mayoría de los descritos para las ciudades de Estados Unidos, tienen grandes diferencias en cuanto a la forma de determinar el umbral, los periodos en los que se mantiene al alerta, y sobre todo en el grado de concreción de las actividades a desarrollar con respecto al implantado en España.

6.4. Aspectos que deben ser mejorados en los planes de prevención actuales[18]

Cuatro aspectos que se consideran fundamentales en la fase de diseño de un Plan de Prevención por Extremos Térmicos sobre la Salud.

6.4.1. Cómo se establecen regiones con una temperatura umbral homogénea

18. Montero JC, Mirón IJ, Criado-Álvarez JJ, Linares C, Díaz J. Posibilidades de mejora en los planes de prevención frente al exceso de temperaturas. Rev Esp Salud Pública, 2010;84:137-49.

Lo primero que se debe asegurar es que la exposición a la temperatura de la población diana es la que se considera en el plan de prevención. En el caso de España se ha considerado que una de las estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) es suficiente para representar las temperaturas medias a las que se verá sometida la población de toda una provincia. Pero características locales como la orografía (cadenas montañosas, proximidad a grandes masas de agua, etc.), o el efecto de isla térmica de algunas grandes ciudades podría cambiar mucho las condiciones meteorológicas a las que se ven sometidos los habitantes de las distintas localidades de una provincia. En un trabajo realizado en tres ciudades italianas encuentran que en Milán existe una gran diferencia en calcular la temperatura aparente, parámetro que utilizan para estudiar los extremos térmicos, con los datos de la estación meteorológica del aeropuerto o una del interior de la ciudad, mientras que en Turín y Roma los valores de exposición obtenidos son muy similares.

6.4.2. Qué criterio se elige para definir la temperatura umbral que dispare la alerta por extremos térmicos

Un criterio estadístico-meteorológico como el definido para España y para Inglaterra y Gales, en el que una vez conocida una serie de temperaturas diarias de los últimos años se definen como días con ola de calor aquellos que superen un determinado percentil. O un criterio que tiene en cuenta la relación entre la temperatura y la mortalidad, como los de Francia o Portugal en los que el punto de disparo se determina por el grado de vulnerabilidad de la población al estrés por calor.

En este último criterio se activaría el plan de alerta cada vez que se alcanzase una temperatura que se ha comprobado que provoca daños en salud. En el definido por el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, cuando bajo criterios meteorológicos, se considera que se ha llegado a una temperatura extrema. La consecuencia de este segundo criterio es que se toma la decisión de adoptar o no medidas en salud, pero sin haber considerado ningún indicador sanitario.

A modo de ejemplo, si se siguiese este criterio, no se habría registrado ningún día de alerta por extremos térmicos de calor entre 1974 y 2003 en Guadalajara, sin embargo, durante la ola de calor de 2003, si se detectó un incremento en la mortalidad. Por tanto se debe reflexionar que caracterizar una ola por extremos térmicos solamente por la serie histórica de temperaturas significa no tomar en cuenta todo el conjunto de conocimientos que se tienen hasta el momento de los efectos de la temperatura sobre la salud humana. Como se ha visto, múltiples factores modifican la relación entre la temperatura y la mortalidad, nivel de urbanización, composición sociodemográfica, estilos de vida, etc.

6.4.3. Durante cuánto tiempo se debe mantener la alerta tras su inicio

Como se ha expuesto con anterioridad, los efectos del calor se mantienen en el tiempo. Por tanto tras producirse un día con una temperatura extrema, la alerta se debe mantener durante varios días, al menos tres según nos indica la bibliografía. Aunque luego lo más adecuado es la realización de un estudio retrospectivo que analice durante cuánto

tiempo se detectan en cada población los efectos de una ola de calor. Sirva como ejemplo que el no haber tenido en cuenta este comportamiento es el argumento que se esgrime para justificar la diferencia de efectividad de los planes de prevención de Chicago (Illinois) y St Louis (Missouri) durante la ola de calor de 1999.

6.4.4. Qué nivel de alerta se debe activar

En cuanto al nivel de alerta que se debe activar es evidente que los efectos de la ola de calor estarán modulados por la duración de la misma, pero también por otros factores como la temperatura a la que se ve sometida habitualmente la población o la época del año en que se produce. Por tanto basar el criterio para caracterizar la gravedad de una ola de calor en una sola característica significa no tener en cuenta todo el conjunto de factores que condicionan la peligrosidad de un extremo térmico.

6.4.5. Cuál es el perfil de las personas de más riesgo

Un plan bien diseñado debe tener localizado el perfil de las personas de más riesgo. Esto tendrá dos utilidades fundamentales:

a. Es la base para una localización rápida de los grupos de riesgo a los que deben dirigirse las actividades de prevención y para la implantación de unas medidas realmente eficientes.

b. Es una herramienta fundamental para la vigilancia activa de los efectos de un extremo térmico.

6.4.6. Necesidad de la existencia de un protocolo con las actividades en salud a activar en caso de alerta

La eficiencia de un plan sobre extremos térmicos va a depender en gran medida de la existencia de un protocolo de actuaciones bien definidas en salud pública, en los servicios sociales y en la actividad asistencial y en una adecuada coordinación entre ellas. Una vez identificadas las características de las situaciones de mayor riesgo para la población, con una metodología adecuada, basada en evidencias en salud y para cada situación geográfica concreta, como la que aquí se propone, y conocida y localizada la población más vulnerable, es fundamental establecer a priori las actividades idóneas para cada nivel de riesgo establecido y dirigidas de forma específica a cada grupo identificado.

7. Propuestas de investigación e intervención

Aunque hay una tendencia creciente en este tema dirigida a la investigación sobre los posibles impactos en la salud de los eventos térmicos extremos en diferentes escenarios climáticos y en distintos horizontes temporales, pensamos, que pese a la importancia de estos trabajos, que permitirían la identificación de las zonas más vulnerables, en nuestro país es más importante la realización de investigaciones cuyo objetivo sea la optimización de los Planes de Prevención ya que son la única opción para minimizar los impactos en salud ante el cambio climático que ya está teniendo lugar. Por tanto las líneas de investigación e intervención pasarían por un adecuado diseño de estos

Planes de Prevención. Este aspecto lleva una importante investigación de base que todavía en nuestro país no se ha realizado y que abarcaría, entre otros, los aspectos que a continuación se detallan.

En primer lugar es necesario conocer, al menos a nivel de capital de provincia, y para cada una de las capitales del estado español, la temperatura de disparo de las olas de calor y de frío, mediante estudios epidemiológicos que relacionen la temperatura con la mortalidad. Este paso es imprescindible para poder activar las posibles alarmas ante eventos térmicos extremos. Así mismo, es necesario cuantificar, a nivel provincial, el impacto de la temperatura sobre la mortalidad según diferentes grupos de edad y causas específicas, introduciendo todas aquellas variables que puedan resultar relacionadas con esta asociación (humedad relativa, presión, variables relacionadas con contaminación atmosférica, epidemias de gripe, variables de tipo polínico, etc.). Lo anterior permitirá conocer cuáles son los grupos más afectados y en qué proporción lo son y por qué enfermedades específicas. Si se quiere optimizar los recursos y diseñar unas actividades frente a los extremos térmicos realmente eficientes es necesario caracterizar con la mayor precisión posible el perfil social, económico y patológico de la población que con mayor frecuencia se asocian con estos y, por tanto, a los que nos debemos dirigir.

Es preciso investigar como afectan las temperaturas extremas a otros indicadores sanitarios como pueden ser los ingresos hospitalarios o los servicios de atención primaria. Se debe conocer si es preciso reforzar las urgencias hospitalarias y en caso afirmativo por qué enfermedades y en qué proporción. También es necesario conocer cuánto tiempo tiene que estar activado este plan o el momento a partir del cuál ha de activarse. Este tipo de estudios debería hacerse, al menos a nivel provincial o en un hospital de suficiente entidad para que los resultados obtenidos fueran extrapolables a toda la provincia. Así mismo, hay que analizar cómo se ven afectados los servicios de atención primaria con el objeto de reforzar aquellos que fueran necesarios.

Lo anterior permitiría a los servicios sociales identificar los grupos de riesgo sobre los que actuar y las medidas que se deben adoptar para minimizar los efectos de los extremos térmicos.

Es preciso activar servicios de alerta dirigidos directamente a las personas de riesgo. Está demostrado que los anuncios en los medios de comunicación masivos (televisión, radio, etc.) tienen escaso efecto ante olas de calor y frío.

Por último es precisa la realización de campañas de información dirigidas a los grupos de riesgo identificados para que sean conscientes de la importancia del seguimiento de las posibles recomendaciones que les suministren.

Somos conscientes de que las líneas de investigación y las propuestas de actuación planteadas son muy ambiciosas y van acompañadas de un extenso trabajo tanto de recopilación de datos como de análisis de los mismos, pero también conocemos de la imperiosa necesidad de contar con un mecanismo de defensa ante estas temperaturas extremas que, como se ha reiterado en esta monografía, van a ser cada vez más frecuentes y más intensas.

3.1.2. Eventos extremos y cambio climático. Efectos en la salud

1.- Introducción

1.1. Escenarios de cambio climático

Según el Grupo Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), un escenario de cambio climático es una descripción verosímil y a menudo simplificada del clima futuro, sobre la base de una serie intrínsecamente coherente de relaciones climatológicas, elaborada para ser expresamente utilizada en la investigación de las posibles consecuencias de los cambios climáticos antropógenos y que suele utilizarse como instrumento auxiliar para la elaboración de modelos de impacto. Las proyecciones climáticas sirven a menudo como materia prima para la creación de escenarios climáticos, pero estos suelen requerir información adicional, como datos sobre el clima observado en la actualidad[1].

En un escenario de cambio climático ha de tenerse en cuenta, por un lado, el propio modelado climático (que comprende el estudio de la evolución pasada del clima, su modelización, y su proyección en el futuro) y, por otro, las estimaciones socioeconómicas futuras (población, economía, etc.) que determinan cómo pueden variar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Como resultado, tenemos 'Escenarios integrados' más sofisticados que el puro modelado climático.

En definitiva, las dimensiones de los escenarios serán fundamentalmente cuatro relacionados en dos vectores: el global-regional por un lado y el económico-medioambiental por otro[2].

Las principales fuentes de incertidumbre en los escenarios de cambio climático (utilizados para evaluar los impactos potenciales) son: a) incertidumbre en las emisiones, b) incertidumbres en la variabilidad natural, y c) incertidumbres asociadas a los modelos climáticos.

Los escenarios de cambio climático (ECC) usados para describir un posible estado futuro del mundo están basados en primer lugar en las condiciones climáticas observadas (generalmente durante un periodo de treinta años, siendo el más empleado el periodo 1961-1990) denominadas "escenario base". Por otro lado, incluyen el cálculo de determinadas condiciones futuras sobre emisiones de gases de efecto invernadero, relacionadas con posibles condiciones socioeconómicas futuras, lo que permite formarnos un concepto de las posibles condiciones de desarrollo global en función de las variables: estado, crecimiento poblacional y economía para distintos periodos de tiempo. Para la generación de ECC de aplicación a estudios de impacto se hace necesario considerar más de un escenario socioeconómico-ambiental. Este tipo de escenarios han sido documentados por el IPCC en el Informe Especial de Escenarios de Emisiones1,2 y aplicados con

1. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Xiaosu D (eds.). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, 2001. Cambridge University Press, 944 pp. http://www.csun.edu/~hmc60533/CSUN_630E_S2004/climate%20change/climate_change_2001_tech_summary.pdf

2. Nakicenovic N. et al. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working. Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, 2000. Cambridge University Press, 599 pp. Overview1:http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf Overview2:http://www7.nationalacademies.org/hdgc/SRES_Presentation_by_Nebojsa_Nakicenovic.pdf

diferentes modelos de circulación general (MCG).

Las posibles ECC que se contemplan son los siguientes[1] (Figura 1):

- A1: Rápido crecimiento económico; la población alcanza un máximo en la mitad del siglo XXI; existe una convergencia social, cultural y económica entre regiones; dominan los mecanismos de mercado.
- Subdivisiones:
  - A1F1: Dependencia de combustibles fósiles
  - A1T: No dependencia de combustibles fósiles
  - A1B: Un balance entre diferentes fuentes de combustibles
- A2: Auto dependencia; preservación de las identidades locales; incremento continuo de la población; crecimiento económico a escalas regionales.
- B1: Tecnologías limpias y eficientes; reducción en el uso de materiales; soluciones globales para la sostenibilidad económica, social y medioambiental; mejora en la igualdad; la población alcanza un máximo en la mitad del siglo XXI.
- B2: Soluciones locales a la sostenibilidad; incremento continuo de la población a una escala menor que para el A2; cambios tecnológicos menos rápidos que en B1 y A1.

Los modelos climáticos globales son considerados una herramienta fundamental en la simulación de la atmósfera y del océano a escala global, así como para la generación de los ECC. Los posibles cambios en las variables climáticas y del nivel del mar, simuladas por los MCG, se han enlazado con los distintos escenarios de emisiones y concentraciones futuras de los gases de efecto invernadero y de aerosoles (dependientes del desarrollo de las condiciones socioeconómicas), para generar proyecciones de variables climáticas futuras (Figura 2).

Figura 1. Evolución prevista de emisiones en cada uno de los escenarios de emisiones. Fuente: IPCC (2001) [1].

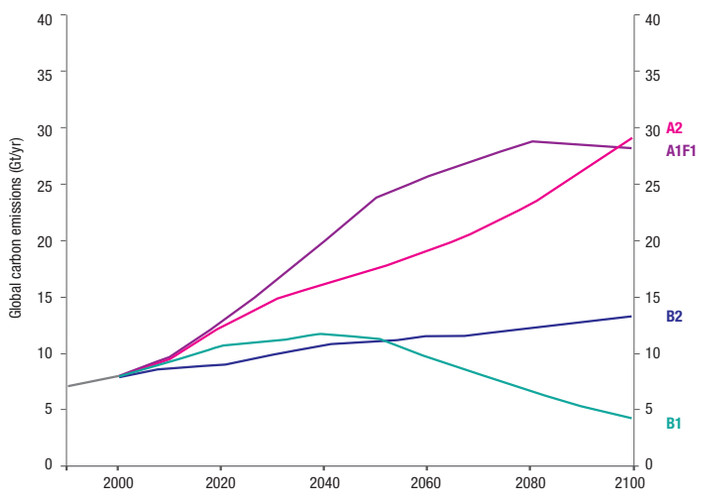
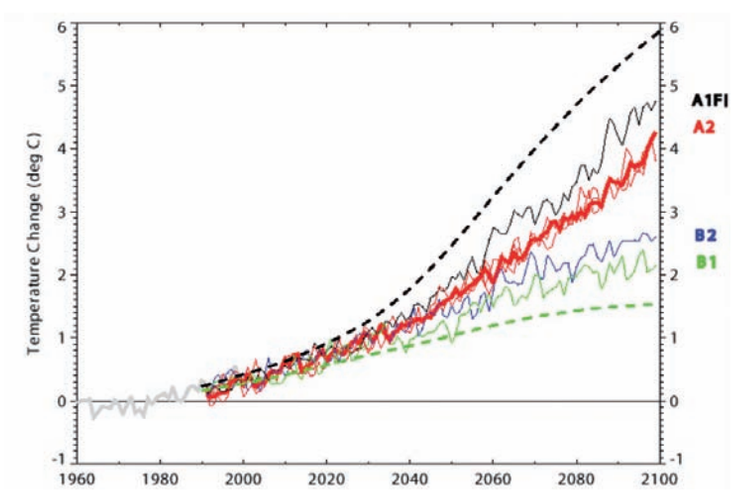


Figura 2 Evolución prevista de la temperatura según los modelos climáticos globales (MCG) para cada uno de los escenarios de emisiones. Fuente: IPCC(2001) [1].



En todo caso, solo cuando los MCG se combinan con modelos regionales, se tiene el potencial de suministrar estimaciones físicas sobre la magnitud del cambio climático nacional-regional.

1.1.1. Ventajas y desventajas de usar salidas de MCG para construir escenarios climáticos

Ventajas.

- Son las herramientas más creíbles disponibles actualmente para simular la respuesta del sistema climático global según la diferente composición atmosférica.
- Proveen de información físicamente coherente.
- Muchas variables (potencialmente) disponibles.

Desventajas.

- Requieren gran cantidad de recursos para realizar las corridas de los MCG y almacenar sus salidas.
- Resolución espacial grosera comparada con las escalas requeridas para la mayoría de los estudios de impacto.
- Dificultades para distinguir una señal antropogénica del ruido de la variabilidad interna de los modelos.
- Inconsistencia en la sensibilidad climática entre los modelos.

1.2. Definición de eventos meteorológicos extremos

Se llama evento extremo[3] a un evento que es raro en un determinado lugar y estación (un evento extremo puede salir del percentil 10 o 90). Los extremos varían de un lugar a otro. Un extremo en un área específica puede ser común en otra. Los eventos extremos no pueden ser atribuidos al cambio climático, ya que se pueden dar de manera natural, sin embargo se espera que el cambio climático pueda incrementar la ocurrencia de eventos extremos. Entre los eventos extremos se incluyen inundaciones, sequías, tormentas tropicales y olas de calor.

Elementos meteorológicos que pueden ser causa de eventos extremos serían huracanes, tornados, trombas marinas, complejos convectivos de mesoescala, y en general aquellos procesos que causan lluvias torrenciales, granizo, olas de calor y de frío, heladas intensas, inundaciones, exacerbación de las pleamares y vientos intensos. También, si un patrón de tiempo persiste de forma inhabitual, afectando al tiempo normal de una estación del año, se considera dentro de la fenomenología de los extremos, por ejemplo una sequía persistente, o un exceso de lluvias continuadas; también una inusual persistencia de temperaturas altas o bajas para la época del año.

1.3. Vinculación con el cambio climático

Es comúnmente aceptado que, aparte de una tendencia de largo plazo, las

3. S. Salomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, et al.(eds.) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (IPCC 2007) Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

primeras consecuencias del cambio climático se expresan en un aumento de la frecuencia de eventos extremos, tanto en un sentido como en el contrario, a pesar de que a largo plazo la tendencia de fondo sea al calentamiento, o al aumento de la sequía. Ello supone la necesidad de aplicar un esfuerzo de adaptación (anticipación) al cambio climático, para mitigar sus efectos.

La gestión de riesgos climáticos engloba la adaptación al cambio climático, la gestión de los riesgos y de los sectores del desarrollo. Es un enfoque de toma de decisiones que considera aspectos sensibles al clima para promover un desarrollo sostenible reduciendo la vulnerabilidad asociada con el riesgo climático. La gestión de riesgos climáticos implica estrategias "de las cuales no arrepentirse" (eng. *no regret*) para maximizar los productos positivos y minimizar los productos negativos del desarrollo en las comunidades y sociedades en áreas sensibles al cambio climático, como la agricultura, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, salud y otros. Las medidas o estrategias *no regret* significan tomar las decisiones relevantes en el sentido de adaptación al cambio climático, que de todas maneras también toman sentido desde el punto de vista del desarrollo, aunque la amenaza climática específica no llegara a manifestarse en el futuro[4].

En resumen, todos los anteriores puntos se conectan en el proceso y necesidad de crear políticas nacionales de respuesta, adaptación y mitigación, ante el cambio climático (Figura 3), que respondan a la proyección de impactos de cambio climático (Figura 4).

Figura 3. Resumen esquemático de la vinculación entre los escenarios de cambio climático y las políticas nacionales de respuesta. Fuente: IPCC (2001[1] y 2007[3]).

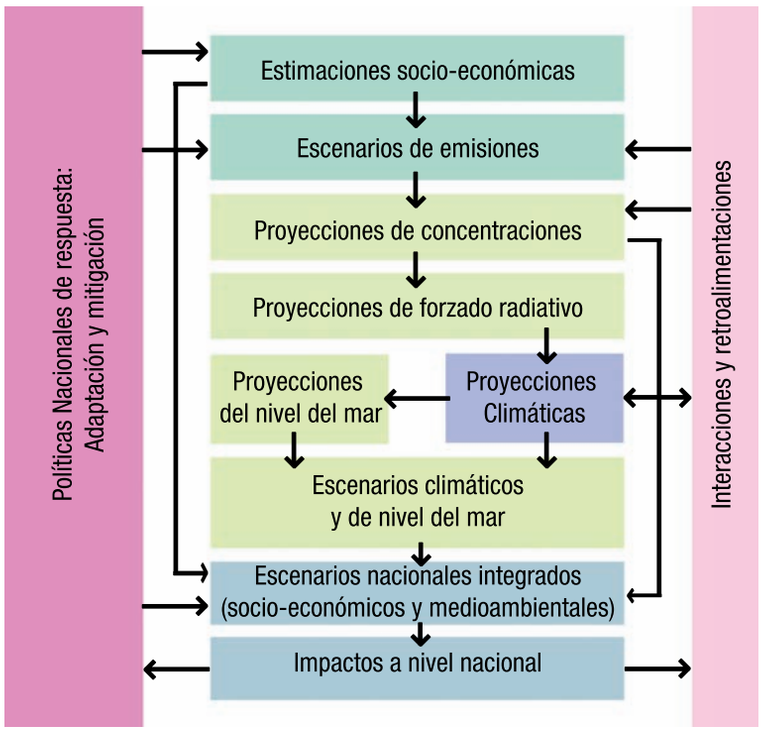
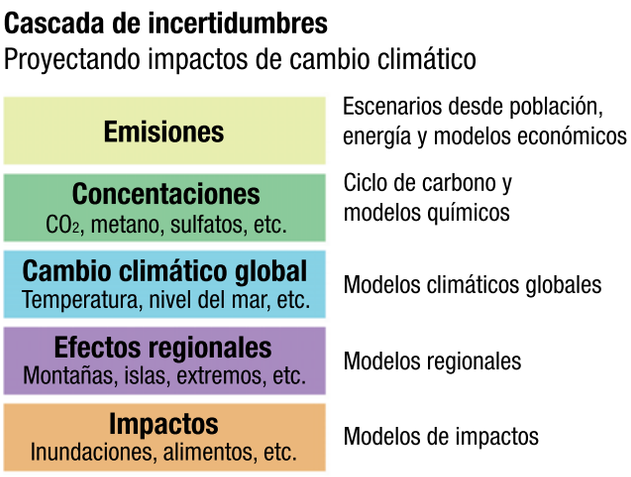


Figura 4. Cascada de incertidumbres. Fuente: IPCC (2001[1] y 2007[3]).

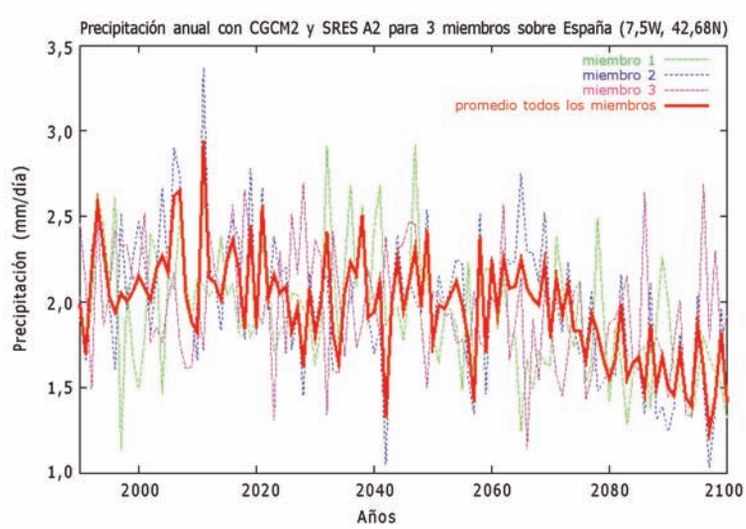


4. Hellmuth ME, Moorhead A, Thomson MC, Williams J. (eds). Climate Risk Management in Africa: Learning from Practice. New York: Columbia University. International Research Institute for Climate and Society (IRI); 2007

2.- Peculiaridades del territorio español con respecto al cambio climático, y sus tendencias asociadas respecto a los eventos extremos

Los principales eventos extremos, o riesgos climáticos, que afectan a la Península son los derivados del carácter de las precipitaciones, como son las sequías y las precipitaciones extremas. Y en segundo lugar también son muy importantes los derivados de las temperaturas, como son las olas de calor, las heladas y olas de frío. Existen otros eventos de importancia general menor, aunque más localmente también pueden ser significativos, como son las granizadas y los temporales de viento. El resto de riesgos tienen ya una importancia más marginal dentro de la Península Ibérica.

Figura 5. Evolución de la precipitación anual sobre un punto de rejilla (7,5°O, 42,68°N) en la Península Ibérica calculado para tres miembros de un ensemble del modelo global CGCM2 correspondientes al escenario de emisión SRES A2. La línea gruesa representa el promedio sobre todos los miembros del ensemble. Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009)[6].



Precisamente, las perspectivas que arrojan los modelos globales de cambio climático sobre España señalan tendencias en las precipitaciones y la temperatura que pueden conllevar un aumento de los riesgos derivados de las sequías, precipitaciones extremas y olas de calor, como hechos más relevantes.

2.1. Sequías

Los períodos de sequía en España se deben al desarrollo de sistemas de bloqueo anticiclónico euro-atlánticos ligados a una circulación de bajo índice zonal (flujo del Oeste debilitado y formando grandes sinuosidades). Generalmente esto causa la migración del anticiclón de Azores hacia el Noreste, afectando de lleno a la Península Ibérica. Si la situación se prolonga, da lugar a la sequía. Hay casos particulares dentro de la propia Península, de modo que, por ejemplo para el caso de la fachada mediterránea peninsular, una situación persistente de vientos del Oeste (que sí dejan lluvias en otras partes peninsulares), alternándose con situaciones anticiclónicas en vez de advecciones mediterráneas, también da lugar a periodos secos que pueden ser prolongados.

La perspectiva futura que arrojan los MCG para España es de un ascenso latitudinal del cinturón de vientos zonales del Oeste, lo que da lugar a una perspectiva probable de que estos fenómenos extremos de sequía vayan haciéndose más frecuentes sobre la Península Ibérica en el futuro. Dicho de otro modo, con las sinuosidades propias del flujo general del Oeste, el anticiclón de Azores se establecerá sobre la Península con mayor facilidad, dando así lugar a sequías más

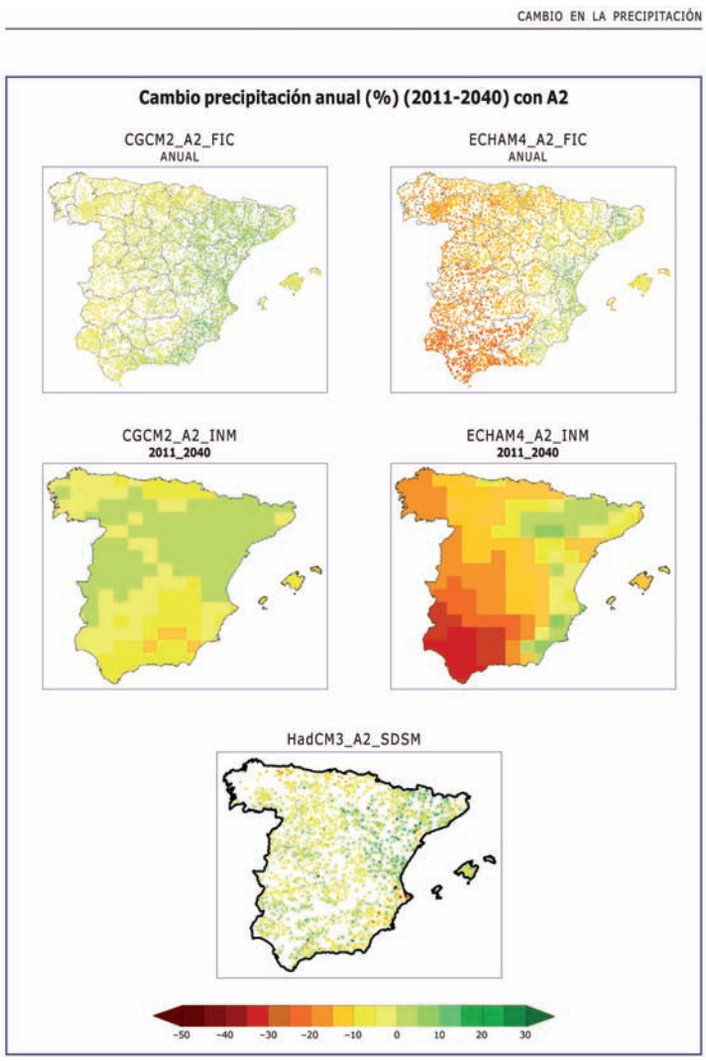
frecuentes, y tendencias de largo plazo a disminuir la precipitación (Figura 5).

Sin embargo, esa misma mayor propensión a las sinuosidades por parte de la circulación general del Oeste, también podría implicar un aumento en la gestación de borrascas frías aisladas sobre el Mediterráneo, y mayor frecuencia del mecanismo de 'frente de retroceso'[5] en la fachada este peninsular. De hecho, al aplicar las proyecciones de los modelos regionalizados aparecen diferencias dentro de la Península del posible grado de cambio en la precipitación (Figura 6). La mayoría de estos modelos determinan un flujo del Oeste a mayor latitud, y por tanto una mayor tendencia a las sequías en el oeste y suroeste peninsular, mientras que la fachada mediterránea podría verse favorecida por los temporales de Levante[6].

No obstante, la estructura de la precipitación asociada a temporales de Levante se determina por su elevada irregularidad, propensión a lluvias torrenciales, y por no escapar de su alternancia con largas rachas secas, con lo que tampoco los sectores a su favor escaparían a un probable aumento de sequías.

De hecho, otros estudios en el ámbito mediterráneo y peninsular sobre tendencias que ya se han producido en los últimos 50 años[7] ya hablan de una tendencia real a la disminución de las lluvias más 'regulares' de origen atlántico, en contraposición a las lluvias

Figura 6. Comparación del cambio de precipitación anual para el periodo 2011-2040 respecto al escenario base (1961-90). Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009)[6].



5. Estrela MJ, Millán MM, Peñarrocha D, Pastor F. De la gota fría al frente de retroceso. Las precipitaciones intensas en la Comunidad Valenciana. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo - CEAM. Centro Francisco Tomás y Valiente. 2002 Valencia, España. 260 pp.

6. Brunet M, Casado MJ, de Castro M, Galán P, López JA, Martín JM et al. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Agencia Estatal de Meteorología. Madrid. 2009. http://www.aemet.es/documentos/es/elclima/cambio_climat/escenarios/Informe_Escenarios.pdf

7. Millán M, Estrela MJ, Miró JJ. Rainfall components: variability and spatial distribution in a mediterranean area (Valencia Region). 2005. Journal of Climate, 18 (14), pp. 2682-705. http://www.ceam.es/ceamet/investigacion/publicaciones/JCLIM_RainfallComponents.pdf

Figura 7. Variación decadal en el total acumulado de precipitación ocurrida bajo episodios menores a 30mm/día en comparación a idem ocurrida bajo episodios mayores a 125mm/día en un promedio de estaciones con más de 30 años en la Comunitat Valenciana. Fuente: Rainfall Components: Variability and Spatial Distribution in a Mediterranean Area (Valencia Region) (Millán et al. 2005)[7].

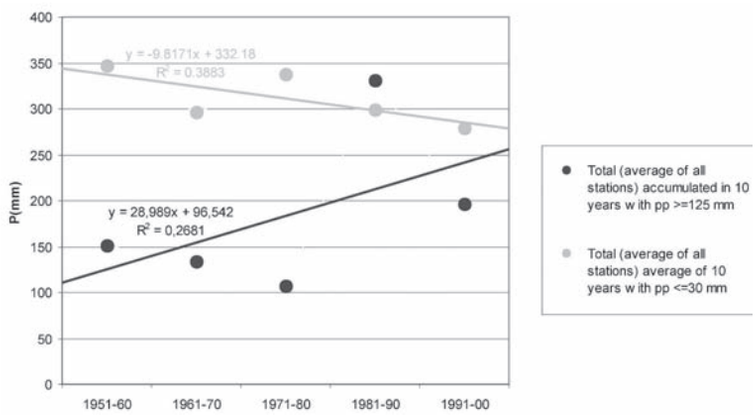
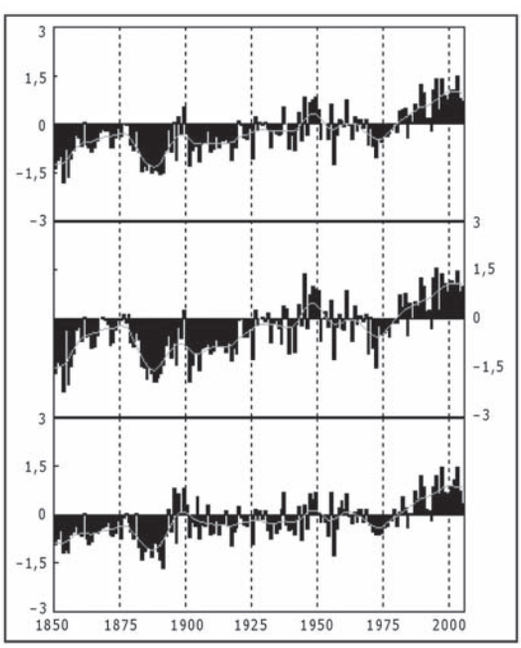


Figura 8. Variaciones interanuales (1850-2005) de las anomalías promedio anual de las temperaturas medias (panel superior), máximas (intermedio) y mínimas (inferior) diarias, suavizadas por un filtro gaussiano de 13 términos (línea gris). Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009)[6].



'irregulares' de origen mediterráneo, que se mantienen o incluso aumentan (Figura 7). Esto se apoya con estudios que señalan una tendencia al aumento de la propia variabilidad interanual de la precipitación en la segunda mitad del siglo XX [8].

2.2. Precipitaciones extremas

Lo anterior conecta con otro riesgo climático de suma importancia para el ámbito peninsular, el de las precipitaciones extremas. Las anteriores consideraciones no solo implican un posible aumento de las sequías, sino también una tendencia a aumentar los episodios torrenciales (Figura 7).

En cualquier caso, todas las proyecciones acerca de precipitaciones tienen un grado de incertidumbre bastante elevado, mayor que el de temperaturas, ya que, a diferencia de estas, no existe el mismo consenso en los modelos regionales y globales. De hecho, en los totales anuales de precipitación no existen tendencias claras durante los últimos 50 años, aunque, como hemos señalado, sí se ha probado una tendencia al aumento de su irregularidad y a un cambio en la propia estructura (origen y génesis) de la precipitación.

2.3. Olas de calor, olas de frío y heladas

Los siguientes riesgos (eventos extremos) para el caso peninsular, en

8. Almarza C. La estructura de la precipitación como índice de detección de cambio climático. Asamblea de Geodesia y Geofísica de Valencia. 4-8 Febrero 2002. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.

orden de importancia, son los derivados de las temperaturas, o sea, olas de calor, olas de frío y heladas.

El escenario actual ya presenta para el último siglo y medio una tendencia al aumento de las temperaturas para el conjunto de la Península de alrededor de 1 °C (Figura 8).

Si se analizan los datos estacionales, se revela que las mayores tendencias al ascenso han acontecido en primavera y verano para los últimos 25 años (Tabla 1).

Tabla 1. Tendencias anuales y estacionales de las temperaturas diarias (en °C/década) junto a sus intervalos de confianza al 95% calculadas para diversos periodos. En negrita coeficientes significativos al 1%. Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009) [6].

PERIODOS	1850-2005	1901-2005	1901-1949	1950-1972	1973-2005
			Temperaturas medias diarias		
Anual	**0,10** (0,08/0,12)	**0,13** (0,10/0,16)	**0,22** (0,11/0,31)	-0,19 (-0,53/0,12)	**0,48** (0,36/0,66)
Invierno	**0,10** (0,07/0,14)	**0,14** (0,08/0,20)	0,10 (-0,08/0,32)	0,11 (-0,58/0,68)	0,27 (-0,09/0,56)
Primavera	**0,08** (0,05/0,12)	**0,12** (0,06/0,17)	**0,25** (0,06/0,43)	-0,52 (-1,03/0,05)	**0,77** (0,54/0,97)
Verano	**0,09** (0,06/0,11)	**0,13** (0,08/0,18)	**0,23** (0,07/0,38)	-0,29 (-0,71/0,13)	**0,67** (0,41/0,92)
Otoño	**0,10** (0,07/0,13)	**0,12** (0,08/0,17)	**0,26** (0,09/0,42)	-0,08 (-0,57/0,53)	*0,29* (0,02/0,58)
			Temperaturas máximas diarias		
Anual	**0,11** (0,09/0,14)	**0,17** (0,13/0,21)	**0,37** (0,25/0,46)	-0,28 (-0,74/0,16)	**0,51** (0,34/0,66)
Invierno	**0,12** (0,09/0,15)	**0,16** (0,10/0,21)	0,18 (-0,02/0,36)	-0,04 (-0,61/0,62)	*0,35* (0,06/0,60)
Primavera	**0,11** (0,06/0,15)	**0,17** (0,11/0,23)	**0,37** (0,16/0,60)	-0,62 (-1,38/0,09)	**0,82** (0,53/1,15)
Verano	**0,10** (0,06/0,13)	**0,18** (0,12/0,24)	**0,44** (0,27/0,64)	-0,30 (-0,88/0,17)	**0,73** (0,43/1,04)
Otoño	**0,12** (0,09/0,15)	**0,17** (0,10/0,22)	**0,44** (0,26/0,64)	-0,12 (-0,84/0,70)	0,13 (-0,17/0,47)
			Temperaturas mínimas diarias		
Anual	**0,08** (0,06/0,10)	**0,09** (0,06/0,12)	0,08 (-0,02/0,18)	-0,13 (-0,51/0,14)	**0,47** (0,31/0,65)
Invierno	**0,09** (0,06/0,13)	**0,12** (0,05/0,19)	0,06 (-0,15/0,24)	0,15 (-0,56/0,78)	0,06 (-0,28/0,62)
Primavera	**0,07** (0,04/0,09)	**0,08** (0,03/0,13)	0,15 (0,01/0,31)	-0,19 (-0,72/0,29)	**0,66** (0,46/0,84)
Verano	**0,08** (0,05/0,10)	**0,09** (0,04/0,13)	0,00 (-0,13/0,14)	-0,26 (-0,60/0,08)	**0,62** (0,38/0,93)
Otoño	**0,08** (0,05/0,11)	**0,08** (0,04/0,13)	0,09 (-0,06/0,25)	-0,13 (-0,41/0,33)	**0,43** (0,18/0,77)

Ello tiene una importancia significativa para identificar las olas de calor en verano como un fenómeno extremo con trayectoria en ascenso.

En un estudio para el ámbito de la Comunitat Valenciana, y los meses de verano, se ha revelado una tendencia a aumentar la persistencia de días muy

Figura 9.- Número de días de calor persistente en la Comunitat Valenciana. Mes de Julio. Fuente: Summer temperature trends in a Mediterranean Area (Valencia Region). (Miró et al. 2006)[9].

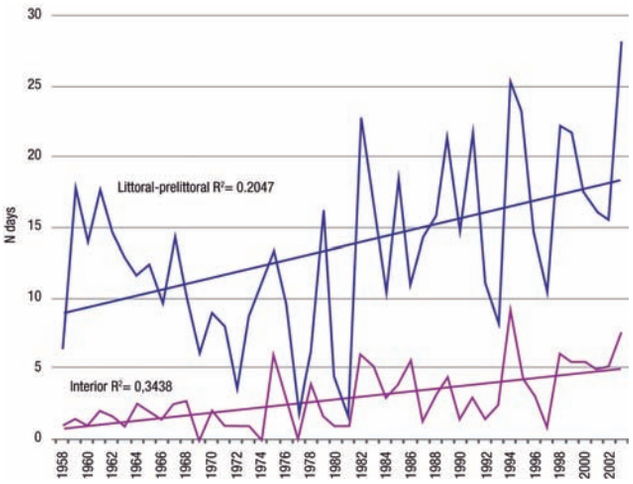


Figura 10. Idem para el mes de Agosto. Fuente: Summer temperature trends in a Mediterranean Area (Valencia Region). (Miró et al. 2006)[9].

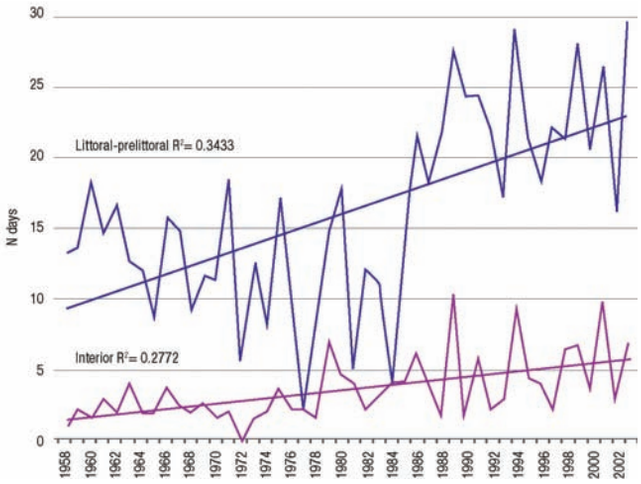


Figura 11. Días con temperatura >= 40°C. julio. Fuente: Summer temperature trends in a Mediterranean Area (Valencia Region). (Miró et al. 2006)[9].

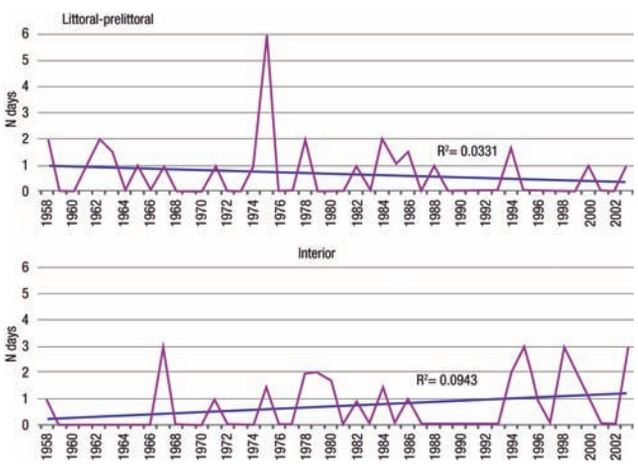
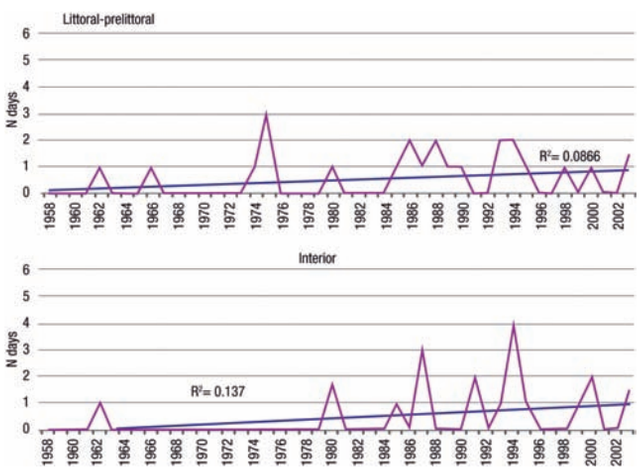


Figura 12. Días con temperatura >= 40°C. agosto. Fuente: Summer temperature trends in a Mediterranean Area (Valencia Region). (Miró et al. 2006)[9].



9. Miró J, Estrela M J, Millán MM. Summer temperature trends in a Mediterranean Area (Valencia Region). 2006. International Journal of Climatology. 26: 1051-73.

cálidos[9], en concreto el número de días que registraron a la vez una temperatura máxima superior a 30 °C y una mínima superior a 20 °C, definidos como 'días de calor persistente' (Miró et al. 2006). Esta tendencia se ha visto mayor en agosto que en julio (Figuras 9 y 10).

El mismo estudio indica una tendencia al aumento del número de días en que se alcanzó o superó una temperatura máxima de 40 °C, más clara en agosto que en julio. (Figuras 11 y12)

Las proyecciones futuras de los MCG y su aplicación regionalizada a la Península ratifican una tendencia de fututo al ascenso térmico mayor en verano que en invierno. Esta tendencia es mayor en el interior que en las áreas litorales (Figuras 13, 14 y 15).

Figura 13. Cambio medio para enero y julio de temperatura máxima proyectada por el modelo global HadCM3 para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, respecto al escenario base (1961-1990), y regionalizado con un método de regresión SDSM para los escenarios de emisión SRES A2 y B2. Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009) [6].

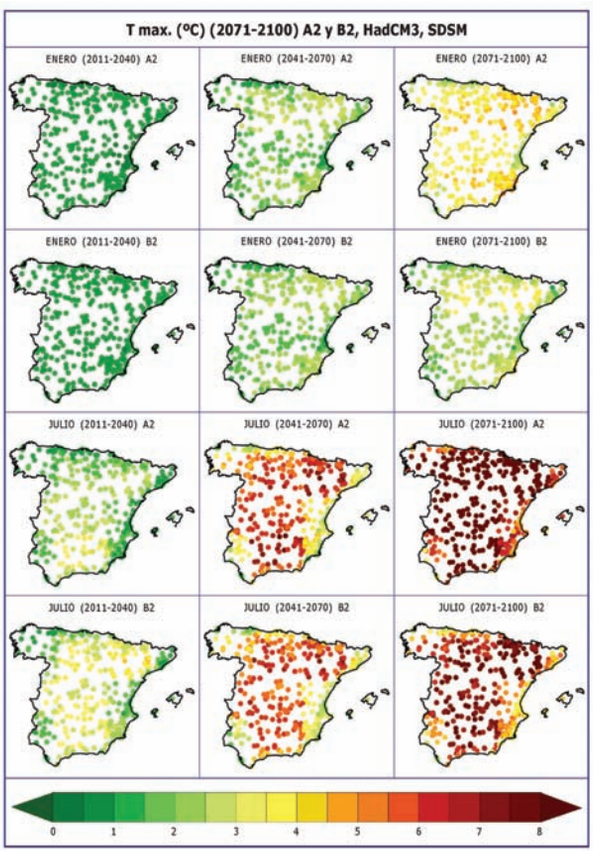
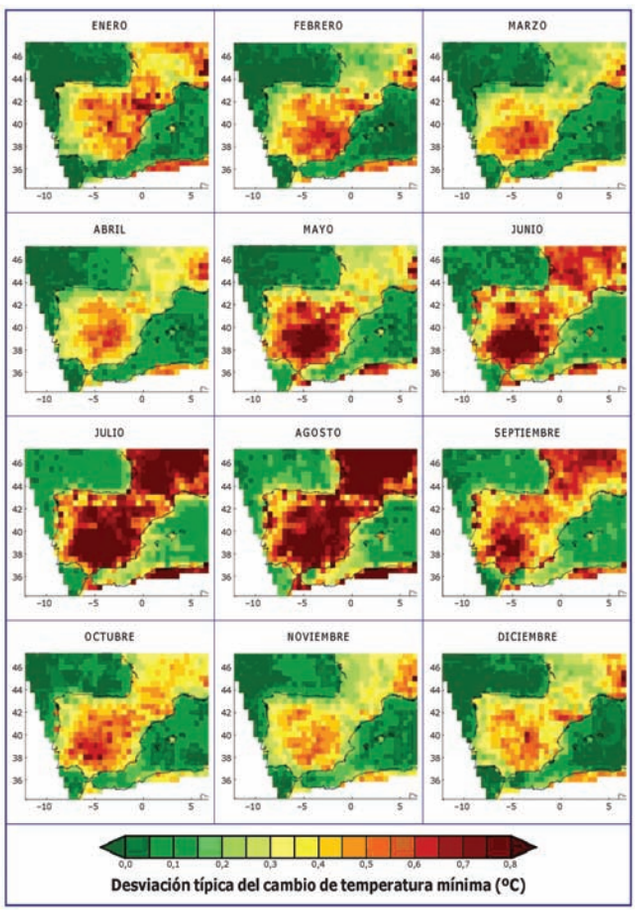
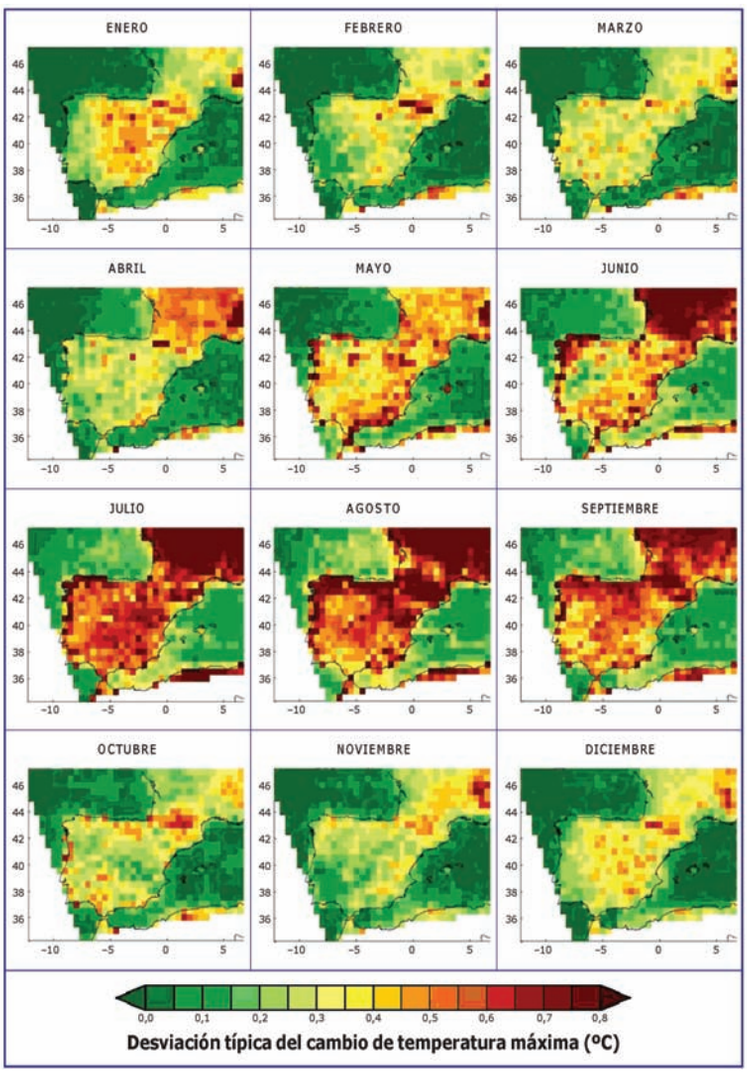


Figura 14. Distribución mensual de la desviación típica del cambio proyectado en la temperatura mínima para los diez modelos regionales desarrollados en el proyecto PRUDENCE, para el periodo 2071-2100 respecto al escenario base (1961-1990), y para el escenario de emisión SRES A2. Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009) [6].



Con estos datos, la perspectiva de futuro, hoy por hoy, para las olas de calor, es de un aumento de su frecuencia y/o un aumento de su duración, así como una expansión de su probabilidad hacia meses adyacentes a los propios caniculares del verano. No obstante deben reiterarse las incertidumbres que conlleva hacer proyecciones futuras.

Figura 15. Distribución mensual de la desviación típica del cambio proyectado en la temperatura máxima para los diez modelos regionales desarrollados en el proyecto PRUDENCE, para el periodo 2071-2100 respecto al escenario base (1961-1990), y para el escenario de emisión SRES A2. Fuente: Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España (2009)[6].



Para el resto de eventos extremos derivados de la temperatura (olas de frío y heladas) no tenemos constancia de estudios específicos concretos acerca de sus tendencias futuras. No obstante, para el caso de las olas de frío y heladas puede inferirse de los resultados anteriores que tendrían una tendencia opuesta a la de las olas de calor. Sin embargo, una menor tendencia al ascenso de las temperaturas invernales, junto con una tendencia a mayores sinuosidades en la circulación general del Oeste, también implica la alternancia más frecuente de situaciones de calor con situaciones de frío. Ello significa que en invierno podrían seguir existiendo picos profundos de frío, y que incluso el propio cambio climático podría hacer que estos sean significativos, aunque los periodos alternantes sí serían más cálidos.

2.4. Otros fenómenos no habituales

Para el caso de las granizadas, estas podrían tener una tendencia pareja a la de las lluvias torrenciales, aunque no tenemos constancia de estudios que la hayan evaluado para el caso peninsular.

Los temporales de viento, aunque podrán disminuir su frecuencia debido a un debilitamiento de la Circulación General del Oeste, podrían aumentar su fuerza en forma de temporales puntuales, al poder formarse borrascas muy activas de pequeño radio. Si bien tampoco tenemos constancia de estudios que hayan evaluado tendencias en los

temporales de viento dentro del ámbito peninsular.

3. Efectos en salud de los eventos extremos en España

Aunque los efectos en salud de las temperaturas extremas son suficientemente conocidos y han sido objeto de estudios detallados en los últimos años, el resto de las variables meteorológicas, en tanto superen de forma extraordinaria las condiciones de normalidad a las que está adaptada la vida del ser humano, representan también un riesgo en sí mismas para la salud[10].

A diferencia de las temperaturas extremas, o de las sequías, cuyos episodios se producen de forma generalizada en amplios territorios, otros fenómenos como lluvias torrenciales, tormentas, temporales de viento, etc., se producen de forma localizada geográficamente lo que conlleva que el estudio de los impactos en salud sea diferente y, por supuesto, sea impensable obtener umbrales a partir de los cuales el riesgo se incrementa. Lógicamente, al tratarse de fenómenos locales, los escenarios globales se compartimentan en múltiples teselas, en función de un gran número de variables. Esta es una de las razones por las que solo para las olas de calor y frío está establecida y aceptada una relación dosis/respuesta[11].

Los extremos térmicos y sus efectos en salud ya están contemplados específicamente en otro capítulo de este informe por lo que este apartado se centra en los efectos de otros eventos extraordinarios. Su carácter localizado y su naturaleza episódica hacen que estos eventos o catástrofes puedan ser estudiados y abordados de forma similar a otras situaciones de emergencia.

Hay que considerar tres niveles de riesgo, que conllevan a su vez tres niveles de efectos potenciales negativos sobre la salud de los eventos extremos.

En primer lugar hay que considerar las repercusiones directas de estas situaciones extremas sobre la salud en términos de mortalidad y morbilidad por causas externas, en un plazo inmediato a los sucesos, y que afecta a los grupos de población expuestos espacialmente, es decir, por proximidad. Se incluyen residentes, usuarios temporales por razones de ocio, trabajo o uso de servicios sociales, culturales, deportivos, etc. y también las personas que participan en los grupos de rescate y limpieza. No solo heridos y fallecidos sino hipotermias, intoxicaciones por monóxido de carbono por el uso de grupos electrógenos o estufas, deshidrataciones, infecciones de origen hídrico, etc.

En segundo lugar habría que incluir las consecuencias indirectas en el corto y medio plazo por exacerbación de problemas de salud preexistentes, en grupos de población especialmente expuestos por situaciones de vulnerabilidad intrínseca.

Por último, hay que contemplar las consecuencias, más a largo plazo,

10. Cámara E. Variables meteorológicas y salud. Madrid: Instituto de Salud Pública; 2006.

11. Pascal M. Impacts sanitaires du changement climatique en France – Quels enjeux pour l'InVS ? Saint-Maurice (Fra): Institut de veille sanitaire ;2010.

derivadas de la degradación del medio que sigue a una catástrofe, como pueden ser las condiciones de abastecimiento y salubridad del agua y los alimentos, el impacto sobre la salud mental de las poblaciones: depresión, ansiedad, estrés postraumático, aumento de la dependencia de sustancias psicotrópicas. Es decir, que no basta con cuantificar el número de muertos y heridos; ni siquiera con calcular los efectos en salud de los grupos sensibles; sino que hay que incluir en los indicadores las pérdidas de niveles de salud física y mental del conjunto de la población que en las semanas o meses siguientes a la catástrofe van a ver alteradas

Tabla 2. Grandes desastres de causa natural ocurridos en España en los últimos 50 años. Fuente: Cambio climático y riesgos climáticos en España (Olcina Cantos, 2009)[12]

1956	Heladas de febrero. Grandes pérdidas en el campo
1957	Riada del Turia en Valencia. Octubre.
1961	Inundaciones en El Vallés (Barcelona). Septiembre. 794 muertos
1973	Inundaciones en el sureste peninsular. Octubre. 250 muertos
1978-84	Secuencia de sequía ibérica
1982	Inundaciones en las provincias de Alicante y Valencia. Octubre. Rotura de la presa de Tous (río Jucar)
1983	Inundaciones en el País Vasco. Agosto. Gravísimos daños
1984	Ciclón "Hortensia" en la fachada cantábrica. Octubre
1987	Inundaciones en las cuencas del Segura y del Júcar. Noviembre. Planes anti-inundaciones.
1989	Inundaciones en el litoral mediterráneo. Septiembre. Inundaciones en Málaga. Noviembre.
1989-90	Sequía en el País Vasco
1990-95	Secuencia de sequía ibérica
1995	Desbordamientos en Andalucía. Diciembre
1996	Desastre del camping de Biescas (Pirineos). Agosto. 87 muertos
1997	Inundaciones en Alicante. Septiembre. Inundaciones en Badajoz. Noviembre
2000	Inundaciones en el litoral mediterráneo. Octubre
2000-2001	Otoño-invierno muy lluvioso en el centro y norte de España. Desbordamientos frecuentes de los grandes ríos peninsulares.
2002	Riadas en Tenerife. Marzo. Inundaciones en la Comunitat Valenciana. Abril y Mayo
2003	Ola de calor. Julio-agosto. 142 muertos
2004-05	Sequía ibérica
2005	Terremoto. Diversos puntos de la región de Murcia. Daños económicos
2005	Inundaciones en Cataluña. Octubre. 4 muertos
2007	Inundaciones en Andalucía y litoral mediterráneo. 6 muertos
2009	Borrasca explosiva a mediados de enero. Graves daños en las regiones del cantábrico y el litoral mediterráneo
2009-10	Lluvias intensas y abundantes de invierno en Andalucía y Canarias. Elevadas pérdidas económicas
2010	Borrasca explosiva a finales de febrero. Tres víctimas mortales y elevados daños en Canarias, la mitad occidental peninsular y fachada cantábrica

intensamente sus condiciones de normalidad de vida. Esto se aplica de forma especial a los grupos más vulnerables, ya no solo los que sufren enfermedades que puedan ser afectadas directamente por las consecuencias del hecho, sino también los grupos de población socialmente en situación de riesgo (marginalización, exclusión, pobreza, etc.)

Considerando la diversidad de situaciones locales que se pueden presentar y la complejidad de los efectos que se pueden producir entre los diferentes grupos de población receptores en los tres niveles expresados más arriba (inmediato, corto y medio plazo, y largo plazo), es lógico que en muchos casos no se hayan cuantificado los efectos. No obstante, esta situación debe corregirse de aquí en adelante mediante la puesta en marcha de sistemas de vigilancia tal como se describe más adelante.

A continuación se analizan los efectos esperables, clasificados por el tipo de evento e incluyendo los efectos de tipo general, que pueden ayudar a comprender los efectos en salud.

3.1. Lluvias torrenciales. Inundaciones

En España, por orden de importancia socioeconómica en los últimos 50 años, los efectos más dramáticos de eventos extremos se producen con situaciones de lluvias torrenciales[12,13] (Tabla 2). Sus efectos afectan sobre todo a la fachada mediterránea, pero también han sido importantes en el Cantábrico oriental, el oeste de Andalucía, y otros sectores puntuales del interior peninsular. Es de destacar la clara litoralización del riesgo (Figuras 16 y 17).

De forma esquemática, los factores de génesis de estos episodios en la fachada mediterránea se resumen[5] en:

- Una elevada temperatura superficial del Mar Mediterráneo, con fuerte evaporación y aporte en humedad.
- Inestabilización de la masa de aire mediterránea por la entrada de una masa de aire frío sobre esta, general-

Figura 16. Síntesis de los peligros climáticos más importantes en España y 'litoralización' del riesgo. Fuente: Cambio climático y riesgos climáticos en España (Olcina Cantos, 2009)[12].

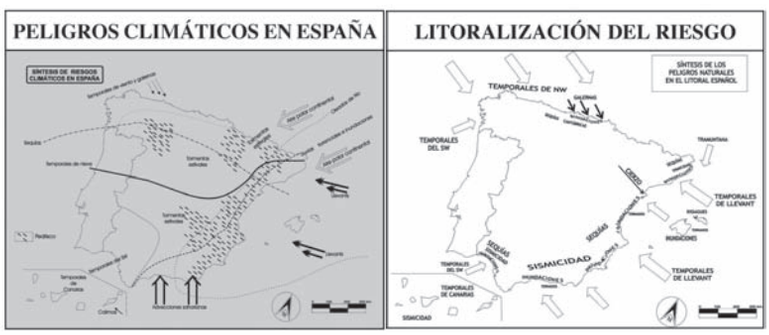
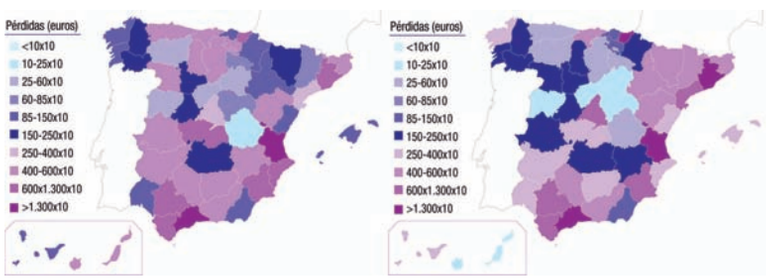


Figura 17. Pérdidas por inundaciones en España en el período 1987-2001 (A) y estimación para el período 2004-2033 (B). Fuente: Cambio climático y riesgos climáticos en España (Olcina Cantos, 2009)[12].



[12]. Olcina Cantos J. Cambio climático y riesgos climáticos en España. Investigaciones Geográficas. N. 49 (mayo-ag. 2009). ISSN 0213-4691, pp. 197-220.

[13]. Ayala_Carcedo FJ, Olcina Cantos J (coords.). Riesgos Naturales. Barcelona, Editorial Ariel. Col. Ciencia. 2002, 1512 p.

mente en sentido retrógrado (frente de retroceso).

- Génesis de una baja presión mediterránea, captura de una baja presión extramediterránea (generalmente procedente del Golfo de Cádiz), o bien únicamente la formación de un complejo convectivo de mesoscala, sin bajas presiones, y con la formación de un *Low Level Jet* transitando sobre el Mediterráneo hasta la fachada mediterránea peninsular.

- Relieves litorales y prelitorales que favorecen el ascenso vertical del aire.

Estos factores concuerdan con más frecuencia en otoño, aunque no exclusivamente.

En otras partes de la Península los factores son un tanto diferentes, tratándose de advecciones atlánticas de largo recorrido, o profundas borrascas atlánticas en el caso del tercio oeste peninsular, ciclogénesis explosivas sobre el Mar Cantábrico o bien bajas frías aisladas en el caso de la fachada cantábrica, o bien fenómenos convectivos locales de finales de la primavera o el verano, en el caso del interior peninsular.

Los efectos desastrosos derivados de las lluvias torrenciales pueden ser varios:

1.- Inundación de áreas llanas y depresiones inundables. La expansión durante las últimas décadas de las áreas urbanizadas ha llevado a la ocupación de áreas de riesgo. Por tanto, este riesgo y sus efectos han tendido a aumentar en los últimos 50 años, no solo por la propia casuística del cambio climático, sino también, y sobre todo, por la expansión urbana que a menudo se ha producido en lugares inadecuados.

2.- Avenidas espasmódicas de ríos, ramblas y barrancos. Tiene gran relación con el primer punto, aunque en este caso nos referimos a avenidas de arrastre, afectando a edificaciones improcedentes junto a cauces, y la urbanización en el lecho de ramblas o agüeras, aparentemente inocuas, o que incluso no se detectan por falta de un estudio hidrológico previo a la urbanización. También vados, puentes y carreteras que cruzan lechos de torrenteras, barrancos, ramblas o ríos, y hasta incluso presas hidráulicas (caso de Tous en 1982) pueden verse afectados o destruidos por una avenida.

3.- Aumento de los procesos erosivos. La conjunción de los procesos de deforestación y lluvias torrenciales tiene como resultado una acusada erosión, con la pérdida de ingentes cantidades de suelo. Ello se traduce en un proceso de desertificación por la incapacidad de regenerarse la vegetación dado que se ha producido una merma, o incluso desaparición, de suelo y nutrientes disponibles. Este punto se relaciona con los efectos de los incendios forestales, por un lado, y con el propio cambio climático causando una posible falta creciente de humedad disponible (que a su vez aumenta las probabilidades de incendio y de un comportamiento más torrencial de las lluvias). Sin embargo, también es sumamente importante en este punto el cambio de los usos del suelo que se ha producido progresivamente en los últimos 50 años. Así en el ámbito mediterráneo muchas terrazas de cultivo y bancales se han

abandonado, y por el contrario han aumentado las superficies impermeabilizadas, lo que da lugar a que el agua de lluvia, una vez ya está circulando por el suelo, se comporte de una manera más espasmódica, agresiva, y se filtre menos en el subsuelo.

Los impactos potenciales en salud de las lluvias torrenciales y consiguientes inundaciones los podemos clasificar[14] en:

- Efectos directos: ahogamiento, lesiones (cortes, esguinces, desgarros, pinchazos, electrocuciones, etc.), diarreas, enfermedades transmitidas por vectores (incluidas las transmitidas por roedores), infecciones respiratorias, de la piel y los ojos y problemas de salud mental, vertido de productos tóxicos provocados por la inundación.

- Otros efectos, con consecuencias para la salud, se componen de daños en los equipamientos y dotaciones del sistema sanitario asistencial, en las infraestructuras de abastecimiento y saneamiento de agua, en los cultivos (con o sin interrupción del aprovisionamiento de alimentos), en las viviendas (falta de alojamientos), alteración en las condiciones de vida y movilidad de la población. La destrucción de infraestructuras puede tener un impacto importante en salud, por ejemplo, porque puede obligar a una utilización inadecuada de grupos electrógenos o de calefacción improvisada, que pueden dar lugar a intoxicaciones por monóxido de carbono. La alteración de la calidad del agua de bebida, como consecuencia de los daños en las infraestructuras de abastecimiento, puede ser especialmente importante en los pequeños abastecimientos, más vulnerables por su menor capacidad de adaptación a las situaciones creadas por una inundación[15].

Otros autores[16] clasifican los impactos además según el tiempo en que se producen:

- Impacto inmediato directo: ahogamiento, lesiones, hipotermia, mordeduras de animales; e indirecto: asociados con la evacuación de los pacientes, con la pérdida de trabajadores de la salud, con las pérdidas de las infraestructuras de salud, incluyendo los medicamentos esenciales y suministros.

- A medio plazo: heridas infectadas, complicaciones de las lesiones, intoxicaciones, problemas de salud mental, enfermedades transmisibles, y el hambre son los efectos indirectos de las inundaciones.

- A largo plazo: enfermedades crónicas, discapacidad, problemas de salud mental y enfermedades relacionadas con la pobreza como la desnutrición.

Una amplia revisión de los efectos de las inundaciones en Europa[17] mostró que los brotes de enfermedades

14. Menne B et al. Protecting Health in Europe from Climate Change. WHO 2008.

15. Delpla I, Baures E, Jung AV, Clement M, Thomas O. Issues of drinking water quality of small scale water services towards climate change. Water Sci Technol. 2011;63(2):227-32.

16. Du W, FitzGerald GJ, Clark M, Hou XY. Health impacts of floods. Prehosp Disaster Med. 2010 May-Jun;25(3):265-72

17. Hajat S, Ebi KL, Kovats S, Menne B, Edwards S, Haines A. The human health consequences of flooding in Europe and the implications for public health: a review of the evidence. Applied Environmental Science and Public Health. 2003;1:13-21.

infecciosas rara vez son un problema de salud pública. Más consistentes son los hallazgos de una mayor prevalencia de trastornos mentales comunes (es decir, ansiedad, depresión) tras la exposición a las inundaciones. Es probable que esto se deba a la pérdida de las posesiones familiares, evacuaciones forzosas, la pérdida de medios de vida y aumento de la pobreza. Sin embargo, se han encontrado también incrementos de enfermedades diarreicas y respiratorias en países de ingresos elevados.

3.2. Sequía

El segundo tipo de evento extremo con más efectos en España, por orden de importancia socio-económica (Tabla 2), son las secuencias de sequía. Una tendencia al aumento de estas se traduciría en impactos significativos sobre los recursos hídricos en España[18].

La Agencia Estatal de Meteorología española clasifica las sequías con el método de los quintiles, catalogando un periodo determinado con respecto al de referencia de acuerdo al siguiente patrón:

- EH =Extremadamente húmedo: Las precipitaciones sobrepasan el valor máximo registrado en el periodo de referencia (1961-1990, ó 1971-2000).
- MH =Muy húmedo: f<20%. Las precipitaciones se encuentran en el intervalo correspondiente al 20% de los años más húmedos.
- H =Húmedo: 20% ≤ f<40%.
- N =Normal: 40% ≤ 60%. Las precipitaciones registradas se sitúan alrededor de la mediana.
- S =Seco: 60% ≤ f<80
- MS =Muy seco: f ≥ 80%.
- ES =Extremadamente seco: Las precipitaciones no alcanzan el valor mínimo registrado en el periodo de referencia.

Sus efectos son varios:

1.- Efectos sobre la agricultura. Entre los impactos económicos, los primeros, sin duda, son los daños causados por la sequía sobre la agricultura, donde puede causar ingentes pérdidas, tanto si se trata de secanos, debido a la falta de lluvia, como de regadíos, si en este último caso la sequía llega a poner en peligro la disponibilidad de agua de riego. Problemas en la productividad agrícola pueden, en casos extremos, traducirse en un aumento de precios o una insuficiencia de alimentos básicos, o incluso hambrunas, aunque actualmente, debido a una economía globalizada, disminuye bastante este riesgo en países desarrollados como España.

2.- La sequía también tiene efectos negativos directos en la gestión del agua. La escasez de agua prolongada influye directamente en los recursos hídricos de una región, altera las condiciones de equilibrio del agua y crea situaciones difíciles para cualquier tipo de abastecimiento de agua.

18. Ayala Carcedo FJ. Impactos del Cambio Climático sobre los recursos hídricos en España y viabilidad del Plan Hidrológico Nacional 2000. En Arrojo ed. El Plan Hidrológico Nacional a debate, Bakeaz, Fundación Nueva Cultura del Agua. 2001, 51-66.
http://www.mma.es/secciones/agua/pdf/informesphncon/francisco_ayala_carcedo.pdf

3.- Otro efecto negativo es el impacto en la generación de energía hidroeléctrica.

4.- También existen efectos indirectos en otros sectores productivos, como es la industria, o incluso el turismo, que dependen de la disponibilidad de agua. La industria alimentaria se ve involucrada de una manera más directa ya que una parte considerable de su materia prima proviene de la agricultura y se puede perder durante un periodo de sequía.

5.- Por último, los impactos sobre el medio ambiente son de primer orden, y también las sequías son claros contribuyentes de otros eventos extremos y sus efectos. Así el estrés hídrico de las plantas aumenta el riesgo de incendios forestales, al tiempo que aumenta la vulnerabilidad cuando llega una lluvia torrencial posterior a la sequía, con los consecuentes procesos erosivos y desertificación. También la falta de agua conlleva el incremento de la contaminación de aguas y el aumento del volumen de diversos tipos de residuos en el medio ambiente, así como posibles focos de infección bacteriana.

Hay pocos estudios sobre los impactos en salud de las sequías de larga duración. Los historiadores conocen perfectamente la importancia de las sequías a lo largo de la historia y su asociación con otros factores (hambrunas, guerras, epidemias etc.) que tienen importantes consecuencias directas en la salud. En México, por ejemplo, se han asociado los momentos de mayor pérdida de población con periodos de sequía en los últimos 1000 años. Las sequías se han asociado con la muerte de millones de personas[19]. No obstante, no parece esperable un escenario de hambrunas en el futuro de los países de nuestro entorno desarrollado como consecuencia del cambio climático.

Sin embargo, otros impactos indirectos sí que son posibles. En Australia, por ejemplo, están documentados impactos en salud mental de largos periodos de sequía[20].

Como efectos indirectos, el abastecimiento de agua potable queda comprometido seriamente como consecuencia de las sequías, así como su calidad, por una parte al aumentar la concentración de contaminantes en las masas de agua en captación, y por otra, al crearse la necesidad de búsqueda de recursos de menos calidad (acuíferos más profundos, agua reciclada, etc.).

Otra consecuencia de las señaladas, los incendios forestales, presentan serias amenazas para la salud. Los impactos sanitarios a corto y largo plazo son poco conocidos. El humo forma una mezcla compleja de productos de combustión entre los que hay que mencionar el monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, partículas (no solo gruesas sino de la

19. Acuña-Soto R, Stahle DW, Therrell MD, Villanueva DÍaz J. Drought, epidemic disease, and massive population loss: 1,000 years of record in México en Relman DA, Hamburg MA, Choffnes ER, and Mack A, ed. Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence. Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats. Washington (DC): National Academies Press (US); 2008. The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health.

20. Berry HL, Kelly B, Hanigan I, Coates J, McMichael AJ, Welsh J et al. Rural mental health impact of climate change;2008.

21. Carfatan E, Gaulme M, Thevenet A. Évaluation et gestion des risques liés aux polluants atmosphériques résultant des feux de forêt;2004.

22. Wegesser TC, Pinkerton KE, Last JA. California wildfires of 2008: coarse and fine particulate matter toxicity. Environ Health Perspect 2009;117:893-7.

fracción respirable). Esta contaminación, que alcanza elevadísimos niveles de concentración en las áreas de los incendios, puede además contribuir a incrementar los niveles de áreas urbanas próximas[21,22].

Los compuestos orgánicos emitidos durante la combustión pueden igualmente contribuir a la formación de ozono.

En Asia y América del Norte se ha documentado asociación entre concentraciones elevadas de partículas como consecuencia de fuegos y un aumento de ingresos hospitalarios por causas respiratorias y cardiovasculares, sobre todo entre asmáticos, personas con EPOC, niños y ancianos[23,24,25,26].

3.3. Olas de frío y calor

El siguiente grupo de eventos en orden de importancia socioeconómica son los derivados de las temperaturas, concretamente olas de frío y calor. Sobre la Península Ibérica, son las olas de calor las que tienen un efecto potencialmente más dañino, particularmente en lo que respecta a sus efectos en salud.

Cuando se produce una ola de calor, sus efectos pueden ir relacionados, o no, con una situación de sequía pareja. Generalmente, al producirse en verano, las olas de calor van asociadas a periodos secos, por lo que en primer lugar exacerban condiciones proclives a incendios forestales, estrés hídrico de las plantas, y disminución de los caudales hídricos disponibles, de una forma similar a las sequías. Ello es debido a que el intenso calor generalmente va acompañado de humedades relativas del aire muy bajas, y fuerte evaporación y evapotranspiración. Por supuesto, si a la ola de calor se suma la afección de una sequía, entendida como periodo prolongado en que las lluvias han sido más bajas de lo normal, estos efectos se agravan exponencialmente. Por tanto, las olas de calor pueden, en mayor o menor medida, causar, o bien favorecer, efectos similares a los de las sequías, económicos y medioambientales. Unas temperaturas demasiado altas junto a humedades del aire demasiado bajas, también pueden afectar al rendimiento y calidad de los productos agrícolas. El fuerte consumo de agua que se realiza durante las olas de calor, además de la propia evaporación, también tiene un significativo efecto en la merma de las reservas hídricas.

Al igual que con las olas de frío, otro efecto de las olas de calor es el consumo excesivo de electricidad por parte de climatizadores, lo que puede saturar, e incluso estropear, las redes de suministro eléctrico.

Sin embargo, los efectos más significativos de las olas de calor son los que tienen que ver con la salud, que al igual que los efectos en salud de las olas de frío, se analizan en otro capítulo de este informe.

23. Moore D, Copes R, Fisk R, Joy R, Chan K, Brauer M. Population health effects of air quality changes due to forest fires in British Columbia in 2003: estimates from physician-visit billing data. Can J Public Health 2006;97:105-8.

24. Mott JA, Mannino DM, Alverson CJ, Kiyu A, Hashim J, Lee T, Falter K, Redd SC. Cardiorespiratory hospitalizations associated with smoke exposure during the 1997, Southeast Asian forest fires. Int J Hyg Environ Health 2005;208:75-85.

25. Economic commission for Europe. Health risks of air pollution from biomass combustion. 2009.

26. Naeher L, Brauer M, Lipsett M, Zelikoff J, Simpson C, Koening J, Smith K. Woodsmoke health effects: a review. Inhalation toxicology 2007;19:67-106.

En cuanto a las olas de frio, una primera derivada de estas son las heladas. Estas afectan principalmente a la agricultura. Aunque las regiones con mayor número de heladas son las del interior norte de la Península (meseta norte y sus bordes, el norte y este de la meseta sur, o las zonas altas de Aragón), sus cultivos están adaptados a este hecho. Es por ello que, en realidad, los efectos más negativos de una helada se producen cuando afecta a zonas con cultivos sensibles, donde precisamente la aparición de heladas suele ser excepcional. Es el caso de los cultivos mediterráneos sensibles situados en depresiones prelitorales y litorales.

Cabe diferenciar aquí entre heladas negras y heladas blancas. Las heladas blancas son propias de situaciones anticiclónicas con tiempo estable sin viento. La aparición de rocío se convierte en escarcha con la helada nocturna. Son más frecuentes y menos dañinas, por cuanto la ausencia de viento y la presencia de una capa de agujas de hielo sobre la planta protegen relativamente a esta del frío. Además este tipo de heladas se da siempre en los mismos lugares concretos proclives a inversiones térmicas, que por tanto, nunca han sido lugares propicios al cultivo de plantas sensibles. Por el contrario las heladas negras, aunque más raras, son más dañinas, ya que son fruto de una advección fría, generalmente acompañadas de viento y con humedades bajas que no permiten la formación de escarcha. Su efecto se generaliza a todas las zonas bajo la advección, y si la isoterma de 0 °C alcanza el nivel del mar o cerca, causa efectos muy dañinos en todos los cultivos sensibles.

Un efecto secundario de las heladas remite a las consecuencias de la formación de hielo, como puede ser la rotura de conducciones de agua, congelamiento de estanques y ríos, afectando la fauna piscícola, la caída de témpanos de hielo desde los tejados a las calles causando riesgos a la población, etc.

Los efectos de las olas de frío no se remiten solo a las heladas. Por supuesto las precipitaciones nivosas pueden llegar a ser un problema grave, y un trastorno serio a la población, comenzando por las infraestructuras de comunicación, y acabando por la garantía de prestación de servicios sanitarios, escuelas, suministro eléctrico, etc. Y por supuesto, están los efectos directos sobre la salud, como son casos puntuales de hipotermia, o incluso muerte, con más probabilidades de afectar a grupos poblacionales marginales, cuestión que, como ya hemos mencionado, se analiza en capítulo aparte.

En cualquier caso todos estos efectos relacionados con el frío han tendido a perder importancia relativa en los últimos 50 años, conforme el mantenimiento de las infraestructuras, y su propia disponibilidad y calidad, ha mejorado, al tiempo que el cambio climático contribuye a un descenso relativo de este tipo de situaciones especiales.

3.4. Temporales de viento

A distancia de los importantes efectos derivados de las precipitaciones o temperaturas vistos en apartados anteriores, entre el resto de riesgos que afectan a España, los derivados de los temporales de viento tienen una importancia socioeconómica relativa.

Los efectos de los temporales de viento en España se dividen fundamentalmente en dos:

1.-Por un lado los episodios costeros que involucran un temporal marítimo, afectando básicamente a la costa, y que no tienen porqué implicar necesariamente rachas de viento muy intensas en zona continental, aunque estas sí se dan necesariamente sobre el mar, dando lugar a un temporal marítimo acusado. Son pues situaciones que afectan sobre todo a la línea de la costa, provocando efectos catastróficos en puertos, playas, y calles o incluso edificaciones próximas al mar. Es el caso sobre todo de las 'Galernas' del Cantábrico, o los vientos intensos de Poniente en el Atlántico, pero también los temporales de Levante en el Mediterráneo. Una edificación inadecuada en zonas de riesgo junto al mar es causa de aumento artificial de los efectos de estos temporales. Un efecto indirecto se produce sobre el turismo cuando los temporales marítimos destruyen los depósitos de arena de las playas. También debe considerarse un significativo efecto colateral: si el temporal marítimo coincide con un episodio de lluvias torrenciales, puede agravar procesos de inundación en depresiones litorales, al impedir la normal evacuación de aguas hacia el mar.

2.- Por otro lado, tenemos los efectos directos del propio soplo de vientos intensos sobre un sector continental. Aunque en España no se registran huracanes, y los tornados son raros o de importancia limitada, sí son frecuentes temporales de viento "moderadamente" fuertes, de hasta 150 km/h, que causan innumerables destrozos en el mobiliario público y privado. Suelen así afectar a mucha gente, pero generalmente en un grado bajo, siendo casos excepcionales las afecciones graves. No obstante, ciertos sectores peninsulares en donde se canalizan fácilmente los vientos se ven más frecuentemente afectados, como en el Estrecho de Gibraltar, el Ampurdán, Finisterre, Menorca, sectores del Valle del Ebro, etc.

Los efectos potenciales inmediatos en la salud son las muertes directas por accidentes y traumatismos, y en temporales costeros, ahogamientos. Indirectamente y en casos extremos, podrían plantearse problemas asistenciales por interrupción de las vías de comunicación o por saturación del sistema asistencial debido a un número elevado de heridos concentrado en el tiempo y el espacio.

Las acciones de reconstrucción pueden provocar numerosos traumatismos.

Como en las otras situaciones extremas, se pueden producir descompensaciones agudas de enfermedades crónicas subyacentes (diagnosticadas o no) ligadas directamente al estrés ocasionado por la catástrofe o por la imposibilidad de recurrir a los sistemas asistenciales.

En fin, las consecuencias materiales de la catástrofe y las dificultades para poner remedio tienen por sí mismas un impacto importante sobre la salud, especialmente la mental.

3.5. Otros fenómenos no habituales

Menos importantes que los anteriores en cuanto a sus efectos

socioeconómicos, pero aún con puntual significación, son, por orden:

- Las tormentas de granizo.
- Los aludes.
- Los deslizamientos.

A ellos cabría añadir fenómenos atmosféricos de afección muy local o puntual, y menores efectos, como los rayos o los tornados.

En cuanto a las tormentas de granizo, sus efectos se sienten primordialmente en la agricultura, en la que puntualmente pueden llegar a causar un daño muy grande, tratándose siempre de fenómenos locales en el semestre estival. Secundariamente también pueden tener efectos dañinos sobre bienes muebles e inmuebles públicos o privados, y más raramente sobre la salud de algún individuo. La importancia de los efectos de las granizadas es mayor en puntos del cuadrante noreste peninsular, y el interior del Cantábrico oriental y del área mediterránea, sobre todo en torno al Sistema Ibérico.

Los efectos de los aludes se restringen a sectores de alta montaña, sobre todo los Pirineos. Aunque pudiera pensarse que, por efecto del cambio climático, estos van a disminuir debido a una menor nivosidad total, lo cierto es que puede estar sucediendo lo contrario. Ello es debido a que ahora, durante la estación invernal, a situaciones de fuertes nevadas, se suceden con mayor facilidad subidas rápidas de temperatura que causan la rápida desestabilización de los gruesos mantos de nieve, causando aludes que pueden llegar a provocar desgracias y matar a montañistas, escaladores o esquiadores, o incluso población local. Otra consecuencia de ello es también la repentina fusión de ingentes cantidades de nieve, lo que conlleva crecidas espasmódicas de los ríos, con probables problemas de avenidas e inundaciones en los ríos de la cuenca del Ebro, o incluso otros del tercio norte peninsular. Esto habría que añadirlo al primer grupo de efectos por lluvias torrenciales, aunque el detonante es distinto.

Los deslizamientos a menudo están relacionados con episodios de lluvias abundantes, por cuanto causan el hinchamiento en agua de materiales arcillosos (bentonitas – montmorillonitas), que por su plasticidad y por efecto de la gravedad pueden movilizarse y acabar resbalando por encima de los materiales subyacentes.

4. Planes y programas existentes para prevención de efectos de los eventos extremos

Como se ha indicado ya, este capítulo versa sobre las alteraciones en salud provocadas por las catástrofes climáticas que, si se cumplen los escenarios futuros que se plantean, incrementarán su frecuencia en nuestro país. Independientemente de cuál sea el origen de las catástrofes (situaciones meteorológicas extremas, accidentes, incendios, vertidos tóxicos,…) todas tienen en común que precisan de dispositivos planificados y ‘engrasados’ para poder atenderlas con un mínimo de garantía. El sector sanitario asistencial en estas situaciones tiene un papel clave, junto con otros dispositivos asistenciales y de emergencias, bajo la coordinación de los servicios de protección civil. No obstante, la salud pública se debería implicar, por una parte, en la fase de

planificación y, por otra, en la recogida de información que toda crisis genera y cuyo análisis constituye, en definitiva, la garantía de una mejora continua en la planificación y en la intervención.

Existe una extensa experiencia acumulada en la elaboración de planes de prevención y lucha contra los efectos de numerosos tipos de situaciones extremas. Por su relevancia, incluimos una referencia a los planes existentes en España (Tabla 3), y la legislación que los sustenta, en lo que respecta a legislación ambiental.

Tabla 3. Legislación ambiental y territorial y consideración de los riesgos naturales en España. Fuente: Cambio climático y riesgos climáticos en España (Olcina Cantos, 2009) [12].

LEGISLACIÓN	CONSIDERACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
Ley de Costas (1988)	○ Establece perímetros de protección de la costa. ○ Dominio Público Marítimo-Terrestre limitado por la zona afectada en los máximos temporales conocidos.
Ley de Aguas (2001)	○ Establece perímetros de protección del Dominio Público Hidráulico y delimita zonas inundables (mod. del Reglamento de Dominio Público Hidráulico R.D. 9/2008).
Plan Hidrológico Nacional (2001)	○ Gestión de sequías e inundaciones. Las diferentes Demarcaciones Hidrográficas han ido redactando Planes de Gestión de Sequías. ○ Necesidad de cooperación entre administraciones a la hora de tener en cuenta los riesgos del agua en la planificación territorial
Ley del Suelo (2008)	○ Zonas con riesgo natural deben declararse suelo no urbanizable. ○ Incorporación de mapas de riesgo en el informe de sostenibilidad ambiental que acompaña los documentos de planeamiento.
Normativa sismorresistente (2002) y Código Técnico de Edificación (2006)	○ Determina las zonas con riesgo sísmico. Establece normativa para la construcción de edificaciones en las zonas con riesgo. ○ Exigencias de seguridad de edificios frente a rayos, escorrentías, sismos. Exigencia de instalaciones para el suministro sostenible de agua.
Ley del Seguro Agrario Combinado (1978)	○ Incluye la necesidad de realizar estudios de peligrosidad de episodios atmosféricos de rango extraordinario (heladas, granizos, viento, etc.).
Direcctrices Básicas de Protección Civil (1994 y 1995)	○ Recomienda la elaboración de cartografía de riesgo (sísmico, volcánico y de inundaciones).
Legislación de impacto ambiental (2006)	○ Actividades, planes y programas deben someterse a procedimientos de evaluación de impacto. Tanto en los informes de sostenibilidad ambiental (planes y programas) como en los estudios de impacto ambiental debe realizarse un análisis de riesgos con inclusión de cartografía.
Derecho a la información en materia ambiental (2006)	○ Cuando exista amenaza inminente para la salud humana, las administraciones deben difundir toda la información existente al respecto.
Gestión Medioambiental (Reglamento UE 761/2001)	○ En las de carácter territorial debe incluirse un análisis de riesgos.

4.1. Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones

La Norma Básica de Protección Civil, aprobada por el Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, incluye entre los planes especiales de protección civil a elaborar por el Estado y por las comunidades autónomas, los correspondientes al riesgo por inundación. En el marco de esta legislación se encuentra la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Resolución de 31/01/1995. Publicación del acuerdo del Consejo de Ministros de 9 de diciembre de 1994 por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones. BOE de 14 de febrero de 1995), que establece el marco sobre el que se han desarrollado los planes especiales de protección civil ante el riesgo de inundaciones. El acuerdo del Consejo de Ministros que aprobó la directriz relaciona expresamente el nivel de riesgo de inundación del territorio con la planificación territorial y los usos del suelo: "Los análisis de riesgos y la zonificación territorial que queden especificados en los Planes Especiales elaborados, aprobados y homologados, conforme a lo dispuesto en la citada Directriz, serán tenidos en cuenta por los órganos competentes en el proceso de planificación del territorio y de los usos del suelo".

La directriz señala los elementos básicos para la planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones, a través de los planes especiales en sus diferentes escalas: estatal, autonómica o local.

En primer lugar clasifica las inundaciones que pueden representar un riesgo para la población y los bienes, producir daños en infraestructuras básicas, o interrumpir servicios esenciales para la comunidad, en la siguiente tipología:

a) Inundaciones por precipitación in situ, en zonas muy llanas o endorreicas;

b) Inundaciones por escorrentía, avenida o desbordamiento de cauces, provocada o potenciada por precipitaciones, deshielo o fusión de nieve, obstrucción de cauces naturales o artificiales, invasión de cauces, aterramientos o dificultad de avenamiento o acción de las mareas;

c) Inundaciones por rotura o la operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica.

A continuación, acota los conceptos necesarios para abordar el análisis de riesgos y la correspondiente zonificación territorial. Los planes especiales habrán de identificar y clasificar las áreas inundables del territorio en zonas de inundación frecuente (inundables para avenidas probables en un período –'periodo de retorno'- de cincuenta años), ocasional (entre cincuenta y cien años) y excepcional (entre cien y quinientos años). Por su posible influencia en la generación de daños a personas, edificaciones o infraestructuras, el análisis deberá completarse con la catalogación de puntos conflictivos y la localización de las áreas potencialmente afectadas por fenómenos geológicos (movimientos de ladera…) asociados a precipitaciones o avenidas.

El análisis de riesgos por inundaciones clasificará dichas zonas inundables en función del riesgo y la estimación de las afecciones y daños

que puedan producirse. Se considerarán como mínimo, además de la población potencialmente afectada, todos aquellos elementos (edificios, instalaciones, infraestructuras y elementos naturales o medio ambientales), situados en zonas de peligro que, de resultar alcanzados por la inundación o por los efectos de fenómenos geológicos asociados, pueda producir víctimas, interrumpir un servicio imprescindible para la comunidad o dificultar gravemente las actuaciones de emergencia. En la estimación de la vulnerabilidad de estos elementos se tendrán en cuenta sus características, las zonas de peligro en que se encuentran ubicados y las magnitudes hidráulicas que definen el comportamiento de la avenida de que se trate. En función del riesgo, las zonas inundables se clasificarán en la forma siguiente:

- Zonas A, de riesgo alto. Son aquellas zonas en las que las avenidas producirán graves daños a núcleos de población importantes. Dentro de estas zonas, y a efectos de emergencia para las poblaciones, se establecerán las siguientes subzonas:
  - Zonas A-1. Zonas de riesgo alto frecuente. La avenida con periodo de retorno de cincuenta años produciría graves daños a núcleos urbanos.
  - Zonas A-2. Zonas de riesgo alto ocasional. La avenida con periodo de retorno de cien años produciría graves daños a núcleos urbanos.
  - Zonas A-3. Zonas de riesgo alto excepcional. La avenida con periodo de retorno de quinientos años produciría graves daños a núcleos urbanos.
- Zonas B de riesgo significativo. Son aquellas zonas en las que la avenida con periodo de retorno de cien años produciría impactos en viviendas aisladas, y las avenidas de período de retorno igual o superior a los cien años, daños significativos a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.
- Zonas C de riesgo bajo. Son aquellas en las que una avenida con periodo

Tabla 4. Niveles de riesgo de inundaciones considerados en el PATRICOVA. Fuente: El PATRICOVA: un ejemplo del tratamiento del riesgo de inundación en la ordenación de territorio (2001) [27].

	NIVELES DE RIESGO		
Niveles de CALADO	**Niveles de FRECUENCIA**		
	Baja 100 a 500 años	Media 25 a 100 años	Alta <25 años
Bajo (<80 cm.)	6 (BAJO)	4 (MEDIO)	3 (MEDIO)
Alto (>80 cm.)	5 (BAJO)	2 (ALTO)	1 (ALTO)

27. Generalitat Valenciana. El PATRICOVA: un ejemplo del tratamiento del riesgo de inundación en la ordenación de territorio. En: III Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Gijón, julio de 2001. Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes. Dirección General de Urbanismo y Ordenación Territorial.

de retorno de quinientos años produciría impactos en viviendas aisladas, y las avenidas consideradas en los mapas de inundación, daños pequeños a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.

La directriz señala a continuación los necesarios sistemas preventivos, es decir, los sistemas de predicción y vigilancia meteorológica y de previsión e información hidrológica.

En lo que se refiere a las medidas de protección, habrán de contemplarse las actuaciones necesarias para la protección de personas y bienes en caso de emergencia, y, entre ellas el abastecimiento y control sanitario de alimentos y agua.

Los Planes de Actuación Municipal son aprobados por los órganos de las respectivas corporaciones y son homologados por la Comisión de la Comunidad Autónoma que corresponda. El Plan de Protección Civil de Comunidad Autónoma ante el riesgo de Inundaciones es aprobado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, previo informe de la correspondiente Comisión de Protección Civil de Comunidad Autónoma, y homologado por la Comisión Nacional de Protección Civil.

Tras el de la Comunitat Valenciana, se han homologado 14 planes especiales de otras tantas comunidades autónomas, desde marzo de 1999 hasta junio de 2010.

En el caso de la Comunitat Valenciana se cuenta con el Plan de Acción Territorial de Prevención del Riesgo de Inundaciones (PATRICOVA). Se trata del primer plan de este tipo realizado en España, siendo homologado en 1999. Incluye una cartografía detallada de áreas potencialmente inundables de toda la Comunitat Valenciana, ahora en proceso de actualización, y además contempla una serie de actuaciones al fin de corregir las situaciones de mayor riesgo preexistentes, al tiempo que sirve de referencia para la evaluación del riesgo de futuras actuaciones urbanísticas.

La metodología empleada en su elaboración consiste en delimitar el riesgo, ponderar el impacto actual y el futuro producido por las inundaciones, y desarrollar un programa de actuaciones para reducir ese impacto a niveles aceptables.

El mapa de riesgos resultante contempla 6 niveles por combinación de dos variables (Tabla 4), la frecuencia de la inundación (periodo de retorno 25, 100 y

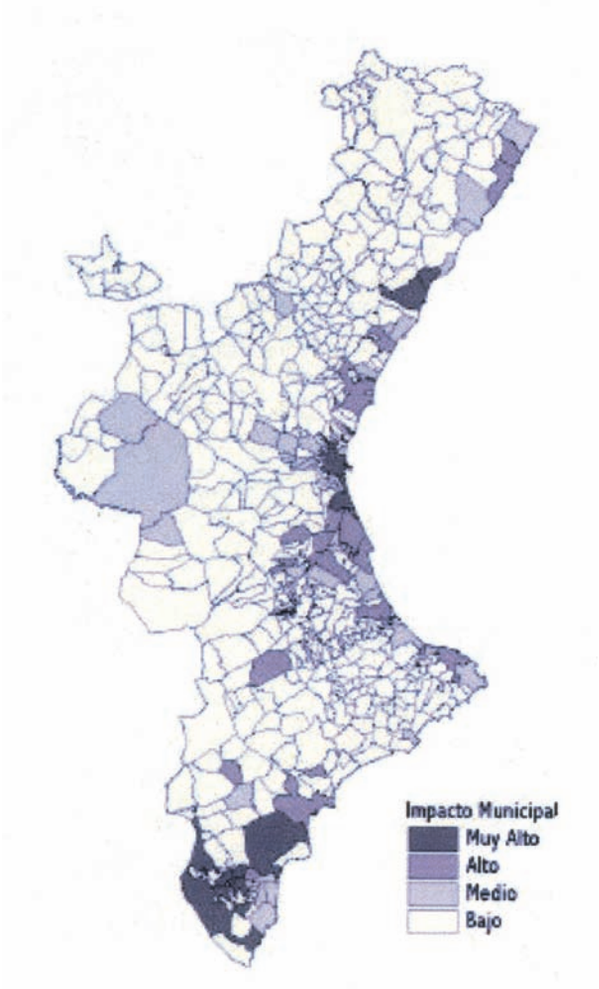
Tabla 5. Cuadro resumen de actuaciones previstas por el Patricova (Coste expresado en millones de pesetas). Fuente: El PATRICOVA: un ejemplo del tratamiento del riesgo de inundación en la ordenación de territorio (2001) [27]

	PRIORIDAD						TOTAL	
	ALTA		**MEDIA**		**BAJA**			
	Nº	Coste	Nº	Coste	Nº	Coste	Nº	Coste
ESTRUCTURALES	78	128.155	47	13.472	28	3.906	153	145.533
RESTAURACIÓN HF	16	2.200	24	74.539	24	23.867	64	100.606
ORDENACIÓN URBANÍSTICA			Normativa Urbanística					
TOTAL	**94**	**130.355**	**71**	**88.011**	**52**	**27.773**	**217**	**246.139**

500 años) y el calado o altura alcanzado por las aguas (<0,8m; >0,8 m). Cruzando el grado de riesgo con los usos actuales del suelo se obtiene el impacto actual de las inundaciones, y haciendo lo mismo con los usos planificados, se calcula el impacto futuro. A continuación se proyectan las actuaciones para actuar frente al impacto.

Las medidas que el PATRICOVA prevé son de tres tipos: estructurales, de restauración hidrológico-forestal y en materia de ordenación urbanístico-territorial (Tabla 5). Las dos primeras dan lugar al Programa de Actuaciones del Plan; las terceras constituyen su Normativa.

Figura 18. Mapa de impacto actual por municipios contemplado por el PATRICOVA. Fuente: El PATRICOVA: un ejemplo del tratamiento del riesgo de inundación en la ordenación de territorio (2001) [27].



Las actuaciones estructurales se proyectan para corregir, mediante actuaciones concretas, los problemas actuales. Las de restauración hidrológico-forestal se proyectan como acciones y medidas más extensivas en una cuenca vertiente problemática, que contribuirán a disminuir el riesgo y aportarán unos beneficios añadidos. Por último, las urbanístico-territoriales son normas de carácter preventivo, cuyo cometido es impedir el impacto futuro de las inundaciones. La incorporación también de un Estudio de Impacto Ambiental por parte del PATRICOVA sirve de evaluación y apoyo para todas estas actuaciones.

El PATRICOVA finalmente delimitó 278 zonas de inundación, 146 de las cuales de carácter importante. En total suponen 1.256 km^2, o un 5´4% del territorio valenciano. Por provincias, la más afectada en términos absolutos es la de Valencia (1.078.390 ha), mientras que en términos relativos es la de Alicante (7´3%). El impacto actual de las inundaciones, sin embargo, afecta más a los usos urbanos, en un 79%, mientras que un 21% corresponde a usos agrícolas. Es por ello que, por municipios (Figura 18), los que tienen un mayor impacto actual son, en general, grandes y poblados y se encuentran situados en las principales zonas de inundación. 393 de los 541 municipios existentes en la Comunitat Valenciana tienen alguna clase de suelo afectada por el riesgo, cifra que se reduce a 221 si consideramos solo aquéllos que tienen suelo urbano o urbanizable afectado. De estos, solo

136 cuentan con suelo urbanizable inundable.

Otra conclusión que se extrae del PATRICOVA es que, en caso de que se llegue a desarrollar, es decir urbanizar y edificar, todo el suelo urbanizable previsto en el planeamiento de los municipios afectados, el impacto futuro se incrementaría en un 55% respecto del impacto urbano actual. Este resultado refrenda la importancia de incorporar a los procesos de planificación variables relacionadas con el riesgo de inundación. En el propio Estudio de Impacto Ambiental del Plan, se concluye que el PATRICOVA es, en sí mismo, una medida correctora de la situación actual, a la cual se ha llegado por una falta de concienciación medioambiental de la sociedad[25].

4.2 Directiva de Inundaciones

Entre 1998 y 2004, Europa sufrió más de 100 inundaciones importantes que causaron unos 700 muertos y obligaron al desplazamiento de alrededor de medio millón de personas y que ocasionaron unas pérdidas económicas, cubiertas por seguros, de por lo menos 25 000 millones de euros[28].

La UE reconoce que las inundaciones son un fenómeno natural que no puede evitarse, pero su probabilidad y sus efectos se ven incrementados por causa de la actividad humana. Los riesgos de inundación y la importancia de los daños por ellas ocasionados van a aumentar en el futuro, debido principalmente al cambio climático, a la inadecuada gestión de los ríos, a la edificación de construcciones en las zonas inundables y al ascenso del número de personas y de bienes presentes en esas zonas.

Por otra parte, la mayor parte de las cuencas hidrográficas de Europa están compartidas entre varios países.

A partir de estas premisas, la UE elabora la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (DO L 288 de 6.11.2007) que tiene por objeto crear un marco común que permita evaluar y reducir en la Unión Europea (UE) los riesgos de las inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, los bienes y las actividades económicas.

La Directiva ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación (BOE número 171 de 15/7/2010).

A diferencia de la directriz (enmarcada en el ámbito de la Norma Básica de Protección Civil y con una distribución de competencias de acuerdo al ordenamiento territorial del estado español en comunidades autónomas), este real decreto, así como la directiva de inundaciones de la que emana, establece la cuenca hidrográfica como el marco de juego de la planificación. Se trata de una unidad territorial de índole natural que, como sabemos, puede superar (y supera la mayor parte de las veces) no ya los límites de las comunidades autónomas sino incluso de los propios estados miembros. De ahí que las medidas contempladas para la prevención y gestión de los riesgos se

28. Unión Europea. Flood management and evaluation. 2007 http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28174_en.htm

organicen por demarcaciones hidrográficas, tal como quedan establecidas en la Directiva marco del agua (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, disponible en http://eur-lex.europa.eu/). Este enfoque territorial modifica la situación descrita más arriba, que exigía planes a escala estatal y para cada comunidad autónoma. Aquí, los planes son de cuenca hidrográfica.

Las disposiciones contenidas en este real decreto son de aplicación a las inundaciones ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición.

Las medidas que se establecen en el nuevo marco jurídico son las siguientes:

1. Evaluación preliminar del riesgo de inundación. En cada demarcación hidrográfica se realizará una evaluación preliminar del riesgo de inundación, con objeto de determinar aquellas zonas del territorio para las cuales se haya llegado a la conclusión de que existe un riesgo potencial de inundación significativo, o en las cuales la materialización de ese riesgo puede considerarse probable. Basándose en esa evaluación, se clasificará cada cuenca hidrográfica como «zona de riesgo potencial significativo» o como «zona sin riesgo potencial significativo». Tanto la evaluación como la clasificación resultante de ella deben ponerse a disposición del público y han de revisarse cada seis años. La evaluación preliminar del riesgo de inundación concluirá antes del 22 de diciembre de 2011.

2. Mapas de peligrosidad y mapas de riesgo de inundación. Los mapas de riesgo de inundación incluirán entre su información el número indicativo (*sic*) de habitantes que pueden verse afectados, el tipo de actividad económica de la zona, las instalaciones industriales que puedan ocasionar contaminación accidental, las estaciones depuradoras de aguas residuales, las zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats o especies que pueden resultar afectadas. Las zonas de riesgo se clasificarán según su nivel de riesgo (alto, medio o bajo). Los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación deberán elaborarse antes del 22 de diciembre de 2013.

3. Planes de gestión del riesgo de inundación que deben elaborarse partiendo de los principios generales de solidaridad, coordinación entre las distintas administraciones públicas e instituciones implicadas, coordinación con otras políticas sectoriales, respeto al medio ambiente y planteamiento estratégico con criterios de sostenibilidad a largo plazo.

Los organismos de cuenca, las administraciones competentes en las cuencas intracomunitarias, las administraciones competentes en materia de costas y las autoridades de protección civil, establecerán los objetivos de la gestión del riesgo de inundación, centrando su atención en la reducción de las consecuencias adversas potenciales de la inundación para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural, la actividad económica, e infraestructuras.

Como se observa, falta una mayor involucración de grupos competentes: así, por un lado, en la planificación, la de aquellos que aporten una visión integral de la ordenación del territorio (geógrafos, ecólogos, etc.); y por otro, las propias autoridades sanitarias no están contempladas a la hora de evaluar e intervenir en la gestión del riesgo de "las consecuencias adversas potenciales de la inundación para la salud humana"

Los planes de gestión del riesgo de inundación por demarcación hidrográfica se aprobarán y publicarán antes del 22 de diciembre de 2015.

La Directiva de Inundaciones y el sistema nacional de cartografía de zonas inundables marcan el inicio de una puesta en común de las administraciones trabajando con un mismo fin: la prevención y la planificación de las inundaciones. Se homogeneizan metodologías de trabajo y se establecen criterios de evaluación. Los planes de protección civil mencionados en el apartado anterior se adaptarán a la Directiva de Inundaciones, incluyendo los mapas de peligrosidad y de riesgo que resulten de la evaluación preliminar del riesgo de inundación[29].

4.3. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

Aparte de todos los planes de actuación bajo situaciones extremas, y las legislaciones reguladoras, actualmente vigentes, España, en respuesta a la proyección de escenarios futuros que veíamos en el apartado 1 del presente capítulo (Figuras 3 y 4), aborda su propio "Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático"[30]. Nace como "marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático". Su horizonte de aplicación es a medio y largo plazo.

Las pretensiones de este Plan, de momento, son "facilitar y proporcionar de forma continua asistencia a todas aquellas administraciones y organizaciones interesadas –públicas y privadas, a todos los niveles- para evaluar los impactos del cambio climático en España en el sector/sistema de su interés, facilitando los conocimientos sobre el tema y los elementos, las herramientas y los métodos de evaluación disponibles, con objeto de promover procesos de participación entre todos los involucrados que conduzcan a la definición de las mejores opciones de adaptación al cambio climático".

Lo que se persigue es "la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de los distintos sectores y/o sistemas", como cumplimiento a los compromisos que nuestro país ha adquirido en el contexto internacional de la Convención Marco de Naciones

29. Álvarez Seco A. Aplicación de la nueva legislación de inundaciones en la planificación de protección civil. 2010. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Ministerio del Interior. http://www.proteccioncivil.es/es/.... /Aplicacion_legislacion.pdf

30. Ministerio de Medio Ambiente. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: Marco para la coordinación entre Administraciones Públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Oficina Española de Cambio Climático. S. G. para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pdf/pna_v3.pdf

31. CMNUCC. Quinta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Diciembre 2009. http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/divulgacion/pdf/5cn.pdf

Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)[31] y de la Unión Europea.

Como objetivos específicos iniciales que se pretenden en las primeras evaluaciones y proyectos a desarrollar, se plantean los siguientes:

- desarrollar los escenarios climáticos regionales para la geografía española;
- desarrollar y aplicar métodos y herramientas para evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos en España[32,6];
- aportar al esquema español de I+D+i las necesidades más relevantes en materia de evaluación de impactos del cambio climático;
- realizar un proceso continuo de actividades de información y comunicación de los proyectos;
- promover la participación entre todos los agentes implicados en los distintos sectores / sistemas, con objeto de integrar en las políticas sectoriales la adaptación al cambio climático;
- elaborar informes específicos con los resultados de las evaluaciones y proyectos;
- elaborar informes periódicos de seguimiento y evaluación de los proyectos y del conjunto del Plan Nacional de Adaptación.

En definitiva, este Plan pretende servir de enlace entre los escenarios y escalas de proyección climática a nivel mundial, y la aplicación de escenarios, evaluación de impactos, y coordinación de políticas y planes a nivel nacional y regional.

5. Propuesta de sistema de vigilancia

Tal como se ha indicado, el carácter espacialmente localizado de gran parte de estos fenómenos extraordinarios, o eventos extremos, invita a abordarlos con herramientas específicas, adaptadas tanto en lo que se refiere a la evaluación de las consecuencias como en lo que se refiere al establecimiento de sistemas de vigilancia eficientemente adaptados.

Se hace preciso, en primer lugar, definir el papel de la salud pública en los planes de prevención e intervención, incorporando sus puntos de vista y herramientas de trabajo en los planes de prevención y de gestión de riesgos.

Además de promover la creación de sistemas integrales de vigilancia que partiendo de la experiencia adquirida permitan intervenir adecuadamente ante eventos extremos, en orden a minimizar los efectos en salud, tal como se definen más adelante, es preciso dotar a los servicios de salud pública de los oportunos instrumentos de sistematización de actuaciones.

Los planes resumidos más arriba ya incluyen sistemas de vigilancia que deben incorporar indicadores del estado de salud de los grupos de población en riesgo y de colectivos especiales.

32. Moreno JM, Cruz A. Principales Conclusiones de la Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Oficina española del cambio climático del Ministerio de Medio Ambiente. 2005. http://www.aguastenerife.org/jornadas/PDF/Jornadas%20CCHC/C-02-AlbertoCruz.pdf

5.1. Definición de población en riesgo

Una de las tareas básicas de los profesionales de la salud pública en la prevención y en la gestión de una catástrofe es identificar la población en riesgo, es decir, los grupos específicos que podrían estar expuestos a las consecuencias del evento y caracterizar actividades que incrementarán la magnitud de dichos efectos.

Como se ha mencionado, los mapas de riesgo de inundación deben incluir entre su información el número indicativo de habitantes que pueden verse afectados. Pero con esto no se avanza gran cosa. Necesitan ser determinados tanto el tamaño como las características de la población. Las poblaciones potencialmente afectadas deben ser identificadas lo más específica y adecuadamente posible. Un minucioso análisis identifica poblaciones y la magnitud y modalidad de la exposición al riesgo. Hay que diferenciar:

5.1.1. Riesgo por proximidad

- Población residencial. Los residentes constituyen la población más probable de estar afectada.
- Población de ocio: campos, parques, terrenos de juego, playas y orillas de lagos.
- Población laboral de las proximidades. Identificar actividades de mayor riesgo.
- Población transeúnte. Hoteles, atracciones turísticas, población ocasional.
- Población de los servicios asistenciales, emergencias, desescombro, etc.

5.1.2. Riesgo por proximidad más riesgo intrínseco

- Población potencialmente en alto riego: colegios, centros de día, terrenos de juego, centros de jubilados o instalaciones sanitarias. Otro grupo de alto riesgo incluye los que presentan mayor susceptibilidad por presentar enfermedades previas.
- Poblaciones especialmente vulnerables por prácticas profesionales o de otro tipo.

También es necesario identificar patrones de uso del territorio afectado:

- Uso de agua subterránea, en qué magnitud, cuándo.
- Uso de agua superficial. Verificar el uso de láminas de agua superficial…
- Consumo y uso de alimentos producidos localmente y potencialmente afectados por la catástrofe.

Por ello, se hace necesario que los organismos de cuenca, a la hora de establecer los mecanismos de prevención previstos en el real decreto 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, incorporen el trabajo de los profesionales de salud pública para enriquecer y optimizar la planificación e intervención.

5.1.3. Estudio de las alertas históricas

Para favorecer la respuesta ante una alerta, y limitar el impacto sanitario a corto plazo, se deben desarrollar herramientas de vigilancia que permitan la estimación de la amplitud de las consecuencias sanitarias

inmediatas de la catástrofe y de identificación precoz de la aparición de problemas sanitarios, directa o indirectamente ligados a la catástrofe[11].

Sería preciso analizar para ello los datos agregados disponibles, de manera sistemática y estandarizada, de diferentes sucesos y sus impactos a partir de las fuentes de información disponibles: datos meteorológicos, datos sobre cortes de electricidad, cartografía de inundaciones, indemnizaciones por sectores, datos de actividad hospitalaria, de urgencias, datos de consumo médico (medicamentos, consultas)…

5.1.4. Determinación de impacto en salud y análisis de la evolución en el tiempo

Ello permitirá el desarrollo de indicadores de impacto y de métodos de interpretación de datos de efectos. Su análisis sistemático y estandarizado debe contribuir a crear un auténtico sistema de vigilancia destinado a identificar rápidamente los problemas de salud en función de los escenarios de la catástrofe y a estimar su intensidad.

Hay que tener en cuenta a este respecto que los estudios ecológicos presentan problemas para la cuantificación de los efectos diferidos de los eventos extremos. En un estudio realizado en Inglaterra y Gales para la serie de años 1994 a 2005 en zonas que han sufrido inundaciones, se ha encontrado una disminución de la mortalidad en el año siguiente al de la inundación, respecto al año anterior a la inundación, en comparación a zonas sin inundaciones, probablemente, según los autores, debido a los desplazamientos de parte de la población[33].

Por ello, la vigilancia epidemiológica a medio y largo plazo, mediante protocolos de seguimiento de cohortes de las poblaciones afectadas, y el análisis de eventos catastróficos y sus impactos, debe permitir una mejor concepción de los planes de gestión y de las acciones de prevención puestas en marcha antes, durante y después del evento[11].

5.1.5. Propuestas en términos de conocimiento

Se hace necesario el estudio de las características socioeconómicas y del estado de salud de las poblaciones, así como las modalidades de exposiciones a los eventos y sus consecuencias a corto, medio y largo plazo.

Asimismo será conveniente estudiar la casuística, esto es, los escenarios de los eventos ligados a la aparición de efectos específicos y el impacto de las acciones de gestión adoptadas.

El contacto estrecho con la población permite conocer sus necesidades y responder de manera más eficiente ante la aparición de estos eventos.

El registro de las poblaciones implicadas facilitará la puesta en marcha de cohortes específicas que deberá permitir efectuar esta investigación.

33. Milojevic A, Armstrong B, Kovats S, Butler B, Hayes E, Leonardi G, Murray V, Wilkinson P. Long-term effects of flooding on mortality in England and Wales, 1994-2005: controlled interrupted time-series analysis. Environ Health. 2011 Feb 2;10(1):11.

6. Conclusiones

Los diferentes escenarios de cambio climático describen un futuro probable con una tendencia a largo plazo hacia el calentamiento y el aumento de la sequía. Sin embargo, también prevén que se incremente la frecuencia de eventos extremos, no solo olas de calor y sequías profundas y prolongadas, en línea con la tendencia general, sino también olas de frío y lluvias torrenciales.

El territorio español presenta unas peculiaridades que lo hacen más proclive, si cabe, a estas situaciones. Un flujo zonal de vientos del Oeste más debilitado, más septentrional y con sinuosidades más pronunciadas, tal como reflejan los modelos de circulación general, augura para España tanto un probable incremento de las sequías y una tendencia a disminuir las precipitaciones totales a largo plazo, como una mayor frecuencia de lluvias torrenciales de origen mediterráneo. Así pues, la irregularidad propia de nuestro clima se vería exacerbada, y las sequías, las precipitaciones extremas, las olas de calor, e incluso posiblemente heladas, olas de frío, granizadas y temporales de viento serían riesgos climáticos en aumento sobre la Península Ibérica. En todo caso, hay que advertir que las proyecciones no están exentas de incertidumbres y estas son mayores en lo que se refiere a las precipitaciones que en lo que se refiere a las temperaturas.

Salvo para los extremos térmicos, que sí han sido bastante estudiados tal como se recoge en otro capítulo de este informe, hay pocos datos que permitan establecer conclusiones consistentes sobre los efectos en salud de los eventos extremos en España.

Aparte de los obvios efectos directos en forma de traumatismos de diversas consecuencias, hay que considerar los efectos diferidos en el tiempo debidos a la pérdida de calidad de vida que se produce tras estos eventos.

Hay dos tipos de medidas que han de ser acometidas de forma ineludible. Por un lado, es preciso conocer para poder actuar con eficiencia. En los extremos térmicos, este conocimiento ha sido fundamental para desarrollar planes de adaptación con buenos resultados. Para el resto de los eventos es más complicado alcanzar este conocimiento por la diversidad de situaciones que se pueden presentar. Es preciso establecer programas de vigilancia fundamentados en la investigación de las situaciones que se han vivido en el pasado, definiendo con la mayor precisión los efectos producidos y los grupos de población afectados.

Por otro lado, los planes y programas de intervención ante catástrofes debieran contar en su elaboración con una mayor participación de grupos interdisciplinares (visión integral del territorio), y en concreto, el asesoramiento del sector salud, para incrementar su eficacia. Incluso en aquellos que ya están definidos y reglamentados es conveniente su participación activa.

3.1.3. Cambio climático y agua. Riesgos y problemas sanitarios

1.- Introducción

Según la mayoría de los expertos en el tema, el cambio climático es ya una realidad científicamente demostrada y España es una de las zonas más vulnerables de la Unión Europea. El aumento de las temperaturas vendrá probablemente acompañado de cambios en la abundancia y distribución de las precipitaciones, aumento de la contaminación del agua y de la atmósfera, aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos como las inundaciones y las sequías, cambios en la distribución de los vectores de transmisión de diversas enfermedades, -la mayoría de ellos ligados al medio hídrico-, y una subida del nivel del mar, entre otros efectos.

En el presente informe se describen algunos aspectos relacionados con el agua y los posibles impactos o fuentes de problemas sanitarios derivados del cambio climático. La información pretende ser de utilidad como apoyo a planes sanitarios y para el establecimiento de medidas preventivas y adaptativas.

A lo largo del escrito se consideran problemas de salud relacionados con el agua, no únicamente las enfermedades transmisibles de origen hídrico, adoptando de este modo una visión más amplia y ajustada a la realidad. Para ello se han consultado numerosas fuentes de información y a especialistas de diferentes áreas.

Las enfermedades transmitidas por vectores, los aspectos sanitarios de la alimentación ligados al cambio climático y los eventos climatológicos extremos como las inundaciones, son temáticas recogidas por otros informes de la misma serie.

El agua es una necesidad vital para todos los seres humanos, es fuente de vida, pero también puede ser origen de enfermedades y destrucción. El acceso a un agua salubre y la existencia de saneamiento son dos determinantes esenciales para la buena salud de la población. Mientras en España, las condiciones propias de un país desarrollado aseguran la vigilancia sanitaria y un buen nivel de calidad de las aguas, en gran parte de la población mundial, en particular en nuestra vecina África y en Asia, el acceso generalizado a un agua salubre sigue siendo uno de los grandes retos sanitarios, y condición indispensable para reducir la gran morbilidad y mortalidad que padecen.

El cambio climático ha comenzado a afectar al agua y deben esperarse en España posibles efectos sanitarios durante los próximos decenios. Sin embargo, probablemente gracias a nuestros experimentados mecanismos de gestión del agua, desarrollados en un país que soporta situaciones climáticas extremas, desde gotas frías e inundaciones hasta sequías muy intensas, las repercusiones podrían ser paliadas de forma efectiva. Quizá esta confianza en nuestros avanzados sistemas de vigilancia y seguridad sanitaria, el nivel de calidad de los abastecimientos y saneamientos alcanzado en España, no ha permitido aún que se despierte el interés necesario por la investigación de posibles efectos sanitarios relacionados con el agua y el cambio climático.

El agua es necesaria en todos los sectores e incide directamente en la producción y calidad de los alimentos. No cabe duda de que es mucho más que un mero recurso, en el que los factores climatológicos tienen tanta

importancia en su gestión como las consideraciones de índole social. No ha sido hasta tiempos recientes cuando se ha introducido la cultura de la sostenibilidad con el objetivo de atenuar el efecto de una población humana de crecimiento imparable (para el 2050 se proyectan 8,9 millones de seres humanos sobre la tierra[a]). Dotar de agua y alimentos en buenas condiciones sanitarias a una población creciente es una prioridad fundamental de todos los gobiernos.

En los últimos años se ha comenzado a tomar conciencia de la situación actuando rápidamente, mientras se genera y procesa el conocimiento necesario para hacer frente a una situación que se prevé complicada, y que podría afectar seriamente a la salud de millones de personas. Prever y resolver los problemas sanitarios y ambientales modulados por un clima cambiante, es tarea que requiere de una profunda implicación por parte de científicos, técnicos, responsables de Salud Pública y Medio Ambiente, políticos y ciudadanos en general.

Mientras se elaboraba el presente trabajo, se constató que las series temporales de registros climáticos y de variables físico-químicas y biológicas en las aguas, suelen ser cortas y frecuentemente con datos escasos o fragmentados. Este hecho dificulta hacer cualquier tipo de previsión sin que existan unos enormes márgenes de incertidumbre. No obstante, existe un consenso generalizado entre los especialistas por el cual la incertidumbre no debe ser motivo de inacción; cualquier medida adoptada con la finalidad de prevenir, mitigar o lograr una adaptación a las previsiones del cambio climático, sean certeras o exageradas, deben ser entendidas como una vía hacia la sostenibilidad y, por tanto, beneficiosas para el conjunto de la sociedad y para el medio ambiente.

El conocimiento y la tradición de una cultura milenaria del agua en un territorio de contrastes, nos sitúa en una posición ventajosa para el desarrollo de medidas de actuación ante el cambio climático. Ese acervo y la capacidad para administrar un bien escaso como el agua pueden ser nuestra principal herramienta de lucha contra los posibles efectos que se avecinan. Compartir ese conocimiento y transferir las tecnologías, constituyen por tanto una obligación en un mundo en el que a las diferencias ya existentes se sumarán las que genere el clima.

2.- Clima y agua

El clima de España es notablemente diverso debido a su situación geográfica y su compleja orografía. Dentro de la Península es posible encontrar amplitudes térmicas medias[b] de 18 °C, y unas precipitaciones medias anuales que oscilan entre 150 mm y más de 2.000 mm en puntos que no se alejan más de 270 km en línea recta y casi están en la misma latitud (ej: Tabernas en Almería y Grazalema en Cádiz).

El clima del archipiélago canario pertenece a la región tropical y muestra diferencias importantes incluso entre islas geográficamente próximas. Sería

a. Proyección media según Naciones Unidas. Fuente: http://www.un.org/esa/population/publications/longrange2/WorldPop2300final.pdf.

b. Amplitud térmica (AT): Diferencia entre la temperatura media del mes más cálido menos la del mes más frío. En la Península Ibérica son relativamente frecuentes amplitudes térmicas diarias de más de 20 °C, normalmente en invierno.

más correcto hablar por tanto de diferentes climas, en los que las condiciones topográficas regionales permiten la existencia de "microclimas", dificultando la aplicación de modelos de proyección climática y el análisis de previsiones a pequeña escala (local o regional).

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ha estudiado la evolución reciente del clima encontrando importantes hallazgos, y ha desarrollado modelos climáticos regionalizados[c,1] para diversos escenarios de cambio climático, como sustrato fundamental del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino[2], y como marco general de referencia para todas las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación requeridas por la cambiante situación.

Conocer cómo el clima ha comenzado a cambiar, y disponer de proyecciones climáticas de cómo se comportará previsiblemente, son elementos críticos sobre los que se asientan la mayoría de las previsiones de impacto, incluidas las que atañen a los efectos sobre la salud, de ahí su interés.

2.1. Observaciones climatológicas del pasado reciente

2.1.1. Temperaturas

Entre 1850 y el año 2005, se observaron unas oscilaciones anuales para las temperaturas medias diarias en España peninsular de 0,1 °C [0,08-0,12]. Sin embargo, para el periodo reciente entre 1980 y 2006, la AEMET dispone de una serie de temperatura media anual de la España peninsular y Baleares (datos de unas 40 estaciones), que muestra una tendencia creciente de 3,7 °C/100 años. Algunos especialistas determinan que los cambios acelerados que se observan en las últimas décadas podrían atribuirse al cambio climático, no obstante, con series temporales cortas no es posible realizar tal afirmación taxativamente.

2.1.2. Precipitaciones

Durante el siglo XX a escala global, se ha observado un incremento de las precipitaciones en las latitudes más septentrionales, con un descenso ente los 10º S y 30º N (zonas templadas y tropicales) desde 1970. No obstante, los cambios en las precipitaciones muestran una considerable variabilidad espacial y temporal entre décadas. La frecuencia de eventos con fuertes lluvias ha aumentado en general en la mayoría de las zonas. Ha habido una considerable disminución de los glaciares de montaña y de la acumulación de nieve en el hemisferio norte. Se han observado cambios en los límites temporales en los ciclos de los deshielos afectando a sus correspondientes ríos y lagos[3].

En general, la tendencia de las precipitaciones en España no muestra un comportamiento tan definido como la temperatura. Esto se debe al

c. Los datos regionalizados son públicos, previa justificación del proyecto al que se van a destinar. Más información: http://www.aemet.es. La Agencia Catalana de Cambio Climático ha realizado iniciativas semejantes.

reparto estacional y espacial de la pluviosidad, muy complejo en nuestro país, lo que obligaría al empleo de series temporales climáticas más extensas, de disponibilidad limitada. Cuando se utilizan las series pluviométricas anuales más extensas de la Península Ibérica, no se muestran tendencias significativas, a excepción de algunas series meridionales (Gibraltar, San Fernando) con tendencia estadísticamente significativa a la baja[1].

Una investigación con 53 series pluviométricas hasta 1990, dibujó un mapa con una tendencia indefinida en la zona centro, un cierto apunte al alza en el norte y noroeste peninsular, y una tendencia decreciente en el sur y el sureste peninsular. Resultados semejantes han ofrecido otros análisis entre 1880 y 1992, donde existen cierta tendencia al alza en la franja norte y descensos en el interior y la zona mediterránea. En los análisis regionales en el tercio final del siglo XX se aprecia una reducción significativa de la cantidad de precipitación en la zona este y sur de la Península[1].

2.1.3. Otros factores climatológicos

La evapotranspiración, la humedad atmosférica y la escorrentía superficial son parámetros con importantes connotaciones ecológicas que permiten establecer, entre otros, los índices de aridez y calcular el agua que regresa a la atmósfera sin que pueda ser empleada en las actividades humanas. Muchas especies son sensibles a la humedad ambiental condicionada por el grado de evapotranspiración. Esta circunstancia es especialmente interesante conociendo los márgenes de supervivencia de diversos organismos causantes de enfermedades o capaces de transmitirlas.

Los vientos tienen una importancia enorme en el clima e influyen en numerosos procesos ecológicos, también en ecosistemas acuáticos. Cambios en la dominancia de los vientos pueden repercutir, entre otros factores, en la estratificación de las aguas, en los procesos de afloramiento de nutrientes y en el movimiento de las proliferaciones masivas de cianobacterias, dinoflagelados y otros microorganismos.

2.2. Proyecciones climáticas futuras y aspectos hidrológicos

La realización de proyecciones climáticas se enfrenta inevitablemente a la presencia de incertidumbres que contaminan los resultados y los pueden separar en mayor o menor medida de una previsión acertada.

A escala global, algunas zonas áridas y semiáridas (como la cuenca mediterránea, el oeste de EEUU, África del sur y noreste de Brasil) están particularmente expuestas a los impactos del cambio climático y se proyecta que van a sufrir reducciones en la disponibilidad de recursos hídricos por esta causa[4].

Tomando como referencia el documento de proyecciones climáticas regionalizadas elaborado por la AEMET[1], las primeras proyecciones de temperaturas para el siglo XXI publicadas en el marco de los proyectos de investigación PRUDENCE y PROMES, establecen para el escenario de emisiones gases de

Figura 1

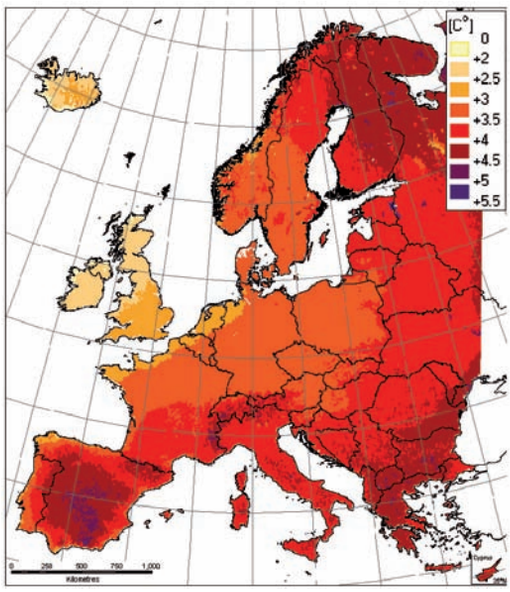
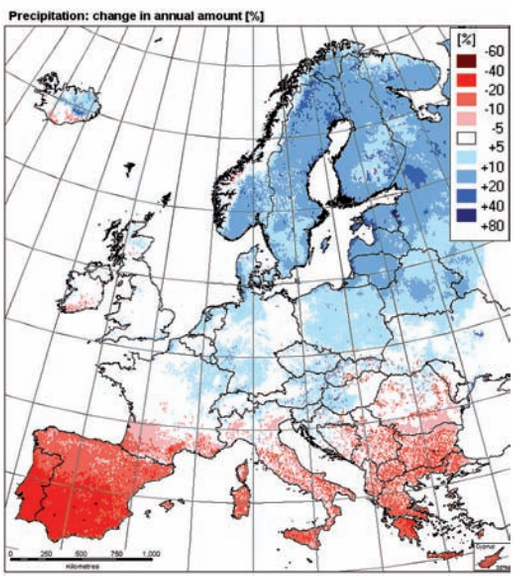


Figura 2



invernadero medio-alto (A2)[d], horquillas de variación de aumento de temperaturas medias aproximadas de 1-2 °C, 3-5 °C y 5-8 °C para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 respectivamente, para las zonas del interior de la Península Ibérica, que son las que se esperan mayores incrementos de temperatura. La misma tendencia se observa para los meses de verano con un incremento de la temperatura más acusado que en invierno. El escenario de emisión medio-bajo (B2)[e] muestra valores aproximadamente 2 °C inferiores para el último tercio del siglo XXI, con mayor variación en los meses estivales y menor en los invernales.

Las proyecciones de precipitación muestran una mayor dispersión, aunque parece haber una tendencia a la reducción hacia el Sur. La distribución anual de las precipitaciones también muestra poca solidez. En general, los resultados relativos a la precipitación tienen menor robustez, debido al error que introducen los métodos de regionalización y la posición de la Península Ibérica en la zona de transición entre las latitudes altas, en las que aumentará la precipitación, y la zona subtropical, en la que habrá reducción.

Las previsiones de abundancia y distribución de las precipitaciones a lo largo del año son fundamentales para la mayoría de los sectores íntimamente relacionados con el agua, como la distribución para consumo, los

d. Las características principales del escenario A2 son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Se considera un índice de natalidad en continuo crecimiento. El desarrollo económico es básicamente regional. El crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios. Existen proyectos a escala europea de predicción de escenarios climatológicos regionales en los que ha habido una intensa participación de España, por ejemplo el Proyecto ENSEMBLES. Más información: https://www.meteo.unican.es/ensembles/intro.html.

e. El escenario B2 considera un mundo en el que predominan soluciones locales de sostenibilidad económica, social y ambiental. La población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en el escenario A2, con unos niveles de desarrollo intermedios y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso.

regadíos, los cultivos de secano, el sector ganadero, el forestal, el energético y el sector sanitario.

Resulta especialmente ilustrativo observar algunas proyecciones en el contexto europeo. En los mapas adjuntos se observan las temperaturas y las precipitaciones medias anuales a finales de siglo para un escenario de cambio climático.

Las figuras 1 y 2 se basan en el escenario A2 del informe SRES[f] del IPCC. Los impactos climáticos previstos se refieren al horizonte 2071-2100 en relación con 1961-1990. En los mapas[g] queda patente nuestra situación más vulnerable en el contexto europeo.

Se prevé un aumento de la variabilidad y la intensidad en las precipitaciones que podría ocasionar riesgos de inundaciones y sequía en muchas áreas. En particular, se espera un aumento de la frecuencia de grandes precipitaciones durante el siglo XXI, ocasionando un aumento del riesgo de inundaciones. Al mismo tiempo se esperan sequías extremas y un aumento de veranos más secos en las zonas continentales.

Los incrementos de temperaturas por sí mismos inciden directamente en el grado de evapotranspiración y, por tanto, en la disponibilidad de agua.

Existe un buen número de trabajos de simulación climática. A continuación se recogen algunas cifras de referencia.

Concretamente, algunas de las modelizaciones apuntan que para el horizonte 2030 considerando dos escenarios, uno con un aumento de 1 °C en la temperatura media anual, y otro con una reducción del un 5% en la precipitación media anual e incremento de 1 °C; son posibles reducciones medias de aportaciones hídricas en régimen natural en España entre un 5-14%. Para el 2060, se produciría una disminución global media de los recursos hídricos del 17%, considerando un aumento de la temperatura de 2,5 °C y una disminución de la precipitación de un 8%. En las cuencas del Guadiana, Canarias, Segura, Júcar, Guadalquivir, Sur y Baleares el impacto de la reducción de recursos hídricos sería más acusada. Las zonas semiáridas son las más críticas, donde las reducciones de aportación en régimen natural podrían suponer hasta el 50% de los recursos potenciales de la zona[5, 6]. Estos estudios también estiman que habría un incremento de la variabilidad interanual, lo que podría ocasionar años con un mayor déficit hídrico.

En un reciente informe realizado por el CEDEX[42] se evalúa en profundidad el impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural, empleando los escenarios de emisión A2 y B2 para cuatro períodos control 1961-1990 (período control), 2011-2040, 2041-2070 y 2070-2100. Los resultados indican que para el conjunto de proyecciones del escenario A2 supondría decrementos de precipitación media en España en el

f. SRES. Escenarios del Informe Especial de Escenarios de Emisiones.

g. Los mapas se basan en datos del proyecto DMI/PRUDENCE, y los ha procesado el Centro Común de Investigación (CCI) (JRC, Join Research Centre, de la Comisión Europea) como parte del estudio PESETA.

entorno del -5%, -9% y – 17% durante los tres últimos periodos indicados anteriormente. Para el escenario B2 se obtuvieron cifras semejantes en el intervalo 2011-2040, y un ligero incremento en el 2° periodo con una disminución de lluvia del -8%, sin embargo esta tendencia se suaviza en el 3er periodo llagando a una disminución del -9%. Datos semejantes se justifican para la evapotranspiración, recarga subterránea y la escorrentía, aportando numerosos mapas que muestran variaciones territoriales significativas. Llama la atención que según los autores, para el intervalo 2011-2040, las variaciones de precipitación en la vertiente mediterránea serían menos acusadas que para el resto de España.

Asimismo, Fernández Carrasco en su tesis doctoral[h] concluye que en 18 de 19 pequeñas cuencas estudiadas aplicando modelos hidrológicos a los escenarios PROMES, se obtienen disminuciones importantes de los recursos hídricos (entre -5% y -52%) y hace notar una discrepancia entre las evaluaciones hidrológicas anuales y las mensuales. Concluye que para estimar el impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico -de vital importancia en la gestión correcta del agua- se debe emplear, al menos, la escala mensual para que tenga la resolución suficiente y poder realizar el balance de las variables climáticas.

Estas disminuciones, unidas a las que eventualmente se sufren debido al efecto de las sequías, podrían incidir seriamente en la calidad de las aguas y generar diversos efectos sanitarios que se tratan en el apartado 5.

El incremento de temperatura de las aguas continentales y marinas es también objeto de investigación y proyección por las importantes implicaciones ecológicas que pueden producirse ante pequeñas variaciones.

Fenómenos climatológicos de El Niño, La Niña y la Oscilación del Atlántico Norte (OAN)

En la bibliografía sobre cambio climático, reiteradamente aparece alusión a diversos fenómenos climatológicos conocidos como El Niño/Oscilación Austral u Oscilación Sur (El Niño-Southern Oscillation, ENSO), relacionado con temperaturas inusualmente cálidas del océano en el Pacífico ecuatorial; La Niña, caracterizada por temperaturas anormalmente frías en la misma zona, y la Oscilación del Atlántico Norte, más cercana a España y con mayor influencia.

Son fenómenos cíclicos con cadencias de varios años cuya influencia en el clima global y en la producción de eventos climáticos extremos es indudable. Los expertos les atribuyen efectos ambientales y sanitarios relevantes, que se pueden confundir con efectos del cambio climático. También se discute sobre el efecto del cambio climático en la intensificación de estos fenómenos. Al menos en lo que respecta a El Niño, en las últimas previsiones no hay signos consistentes de que vayan a existir claros cambios de la amplitud o de la frecuencia del fenómeno durante el siglo XXI[7].

h. Fernández P. Estudio del Impacto del Cambio Climático sobre los recursos hídricos. Aplicación en diecinueve pequeñas cuencas en España. Tesis doctoral. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid; 2002.

3. Riesgos y problemas sanitarios relacionados con el agua

El mayor esfuerzo de recopilación de información y estudios de predicción sobre el impacto en el agua del cambio climático y sus efectos sobre la salud humana a escala internacional, se desarrolla permanentemente por parte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), bajo una estrecha vigilancia de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Existen informes recientes sobre impactos en la salud y posibles previsiones[4]. En España, se realizó una evaluación preliminar en 2005, editada por el Ministerio de Medio Ambiente[8], con la colaboración de la Universidad de Castilla-La Mancha, que incluye un capítulo dedicado a la salud humana. Desde entonces, la mayoría de las comunidades autónomas han iniciado sus propios estudios basados en proyecciones regionalizadas.

Sin embargo, los cambios más significativos relacionados con el agua y la salud alertados por el IPCC, se refieren a los eventos climatológicos extremos como las inundaciones, avenidas, tormentas, riadas, sequías, etc., algunos constatables, ya por un incremento "anómalo" de su frecuencia de aparición e intensidad. Coinciden los expertos consultados en que las amenazas sanitarias más importantes en España, en cuanto al agua de abastecimiento y las aguas recreativas, podrían relacionarse con episodios de contaminación intensos provocados por inundaciones y riadas, capaces de afectar, e incluso inutilizar algunas infraestructuras de abastecimiento y saneamiento, incrementándose el riesgo de contaminación de las captaciones de agua para consumo humano y poniendo en riesgo a la población por la aparición de brotes epidémicos de transmisión hídrica o intoxicaciones.

Los cambios de precipitación, régimen de escorrentía, evapotranspiración y temperatura pueden tener importantes efectos a largo plazo en la disponibilidad hídrica y en la gestión integral del agua; hasta el punto que se estima que los sistemas actuales deberán ser sometidos a una profunda revisión para evitar el colapso que supondría el aumento incesante de la demanda, y la disminución paulatina del agua disponible[6].

Otros problemas indirectos que se han identificado y deben considerarse son el aumento potencial de la contaminación de las aguas por mayor concentración de contaminantes, las proliferaciones de microorganismos nocivos o tóxicos, los desequilibrios ecológicos con alteración de la biodiversidad y aparición de especies invasoras, y otros problemas derivados de periodos de sequía anormalmente intensos o duraderos.

El aumento de temperatura y la reducción de disponibilidad hídrica, así como todas las consecuencias asociadas, son una fuente de posibles problemas sanitarios difíciles de evaluar, ya que los efectos dependerán de muchos factores como la capacidad de respuesta futura de los sistemas de gestión hídrica, la capacidad y correcta gestión de los sistemas de abastecimiento, la depuración de las aguas residuales y la vigilancia sanitaria y medioambiental, en particular las zonas de baño.

En las siguientes páginas se describen, bajo una perspectiva sanitaria, los impactos observados y los riesgos e impactos probables si se cumplen las proyecciones de cambio climático, con especial atención al agua de consumo humano y las aguas recreativas.

3.1. Agua para consumo humano

El agua de consumo humano (ACH) es la que se emplea para beber, cocinar, preparar alimentos, la higiene personal y otros usos domésticos independientemente de su origen y su forma de distribución. También se consideran ACH aquellas que se emplean en la industria alimentaria como agua de proceso para la fabricación de productos o sustancias destinadas a consumo humano, y las que se emplean para la limpieza de superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con el agua o los alimentos.

La calidad sanitaria del agua incide de manera fundamental en la salud de la población. Las aguas captadas en la naturaleza son sometidas por lo general a diversos sistemas de tratamiento con la finalidad de eliminar posibles contaminantes. En España es obligatoria la desinfección de las aguas, lo que permite un control estricto de la mayoría de agentes microbiológicos.

El agua, después de ser empleada en diversos usos domésticos e industriales, es recogida en redes de saneamiento y tratada en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), que constituyen una de las barreras sanitarias críticas antes de la liberación de los efluentes de nuevo al medio acuático. El grado actual de tratamiento de las aguas residuales ha aumentado notablemente en los últimos años. En 1991 el 60% de la población estaba conectada a algún sistema de depuración, mientras en el 2005 pasó a ser el 92%[9]. Aún así, persisten problemas de contaminación debidos generalmente a pequeños núcleos de población dispersa como urbanizaciones, casas o establecimientos aislados que no están conectados a ninguna red.

Volviendo al ACH, por ley sufre un riguroso control sanitario antes de su distribución. El marco legal aplicable es la Directiva 98/83/CE, relativa a la calidad del agua destinada al consumo humano y el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, que transpone al derecho español la citada directiva. Dicha normativa, establece unos valores de referencia máximos para diversos parámetros (sustancias químicas, indicadores, bacterias, etc.) establecidos a la luz del conocimiento científico, con la finalidad de realizar el seguimiento y la vigilancia de la calidad, protegiendo de ese modo la salud de la población.

La recogida de datos sobre calidad del ACH se realiza sistemáticamente por Internet desde el año 2003 mediante el Sistema Nacional de Información de Agua de Consumo (SINAC). Tras ocho años de funcionamiento, la población que cubre es aproximadamente del 92% del censo nacional y se dispone de datos correspondientes al 93% de los municipios de más de 5.000 habitantes y más del 70% de los de menos de 5.000 habitantes[10].

3.2. Aguas recreativas

Se consideran aguas recreativas aquellas que se emplean para el baño, tanto aguas interiores como en la costa, o donde se realicen diversas actividades de recreo como los deportes acuáticos, o cualquier otra actividad donde las personas puedan estar en contacto con el agua. Aunque las normativas aplicables en España

son diferentes, en ocasiones se incluyen las piscinas dentro de la categoría de aguas recreativas. Estas aguas están sometidas a vigilancia sanitaria y al control de la calidad, pero excepto en el caso de las piscinas y los parques acuáticos, las aguas no reciben un tratamiento de desinfección por lo que el nivel de exposición del público a los problemas sanitarios podría ser mayor. Cambios en las condiciones ambientales o climáticas tenderán a afectar más a las aguas naturales, ya que prácticamente escapan al control humano, a pesar de la monitorización y medidas sanitarias que puedan existir para alejar a los bañistas en caso de identificarse un posible riesgo.

Las aguas de baño se encuentran reguladas por Real Decreto 1341/2007, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. Esta norma, que excluye a las piscinas y balnearios, establece las medidas de control de calidad, la frecuencia de las tomas de muestras, la clasificación sanitaria de las aguas, etc.

Como herramienta de gestión y de recogida de datos sobre la calidad de las aguas de baño, el Ministerio de Sanidad dispone desde el año 2008 un sistema de información denominado Náyade.

4. Impactos observados

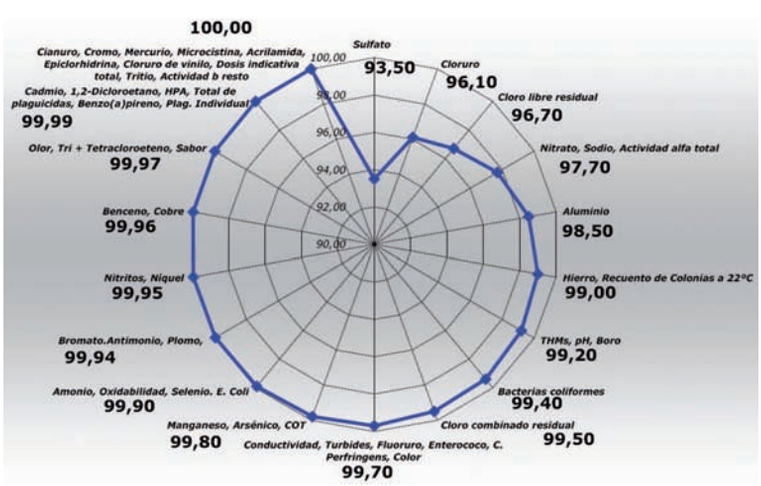
Con la finalidad de detectar posibles efectos sanitarios relacionados con el agua en España, atribuibles al cambio climático, se realizó una búsqueda bibliográfica, se consultó a expertos de diversos campos de la gestión e investigación de las aguas y la epidemiología, y a la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), concluyendo que existe un importante déficit de estudios científicos en esta materia.

De hecho, para el ACH y las aguas de baño, no se ha realizado aún un estudio en España que permita identificar posibles impactos sanitarios relacionados con la calidad, o las enfermedades de transmisión hídrica atribuibles al cambio climático. No obstante, a continuación se ofrece información sobre las investigaciones realizadas.

4.1. Calidad del ACH

La calidad del agua de consumo en España, tal como se describe en los últimos informes oficiales publicados, parece no haber experimentado un empeoramiento durante los años en los que existen registros; de todos modos, debe tenerse en cuenta que el control de la calidad de las aguas se realiza sistemáticamente desde desde finales de los años 80, y desde el año 2003 se

Gráfica 1. Representación del grado de conformidad expresado en % por parámetro en el año 2009. Fuente: Informe de calidad de agua de consumo en España.



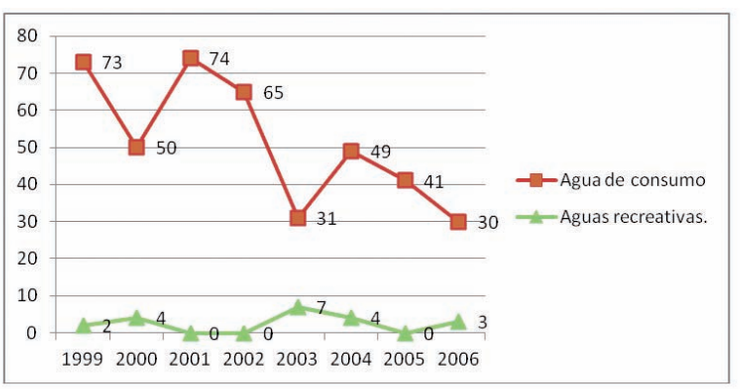
encuentra informatizado a través del SINAC, por lo que a juicio de los especialistas gestores del propio sistema, aún no se dispondrían de series temporales suficientemente maduras y extensas para realizar algún estudio de tendencias en combinación con las variables del cambio climático. Es más, la calidad del ACH se encuentra filtrada y modulada gracias a los sistemas de tratamiento y la gestión de los abastecedores, por lo que la posible utilidad de algunos de estos parámetros como indicadores de cambio climático debería ser cuidadosamente evaluada.

Sin embargo, la detección de ciertos parámetros que concentran el mayor número de incumplimientos, sí podrían representar una serie de vulnerabilidades que deben ser consideradas en los estudios de adaptación y prevención de efectos sanitarios, en particular bajo un clima cambiante, y teniendo en consideración el origen ambiental de esos problemas.

En todo caso, el seguimiento estrecho de la calidad se presenta como uno de los instrumentos fundamentales en la vigilancia sanitaria, que cobra mayor relevancia en un contexto de clima y disponibilidad hídrica variables.

En la actualidad, algunas preocupaciones relacionadas con la alteración de la calidad de las aguas de España y en el resto países europeos con un alto nivel de seguridad en sus abastecimientos, tienen que ver con la presencia de cianotoxinas, residuos medicamentosos y otros xenobióticos con capacidad de disrupción endocrina en ACH[11].

Gráfica 2. Brotes de transmisión hídrica en España. 1999-2006. Fuente: Boletín Epidemiológico Semanal



4.2 Brotes de transmisión hídrica

Mientras la mayoría de las enfermedades hídricas que se relacionan con abastecimientos de agua no son de declaración obligatoria en España, sí quedan registrados los brotes epidémicos, aunque en muchas ocasiones no se llega a averiguar su etiología (patógeno que lo ocasionó) o el mecanismo de transmisión, lo que dificulta su identificación. Desde el punto de vista de la vigilancia sanitaria, el control de los brotes tiene gran interés porque aunque no sean muy numerosos, pueden afectar a un número importante de personas.

El Real Decreto 2.210/1995, por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, establece la definición de brote o situación epidémica, la obligatoriedad de la declaración, la definición de un brote supracomunitario y su declaración urgente.

A modo de muestra, se representa en la gráfica la evolución temporal de los brotes hídricos registrados en España entre los años 1999-2006 por la Red Española de Vigilancia Epidemiológica. Durante estos años se declararon en España 433 brotes, con un total de

24.610 casos, 213 hospitalizados y 2 defunciones. De los 433 solo se identificó en 135 casos (un 31%) el agente etiológico, indicando la persistencia de la dificultad que existe en la investigación e identificación de dichos agentes. En esos años se observa una reducción de brotes de origen hídrico[12].

Los brotes de transmisión hídrica asociados a las aguas presentan una distribución estacional con un aumento en su incidencia durante los meses de verano (julio, agosto y septiembre), al igual que sucede con algunos brotes de origen alimentario, que también son sensibles a las temperaturas.

De forma directa y con los datos disponibles a partir de los boletines epidemiológicos no sería posible relacionar estos hechos con el cambio climático, pero la mayor concentración de casos en los meses más calurosos sí es un factor que debe considerarse en los estudios de vulnerabilidad frente a las previsiones existentes.

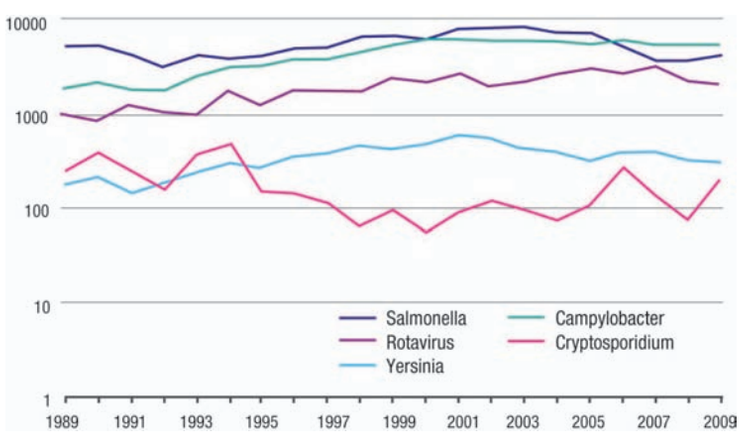
Es importante diferenciar los riesgos debidos al agua de bebida y aquellos a los que la población se expone en zonas recreativas a través del baño o por actividades en contacto con el agua. Mientras en el primer caso suele haber un control riguroso de la calidad del agua, unos sistemas de tratamiento y desinfección, unos sistemas de gestión y unas empresas responsables con laboratorios asociados y una estrecha vigilancia sanitaria por los responsables de Salud Pública, en el caso de las aguas de baño, solo se controlan aquellas que han sido declaradas por la autoridad sanitaria, y el control se limita a unos análisis puntuales. Ello hace que las zonas de baño puedan considerarse más vulnerables ante cambios de origen ambiental.

Tabla 1. Agentes etiológicos en los brotes de transmisión hídrica registrados en el periodo 1999-2006. Fuente: Boletín Epidemiológico Semanal.

Agentes patógenos.	Número de brotes	% de identificación respecto del grupo (bacterias, virus, protozoos)
BACTERIAS		
Shigella sonnei	14	24,13%
Campylobacter spp.	13 (10 corresponden a *C. jejuni*)	22.41%
Escherichia coli	7	12,07%
Salmonella thyphi/paratyphi	7	12,07%
Salmonella spp.	6	10,34%
Otras bacterias	11	18,96%
VIRUS		
Norovirus	26	54,16%
Virus de la Hepatitis A	14	29,16%
Rotavirus	6	12,5%
PARÁSITOS Y PROTOZOOS		
Cryptosporidium parvum	2	
Giardia lamblia	1	
G. lamblia + Cryptosporidium	1	
Giardia + Blastomycetes hominis	1	

Este informe no entra en riesgos sanitarios debidos a una probable mayor afluencia a las piscinas en los meses de estío, pero es un factor a considerar en próximos estudios relacionados con el agua.

Gráfica 3. Tendencias de los microorganismos más relevantes de infecciones gastrointestinales. Casos notificados al Sistema de Información Microbiológica. España 1989-2009. Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Fuente: Boletín Epidemiológico Semanal.



4.3 Agentes etiológicos comunes causantes de brotes hídricos en España

Abordar un estudio, sin duda necesario, en el que pueda conocerse qué agentes etiológicos serían potencialmente significativos en el futuro, no es tarea sencilla. Al igual que pasa con los efectos sanitarios de origen ambiental, las causas suelen ser multifactoriales y existen importantes vacíos de información. En la investigación epidemiológica, aunque se ha avanzado mucho, pocas veces se esclarece con total claridad el origen de un brote tal y como se ha señalado, además, los agentes etiológicos son muy diversos y frecuentemente pueden transmitirse no solo por el agua, sino por los alimentos o por contacto con animales. En los datos de muestra, durante esos ocho años entre 1999 y 2006, solo se identificó el 31% de los microorganismos o agentes causantes de la enfermedad. Entre los microorganismos patógenos, los más frecuentes, son las bacterias en un 51,7% de los casos, los virus, en un 42,85% y los parásitos en el 5,37% de los brotes. La distribución según frecuencia de identificación fue del siguiente modo:

Tabla 2. Número de brotes y casos de transmisión hídrica por ACH registrados en España entre 1999 y 2006. Fuente: Boletín Epidemiológico Semanal

Año	Brotes	Casos	Hospitalizaciones	Defunciones
1999	73	9.198	7	0
2000	50	3.011	30	0
2001	74	2.484	7	0
2002	65	3.729	55	0
2003	31	1.030	8	0
2004	48	1.445	24	1
2005	42	1.285	24	0
2006	30	1.460	49	1
Total	413	23.642	204	2

Las infecciones por *Salmonella spp.* fueron las que generaron mayor número de ingresos hospitalarios. Otras bacterias identificadas en brotes hídricos en España son *Yersinia enterocolitica* y *Aeromonas hydrophila*. En un trabajo de 1998 se cita adicionalmente un brote debido a *Clostridium sp.*[13]

En el estudio que recoge los datos entre 1999 y el 2006, cabe citar 5 brotes atribuidos a productos químicos (3, respectivamente, por estireno, cloro en la red de abastecimiento, un compuesto alcalino en agua embotellada, y 2 por plomo).

En cuanto a las deficiencias encontradas y a los factores que han contribuido a la aparición de los brotes, los tratamientos insuficientes de desinfección del agua y las averías en los sistemas de distribución se estiman que son la causa de más del 50% de los brotes. El agua no tratada procedente de manantiales, fuentes o sistemas alternativos al suministro principal se encuentra en menor cuantía (15%). En un 20% se desconoce cuáles son los factores que inciden en la aparición de brotes hídricos[14].

El 90% de la población española, según el censo, tiene acceso a agua de bebida en condiciones sanitarias saludables y adecuadas. No obstante, en ocasiones, la población puede estar expuesta a problemas de salud por contaminación hídrica. Dado que el agua sufre diferentes manipulaciones desde el origen hasta el consumo, los diferentes procesos desde la captación, distribución, almacenamiento y tratamiento de desinfección pueden verse alterados en particular bajo el cambio de las condiciones climatológicas.

En la gráfica 3 se observa la evolución de los casos notificados de algunas enfermedades gastrointestinales transmisibles por el agua y los alimentos. Sería adecuado un estudio en profundidad para analizar esas tendencias con series de datos más largas.

A pesar de las continuas mejoras en los abastecimientos, en los últimos años se observa una tendencia a un menor caso de infecciones bacterianas y a un incremento de declaración de brotes causados por virus y parásitos como también sucede en otros países

Tabla 3. Número de brotes y casos de transmisión hídrica en aguas recreativas registrados en España entre 1999 y 2006. Fuente: Boletín Epidemiológico Semanal.

Año	Brotes	Casos	Hospitalizaciones	Defunciones
1999	2	232	0	0
2000	4	69	0	0
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	7	442	9	0
2004	4	42	0	0
2005	0	0	0	0
2006	3	183	0	0
Total	20	968	9	0

europeos[12]. Los motivos fundamentales están relacionados con una mejora en los sistemas de diagnóstico de virus y protozoos en laboratorio, con una mayor notificación, y con la resistencia que muestran estos patógenos al tratamiento de desinfección en las plantas de tratamiento.

En la incidencia de las enfermedades y en los brotes hídricos existe una marcada estacionalidad. Es probable que las condiciones climáticas puedan incrementar el número de casos y problemas en los abastecimientos y las redes de saneamiento, generándose un riesgo para la población.

4.4. Brotes en aguas recreativas

Como puede comprobarse en la siguiente tabla, entre los años 1999-2006 la incidencia de los brotes en aguas recreativas es mucho menor tanto en número de brotes como en el número de casos.

También existe una marcada estacionalidad concentrada en los meses de verano (julio y agosto, principalmente).

En 19 casos se confirmó el agente etiológico, 17 de los cuales fueron en agua de piscinas (tratada) y dos en agua de mar.

En zonas de baño costeras del mar Mediterráneo hay cita de dos brotes en 2006 por algas tóxicas, sin especificar el tipo de efectos pero relacionado con especies del género *Gymnodinium sp.* y *Chattonella sp.* en la Región de Murcia, con 120 casos[12]. En Andalucía hubo un brote con 57 casos asociado a *Ostreopsis ovata*. Más adelante se alude a los riesgos del fitoplancton tóxico.

5. Riesgos e impactos posibles

Empleando las proyecciones realizadas en la Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático, bajo escenarios climáticos y las consecuencias hidrológicas moderadas, en el horizonte 2060 son posibles aumentos de temperatura alrededor de 2,5 °C de media y disminución de las precipitaciones del 8%, con una reducción global media de un 17% de los recursos hídricos. Tal y como se ha descrito, también se espera un mayor riesgo de avenidas, inundaciones y sequías y un probable aumento del nivel del mar, entre otros cambios[6]. Bajo estas condiciones, a continuación se sugieren hipótesis de riesgos sanitarios y problemas relacionados con el abastecimiento de agua, la contaminación del medio acuático, la proliferación de cianobacterias y otros microorganismos patógenos, el riesgo de brotes hídricos y problemas derivados de sequías más intensas o frecuentes.

5. 1. Problemas relacionados con el abastecimiento de agua

A escala mundial se estima que la reducción del agua disponible podría ocasionar problemas sanitarios en amplios territorios ante la búsqueda de fuentes de agua alternativas menos seguras, mayor facilidad de contaminación de las redes de distribución y por una menor disponibilidad de agua para usos higiénicos[15]. En general, una reducción de la dotación de agua disponible por debajo de ciertos umbrales y en función del tiempo que se prolongue, puede ser origen de riesgos sanitarios.

En España se espera una reducción de las aportaciones hídricas netas y un aumento de la demanda de agua, especialmente para regadío, estableciéndose una probable competencia entre demandas, incluido el abastecimiento humano. Las consecuencias sanitarias dependerán de la capacidad de la administración hídrica para gestionar adecuadamente las demandas existentes y su calidad.

En las zonas donde se conoce que existe déficit hídrico en determinadas épocas del año, así como en zonas costeras de amplia afluencia turística, la sensibilidad al aumento de temperaturas y descenso de las precipitaciones podría hacerse más acusada, generando problemas de abastecimiento[6, 16].

Hasta la fecha no se han localizado estimaciones cuantitativas sobre cómo estas previsiones de reducción de la disponibilidad de agua podría repercutir en los abastecimientos, pero algunos informes apuntan a que un aumento de 2 °C en el horizonte temporal de 2025 podría dar lugar a incrementos de los usos domésticos por efectos del calor, en torno al 5%, aunque algunas referencias apuntan hasta un 12% y otras fuentes sugieren aumentos de un 3% por cada grado de subida de la temperatura media[16]. Esos incrementos se atribuirían a una mayor demanda para la higiene, el riego de jardines y un aumento del intervalo de uso de actividades de ocio relacionadas con el agua, como piscinas y parques acuáticos.

En líneas generales, existe un importante desconocimiento sobre qué efectos concretos ocasionarían a nivel doméstico una reducción del volumen de agua disponible y un aumento de restricciones en determinadas situaciones, y cómo influiría desde el punto de vista sanitario la menor disponibilidad de agua para usos sanitarios e higiénicos[15].

La reducción de la disponibilidad hídrica supondría una presión adicional sobre los sistemas de producción de alimentos. En nuestras latitudes se espera una reducción de la producción agrícola. Una menor disponibilidad de agua puede incrementar el empleo de fuentes de agua de baja calidad o aguas residuales no regeneradas, incurriendo en riesgos sanitarios[15]. Como contrapunto positivo, sería posible cultivar nuevas especies, interesantes desde el punto de vista económico, en zonas donde climatológicamente no era posible en el pasado[17]. En los años más secos, existe una tendencia a emplear menos plaguicidas que cuando se espera una mayor cosecha.

5.2. Contaminación del medio acuático

Con un alto grado de confianza, el IPCC afirma que el incremento de las temperaturas del agua, las lluvias intensas y períodos más largos de bajos caudales pueden exacerbar muchas formas de contaminación, con impacto en los ecosistemas, en la salud humana, la eficacia de los sistemas de tratamiento y los costes de funcionamiento[15].

Las relaciones entre precipitación, circulación de los ríos y contaminación de las aguas de abastecimiento o de baño son muy complejas. Existen trabajos en otros países que relacionan ambos hechos. Por ejemplo, veranos secos y un descenso de los caudales se podría relacionar con un empeoramiento de la calidad de agua. Algunos brotes de cólera estacionales

en otras regiones del mundo se han relacionado con el descenso del caudal de los ríos debido a una posible concentración de los patógenos[15].

En países desarrollados como España, en el pasado, los riesgos más frecuentes derivados del ACH eran las enfermedades infecciosas de transmisión hídrica, como por ejemplo el tifus, la disentería o el cólera, a los que se fueron incorporando los de tipo químico. La evolución del cambio climático podría suponer un riesgo de emergencia o reemergencia de enfermedades infecciosas transmisibles por vía hídrica. Este hecho es ya observable en algunas enfermedades transmitidas por vectores[18].

Las fuentes de contaminación química y biológica, como determinadas actividades industriales, ganaderas, agrícolas o urbanas, pueden deteriorar la calidad de las aguas, incluidas las que se destinan la producción de ACH, existiendo riesgos en las captaciones por aparición de contaminantes como plaguicidas, nitratos, metales pesados, hidrocarburos, disolventes, etc.

5.2.1. Depuración natural y capacidad de dilución de las aguas

En general, a las aguas se les atribuye cierta capacidad de autodepuración mediante procesos de degradación biológica de la materia orgánica por digestión aerobia o anaerobia, procesos físicos de sedimentación, aireación, volatilización, transformación, fotooxidación, etc. La efectividad de los mecanismos biológicos de depuración natural depende del nivel de oxígeno disuelto en el agua, de la temperatura y de otros factores que pueden incidir en el metabolismo de los microorganismos responsables, como la toxicidad de ciertas sustancias disueltas.

La capacidad de dilución de las aguas es uno de los principales mecanismos de reducción de posibles efectos tóxicos de los contaminantes, efluentes, vertidos y otros aportes de contaminación difusa en las aguas. Un descenso de los niveles en los embalses o reducciones de caudales en ríos y arroyos, repercute directamente en esta forma natural de disminución de la concentración contaminante, generando un mayor riesgo toxicológico de exposición a los seres vivos.

Los contaminantes volátiles o semi volátiles (amonio, mercurio, PCB, dioxinas, plaguicidas) de los efluentes ganaderos, industriales y aguas residuales y otros vertidos podrían pasar a la atmósfera más fácilmente por efecto de la temperatura, lo que incrementaría el riesgo de exposición a contaminantes en determinados trabajos.

Un aumento de la temperatura reduce la concentración de oxígeno en el agua y modifica el equilibrio de ciertos contaminantes como el amonio, incrementando su toxicidad. Estos hechos unidos al aumento de metabolismo y la proliferación de bacterias y otros microorganismos acuáticos, favorecidos también por el aumento de temperatura, provocan un mayor consumo de oxígeno, facilitando episodios de anoxia y potencial anaerobiosis en los sedimentos. En esas condiciones, la capacidad autodepurativa de las aguas disminuye drásticamente y se producen metabolitos peligrosos como los sulfuros. Considerando que los vertidos y efluentes de las depuradoras se seguirían vertiendo a los cauces con

mayor o menor grado de tratamiento, aportando nutrientes y sustancias contaminantes, y que el grado de autodepuración y los caudales podrían verse reducidos en las aguas receptoras, en algunas situaciones es previsible un aumento de la concentración de contaminantes, efectos ecotoxicológicos (con posible afección a la fauna piscícola) y del riesgo sanitario tanto en los abastecimientos como en las aguas de baño.

La carga de nutrientes que condiciona el estado trófico de las aguas, es decir, el grado de eutrofización, podría emplearse como criterio de vulnerabilidad ya que, a mayor concentración de nutrientes, más fácil es la proliferación de microorganismos –incluidas las cianobacterias y las microalgas– y más probabilidades de llegar a situaciones de anoxia.

5.2.2 ACH y los subproductos de desinfección

La necesidad de reforzar la desinfección del agua de consumo, por el aumento de las temperaturas o por eventos climáticos extremos, podría incrementar la concentración de desinfectante y determinados aditivos en el agua de bebida. En este sentido, prima el control de riesgos de carácter microbiológico antes que el riesgo sanitario a largo plazo, que podría causar la exposición a inusuales niveles de desinfectante o de sus subproductos en humanos, pero es un aspecto que debe ser vigilado por sus posibles repercusiones, puesto que algunos subproductos pueden ser cancerígenos[19].

5.2.3. Contaminantes químicos en el ACH y en aguas recreativas

Un problema latente en los países desarrollados es el de las enfermedades y afecciones causadas por contaminantes químicos, caracterizadas por ser más difíciles de relacionar con la exposición al agua. El origen de tales productos puede ser por contaminación del agua bruta, por las características geológicas de la captación, el tipo de tratamiento de desinfección y sus subproductos, o por un mantenimiento o diseño inadecuado de las instalaciones de tratamiento. Las actividades recreativas acuáticas como el baño y algunos deportes, que se practican en aguas interiores especialmente, pueden suponer también una exposición a la contaminación química.

El denominador común de estas enfermedades, es que, en la mayoría de los casos, el efecto sobre la salud no es inmediato, sino a medio o largo plazo, dando como resultado enfermedades crónicas o degenerativas, en las que resulta muy difícil establecer relaciones de causalidad.

Algunos contaminantes que en menor o mayor grado aparecen en las aguas tratadas en España, y que potencialmente podrían originar problemas sanitarios, son los nitratos, trihalometanos (THM) y otros subproductos de la cloración, los productos fitosanitarios (plaguicidas), el arsénico, el fluoruro, el boro y la radiactividad natural, entre otros.

La posible influencia de algunas sustancias para el tratamiento, así

i. Wenzel, A; Müller, J; y Ternes, T. (2003). Study on endocrine disrupters in drinking water. Final Report. ENV.D.1/ETU/2000/0083.

como materiales en contacto con el agua, debería ser investigada (acrilamida, cloruro de vinilo, epiclorhidrina, etc.); algunas sustancias como el bisfenol A, el nonilfenol, el estradiol, los ftalatos, etc., tienen capacidad de alteración endocrina y, eventualmente, se han encontrado en las aguas tratadas[i].

En la actualidad, la política europea de aguas ha estipulado normas de calidad ambiental (NCR) para sustancias prioritarias y otros contaminantes en las aguas superficiales. Su presencia y el incumplimiento de esas normas, particularmente en aguas destinadas a la producción de ACH y en aguas de baño, debe alertar de posibles vulnerabilidades ante los efectos del cambio climático.

Asimismo, existen otros contaminantes emergentes, como los retardantes de llama bromados, las parafinas cloradas, los plaguicidas polares y sus metabolitos, los compuestos perfluorados, los fármacos y las drogas que aparecen en las aguas[20], cuya relación con las condiciones climáticas cambiantes y con posibles efectos sanitarios aún no se conocen.

Las investigaciones sobre contaminación acuática son de gran complejidad ya que generalmente se trata del estudio de mezclas complejas donde el efecto de los contaminantes puede verse reforzado o enmascarado por la presencia de diferentes sustancias.

La alteración de las cualidades organolépticas (color, olor y sabor) del agua, derivadas de la presencia de algunos productos, no siempre nocivos para la salud, podría incrementarse directa o indirectamente por efecto de la elevación de la temperatura y generar un rechazo en los consumidores que pueden buscar fuentes alternativas de agua de calidad desconocida.

5.2.4. Sobreexplotación de acuíferos y contaminación

En algunos territorios sometidos a escasez de agua se prevé un incremento de la sobreexplotación de los acuíferos que afectará también a la calidad del agua. En países o regiones como la India, Bangladesh, China, norte de África, Méjico y Argentina hay más de 100 millones de personas sufriendo intoxicación crónica por arsénico y fluorosis[15]. En España se han realizado recientemente estudios epidemiológicos en los que se relacionan bajos niveles crónicos de arsénico en el ACH con una mayor incidencia de infartos de miocardio[40].

Otra consecuencia derivada de la reducción de la disponibilidad de agua suele ser la explotación de acuíferos cada vez más profundos. Esto puede ser el origen de riesgos sanitarios, por tratarse de aguas fósiles en un delicado equilibrio químico durante miles de años hasta que comienzan a ser afloradas. En esos casos, si el sustrato geológicamente lo predispone, existe riesgo de aparición de contaminantes como el arsénico y la radiactividad natural. Existen extensas zonas en España, cuya geología es proclive a la aparición de estos problemas, que precisan de más estudios.

Por último, hay que considerar que una subida del nivel del mar podría incrementar la intrusión salina que afecta a los acuíferos costeros, repercutiendo negativamente en su calidad.

5.3. Riesgo de brotes hídricos por problemas de saneamiento

A escala global, enfermedades diarreicas y otras condiciones atribuibles a agua en mal estado y/o ausencia de un adecuado saneamiento causan al menos dos millones de muertes al año, la mayoría en niños de corta edad. Sin embargo, se considera que los países ricos no sufrirán prácticamente un aumento del riesgo de este tipo de enfermedades[21]. No obstante, debe tenerse en cuenta que problemas relacionados con el acceso a un agua salubre, la ausencia o la inseguridad de los saneamientos y la falta de higiene, son importantes determinantes de un número elevado de casos de enfermedad en el mundo (paludismo, fiebre amarilla, filariasis, dengue, hepatitis A y E, tifus, arsenicosis, fluorosis y legionelosis), algunas de las cuales también se dan en nuestra latitud o existe riesgo de que el cambio climático modifique su distribución[22]. Como puede comprobarse, los efectos sanitarios derivados de alteraciones climáticas relacionadas con el agua pueden ser muy diversos.

5.4. Agua y legionelosis

La *Legionella* es una bacteria cuyo nicho ecológico natural son las aguas superficiales, como lagos, ríos, estanques, formando parte de su flora bacteriana. Desde estos reservorios naturales la bacteria puede colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades y, a través de la red de distribución de agua, se incorpora a los sistemas de agua sanitaria (fría o caliente) u otros sistemas que requieren agua para su funcionamiento, como las torres de refrigeración, los condensadores evaporativos u otros. En algunas ocasiones, en estas instalaciones, mal diseñadas, sin mantenimiento o con un mantenimiento inadecuado, se favorece el estancamiento del agua y la acumulación de productos nutrientes de la bacteria, como lodos, materia orgánica, materias de corrosión y amebas, formando una biocapa. La presencia de esta biocapa, junto a una temperatura propicia, explica la multiplicación de *Legionella* hasta concentraciones infectantes para el ser humano. Si existe en la instalación un mecanismo productor de aerosoles, la bacteria puede dispersarse al aire. Las gotas de agua que contienen la bacteria pueden permanecer suspendidas en el aire y penetrar por inhalación en el aparato respiratorio.

Un incremento de las temperaturas puede llevar consigo una mayor necesidad de instalaciones de refrigeración. Por ese motivo, deberían investigarse los riesgos asociados que podrían causar el aumento de temperaturas y un mayor uso de sistemas de refrigeración de este tipo, muy extendidos en las industrias y los servicios.

El empleo de aguas reutilizadas para refrigeración industrial, especialmente en las empresas agroalimentarias, ha sido puesto en entredicho por los riesgos asociados a la aparición de *Legionella*, ya que algunas fases biológicas de la bacteria están asociadas al desarrollo de biocapas y se teme que podrían proliferar más fácilmente en contacto con agua cargada de nutrientes. También deberían investigarse las posibles consecuencias de un incremento en el empleo de este tipo de agua motivado por una mayor demanda de agua para refrigeración.

5.5. Precipitaciones extremas, inundaciones y la calidad del agua

Las inundaciones son eventos de baja probabilidad pero de alto impacto, capaces de generar mortalidad directa e indirecta, dañar las infraestructuras e impactar en la capacidad de resistencia de las poblaciones humanas. Dado el criterio de los expertos internacionales de que su frecuencia puede aumentar debido al cambio climático, es importante hacer una breve mención en este informe dedicado al agua, aún cuando hay otro específico sobre el tema. Los cambios en el patrón de la magnitud y frecuencia de precipitaciones en las cuencas atlánticas y mediterráneas españolas constituyen para algunos autores una señal clara del cambio en el clima actual[23].

Para producirse una inundación, suelen interaccionar diversos elementos del medio hídrico, como la lluvia, la escorrentía, la evaporación, el nivel del agua del mar, con las condiciones topográficas locales. En lo referente a los impactos, aparte de las muertes directas que son capaces de ocasionar y la fuerte repercusión social, en algunos países con deficiencias en saneamiento y altas tasas de enfermedad de origen infeccioso, pueden incrementar los casos de diarrea, cólera, criptosporidiosis, hepatitis y fiebres tifoideas[24]. Tampoco las sociedades desarrolladas están libres de posibles efectos sanitarios análogos, tanto en mortalidad como en morbilidad. Las inundaciones también pueden provocar o facilitar el arrastre de productos químicos y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, generando impactos potenciales en la salud. Las lluvias torrenciales inusuales son la causa más común de ruptura de balsas de residuos (industriales, ganaderos, mineros, etc.)[25].

Este tipo de eventos extremos pueden desproteger a la población de las barreras sanitarias que suponen los sistemas de tratamiento de aguas, como las EDAR y las ETAP (estaciones de tratamiento de agua potable), provocando la contaminación de las captaciones (embalses, ríos, pozos, etc.).

Si incorporamos la salud mental como criterio de bienestar y de calidad sanitaria, los efectos psicológicos, como la depresión tras las inundaciones, deben ser considerados como impactos en la salud ocasionados por desastres climatológicos[26].

5.6. Enfermedades transmitidas por vectores

Como se ha desarrollado un informe específico sobre el tema, basta con recordar que muchos vectores de enfermedades tienen una fase acuática, como sucede con algunos mosquitos (paludismo) o caracoles acuáticos (esquistosomiasis). Las sequías y otros eventos climatológicos inciden en la ecología de estos vectores. El cambio climático modifica su distribución y su fenología.

5.7. Desequilibrio ecológico, biodiversidad y proliferación de plagas

Las alteraciones que impactan en cambios en la biodiversidad, tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos, pueden generar desequilibrios en la frecuencia de aparición y la dominancia de determinados organismos causantes de plagas como los moquitos, las medusas, etc.

5.8. Sequía, salud humana y cambio climático

Aunque no existe un completo consenso entre los expertos, se espera una intensificación de las sequías y la modificación de los límites geográficos de la desertificación en la región mediterránea que podrían provocar una reducción acentuada de caudales, reducción de la calidad del agua, concentración de patógenos y contaminantes, deterioro de los suelos, dificultad de mantener los cultivos de regadío, etc. En el caso de sequías extremas, propias por ejemplo del continente africano, el empleo de las escasas fuentes de agua en usos higiénicos también podría verse limitada generando un riesgo adicional. Los desplazamientos masivos de población por este motivo y otras causas climáticas son en sí mismos un riesgo sanitario de gran importancia en muchos países.

También en el plano internacional, para algunas enfermedades se ha establecido una relación con las lluvias de forma independiente del consumo de agua o de vectores artrópodos. En África (en la zona del Sahel) se ha observado relación entre la sequía y la distribución, estacionalidad e intensidad de meningitis meningocócica (epidémica), aunque los factores etiológicos no están bien establecidos. La expansión de esta enfermedad en África occidental se ha comenzado a relacionar con el cambio climático y cambios en los usos del suelo[4].

Según las proyecciones existentes a nivel mundial, el número de personas en zonas de riesgo de aumento del estrés hídrico pasarán de 400 millones a 1.700 millones hacia el 2020, de 1.000 millones a 2.000 millones hacia el 2050, y de 1.100 millones a 3.200 millones de habitantes hacia el 2080.

España es un país donde periódicamente se producen sequías. Durante el período 1880-2000 más de la mitad de los años se han calificado como secos o muy secos[j]. Se trata de situaciones cíclicas y dentro de la normalidad climática. Sin embargo, las previsiones apuntan a incrementos de frecuencia e intensidad que podrían tener importantes efectos en la salud, en el medio ambiente y en la economía, sobre todo teniendo en cuenta que la demanda hídrica no para de aumentar en España.

Independientemente de los problemas de distribución y restricciones de agua que ocasiona una situación de sequía o déficit hídrico en el abastecimiento a las poblaciones, un incremento de la concentración de contaminantes químicos y agentes potencialmente infecciosos en las aguas supone también una importante amenaza.

5.9. Proliferaciones algales dañinas

El fitoplancton es la base de las redes tróficas en los ecosistemas acuáticos. Existen una serie de especies de estos microorganismos fotosintéticos[k] pertenecientes en su mayoría a los grupos de las cianobacterias, dinoflagelados, diatomeas y crisófitas capaces de desarrollarse masivamente

j. Fuente de la información y los datos de la tabla: Recurrencia y efectos de las sequías. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/ons/sequia_espagna/pdf/rec_ef_sequia.pdf.

k. Desde el punto de vista biológico, no son propiamente microalgas aunque todos realicen la fotosíntesis.

y en algunos casos generar toxinas peligrosas para el hombre y otros seres vivos. En las aguas continentales predominan las cianobacterias, mientras que en aguas marinas son más frecuentes los dinoflagelados y las diatomeas causantes de las llamadas "mareas rojas".

Desde el punto de vista de la salud, los expertos en cambio climático prevén un aumento de riesgo debido a esta causa[15]. Hasta la fecha, no se han identificado en España estudios específicos sobre cómo podría evolucionar la incidencia sanitaria y el impacto de esta amenaza, aún cuando se han localizado grupos de investigación en el CEDEX y en la Universidad Autónoma de Madrid.

Figura 3. Proliferación masiva (bloom) de cianobacterias del género Microcystis aeruginosa. Foto: Caridad de Hoyos. CEDEX

5.9.1. Cianobacterias

Las cianobacterias son microorganismos procariontes fotosintéticos con aspecto de algas unicelulares o formando colonias. Habitan y, con frecuencia, proliferan en los embalses, lagos, ríos y humedales, principalmente, formando afloramientos o desarrollos masivos (*blooms*). Desde el punto de vista de la salud pública suponen una amenaza ya que se estima que el 50% de estos eventos producen cianotoxinas capaces de generar diversas enfermedades en el hombre y los animales.

Si bien es cierto que la mayoría de las plantas de tratamiento de ACH disponen de sistemas tecnológicos capaces de eliminar parcial o totalmente tanto los microorganismos como sus toxinas, su presencia en las aguas supone un riesgo sanitario para el hombre y los animales tanto por ingestión como por contacto directo[27].

Las autoridades de Salud Pública han comenzado a incorporar la vigilancia sanitaria de cianobacterias y sus toxinas, considerándolas un nuevo riesgo que debe ser considerado en los planes de protección de la salud[28]. Se ha determinado que la presencia de cianobacterias es muy común en la mayoría de los embalses, produciéndose afloramientos con mayor intensidad en septiembre-octubre.

Se observa que las cianobacterias son sensibles a los cambios de temperatura y a las condiciones tróficas del medio, en particular a la eutrofización, y al tipo de sustrato geológico, existiendo una mayor tendencia a la proliferación en los embalses de sustrato rocoso de baja solubilidad (sustratos silíceos), respecto a los embalses con sustrato calcáreo[29]. Recientemente se han desarrollado claves de identificación específicas destinadas a técnicos implicados en la vigilancia de estos organismos[30]. En España hay unas cuarenta especies potencialmente toxigénicas de los géneros *Microcistis sp, Coleosphaerium sp, Woronichinia sp, Anabaena sp, Anabaenopsis sp, Aphanizomenon sp, Cylindrospermopsis sp, Raphidiopsis sp, Limnotrix sp* y *Planktothrix, sp*[30].

Estos organismos han suscitado mucho interés en la comunidad científica por su particular ecología y por la capacidad de generar problemas sanitarios. Existen manuales específicos de la Organización Mundial de la Salud donde se proponen valores máximos tolerables y valores límite recomendados para ACH y agua de baño[31]. La legislación española de ACH incorpora el valor límite de la OMS de 1 µg/L de microcistina como valor paramétrico en aguas tratadas.

Efectivamente, las microcistinas son las cianotoxinas más abundantes de las estudiadas en embalses españoles, donde es frecuente alcanzar niveles altos por encima de los límites considerados como "seguros". No obstante, han sido identificadas otras toxinas (saxitoxínas, cilindrospermopsina). Existe una relación entre la cantidad de clorofila (indicador del grado de eutrofización), la cantidad de cianobacterias y la cantidad de toxinas. Estas observaciones son de gran interés en el establecimiento de medidas de control y vigilancia sanitaria[41].

Las cianotoxinas presentan diferentes efectos en el ser humano, desde enrojecimiento cutáneo, efectos hepatotóxicos y neurotóxicos, hasta ser capaces de producir la muerte en casos concretos de exposición[31]. Las vías principales de exposición en humanos son la oral, dérmica e, incluso, la inhalación de aerosoles y espumas en las zonas de baño.

La bibliografía científica recoge abundantes casos de intoxicación en humanos[32], siendo infrecuentes los que han sido notificados o investigados en España. Como el diagnóstico no siempre es fácil y la declaración, salvo que se trate de un brote epidémico, no es obligatoria, es probable que haya una notificación por debajo de los casos reales.

Diversos autores han realizado hipótesis sobre cómo el cambio climático podría favorecer el desarrollo de cianobacterias, en particular algunas especies propias de climas cálidos, concluyendo que es posible una respuesta positiva a la proliferación en función del incremento de las temperaturas (tanto del aire como del agua), a la concentración de nutrientes y a otros factores como el grado de insolación y los vientos. Experimentos y modelizaciones realizados coincidiendo con la ola de calor del verano del 2003, también están en línea con estas hipótesis. Se han realizado modelizaciones con especies concretas de la familia Nostocales, de origen tropical (*Cylindrospermopsis raciborskii*), comprobando que un incremento de la temperatura del agua beneficiaría igualmente a la proliferación de cianobacterias[33]. Consultados algunos de los investigadores principales en tema de

cianobacterias, hasta la fecha no se han iniciado estudios en España en esta línea.

La presencia de cianobacterias y sus toxinas es, por tanto, un riesgo sanitario que debe ser vigilado y controlado, en particular en las aguas de baño y en las captaciones de ACH. En este sentido, se han desarrollado protocolos de vigilancia y alerta basados en la observación directa del afloramiento, medición de la clorofila a, observación microscópica, etc., con un elaborado árbol de decisiones ajustado a las condiciones climatológicas de España y teniendo en cuenta los táxones más frecuentes[34].

La amenaza para la población, según expertos del IPCC, se considera baja debido a que generalmente se restringe el contacto directo con la floración. El riesgo de contaminación de los abastecimientos adecuadamente gestionados se considera también bajo, pero las implicaciones para la salud humana siguen siendo inciertas[15]. En las aguas de baño, la vigilancia y las medidas para evitar la exposición del público deben reforzarse especialmente. Sería adecuado estudiar y modelizar el riesgo de una posible tendencia al desplazamiento del punto álgido de las proliferaciones algales hacia la época de máxima afluencia de bañistas, y la aparición de nuevas especies bajo escenarios de cambio climático.

5.9.2. Fitoplancton marino tóxico

Diversas especies de dinoflagelados y diatomeas son capaces de producir biotoxinas. Cuando proliferan de forma masiva generando "mareas rojas" –que no siempre son de este color; pueden ser verdes, marrones o de otros colores– suponen un riesgo sanitario a través de alimentos contaminados de origen marino, en particular los moluscos filtradores como el mejillón.

Mientras se constata que el cambio climático puede estar afectando a la reducción de los afloramientos de nutrientes y plancton en diversas zonas cuyos ecosistemas se sustentan en esa característica tan productiva, como sucede en las costas gallegas, no se puede demostrar una relación directa con la disminución de fitoplancton tóxico, de hecho, en los últimos años, a pesar de que los expertos consideran que las series de datos son demasiado breves para sacar conclusiones respecto al clima, la proporción de especies de fitoplancton tóxico en el interior de las rías parece ir en aumento[35].

La proliferación masiva (*blooms*, mareas rojas), puede suponer un riesgo de mal funcionamiento en las captaciones en mar abierto de algunas desaladoras, por el riesgo de obturación de los filtros.

La incertidumbre que existe en estos momentos respecto a la proliferación de fitoplancton tóxico tanto en aguas marinas como continentales debe reforzar los trabajos de investigación y la vigilancia sanitaria y medioambiental como principales medidas preventivas.

6. Vulnerabilidad y sensibilidad potencial

Como fase previa a la determinación de las medidas adaptativas y preventivas, se considera prioritario un análisis de las vulnerabilidades actuales y futuras de las masas de aguas bajo la

perspectiva sanitaria y medioambiental, hechos absolutamente interrelacionados. Conocer con precisión las condiciones de partida y los puntos débiles frente a los escenarios de cambio climático y sus posibles efectos, permite realizar estimaciones, proyecciones y modelos más firmes y probablemente más certeros. Al menos en lo que se refiere al medio acuático continental, y probablemente también en el ámbito marino, se echan en falta trabajos específicos cuyo objetivo se centre en la perspectiva sanitaria en España.

Un análisis de vulnerabilidades requiere un análisis complejo y pormenorizado de muchos factores a una escala adecuada. Sale del alcance del presente trabajo realizar un análisis de este tipo, pero a continuación se citan aspectos útiles para futuros planes.

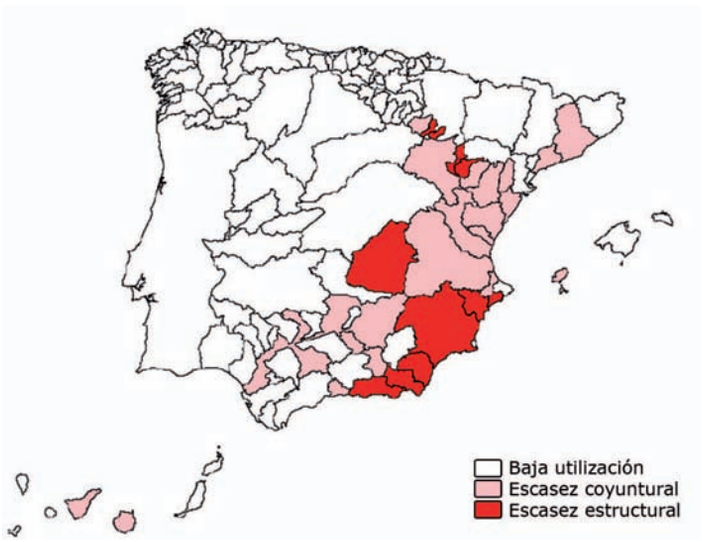
Las tecnologías basadas en sistemas de información y teledetección permiten realizar análisis con una base geográfica, desarrollando mapas de riesgo mediante el manejo de información multivariante y modelización para cada zona.

6.1. Disponibilidad, demanda y consumo. Balances hidrológicos

Por un lado, podrían considerarse las vulnerabilidades asociadas al elemento agua en sí mismo, es decir, a su disponibilidad, demanda y consumo. Para ello existen estudios parciales en los que se aplican diversos escenarios regionalizados a las previsiones hidrológicas, y se determinan con precisión las regiones más vulnerables siguiendo criterios tales como los índices de consumo que relacionan la demanda consuntiva con los recursos potenciales y otros factores. [6, 36]

El mapa de la figura 4 expresa visualmente los sistemas hidrológicos deficitarios que tienen una escasez estructural, es decir que sumando todos los recursos hídricos incluida la desalación y la regeneración de aguas residuales, no llegan cubrir el consumo que se pretende alcanzar. Las zonas de escasez coyuntural representan zonas que potencialmente dispondrían de agua para cubrir los niveles de consumo, pero se encuentran relativamente próximos al recurso potencial. En caso de situaciones hidrológicas adversas podrían llegar a

Figura 4. Mapa de riesgo de escasez en los sistemas de explotación.



I. Zonas protegidas según la Directiva Marco: Captaciones para abastecimientos a poblaciones, zonas de uso recreativo, zonas de protección de especies de interés económico, zonas vulnerables a nitratos, zonas sensibles (en riesgo por vertidos de aguas residuales), zonas de protección de hábitat o especies, zonas de protección de aguas minerales o termales y las zonas de humedales.

tener problemas de suministro. La representación está referida a datos globales de consumo y demanda, no solo para consumo humano, pero podría ser válido a efectos de definir zonas vulnerables a una reducción del agua disponible.

6.2. Calidad del agua. Presiones y contaminación del medio acuático en captaciones de ACH y zonas de baño

Existe abundante información cuantitativa y cualitativa sobre la calidad

Figuras 5, 6, 7 y 8. Cuatro mapas que muestras diversas vulnerabilidades: 5.- Mapa de presiones globales de aguas superficiales, 6.- Presiones sobre las aguas subterráneas, 7.- Mapa de nitratos y zonas vulnerables. 8.- Zonas sensibles y sus áreas de captación (influencia de aguas residuales). Fuente: SIA-MIMAM. 2008.

Figura 5

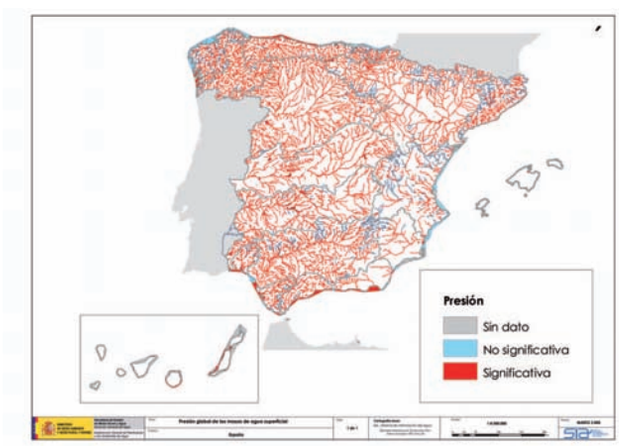


Figura 6

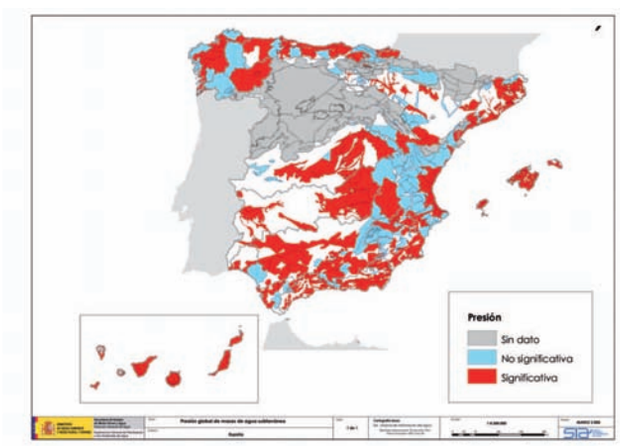


Figura 7

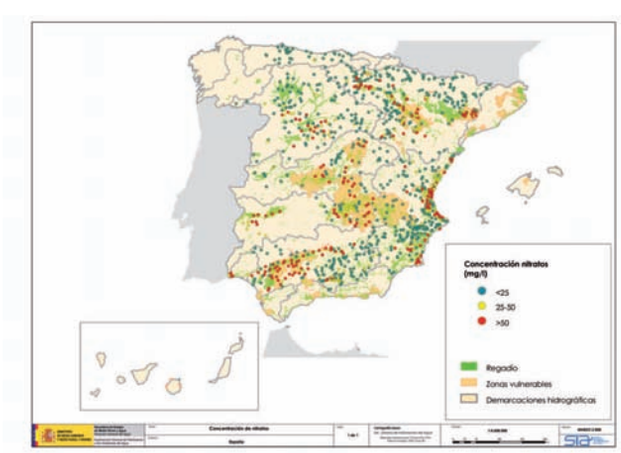
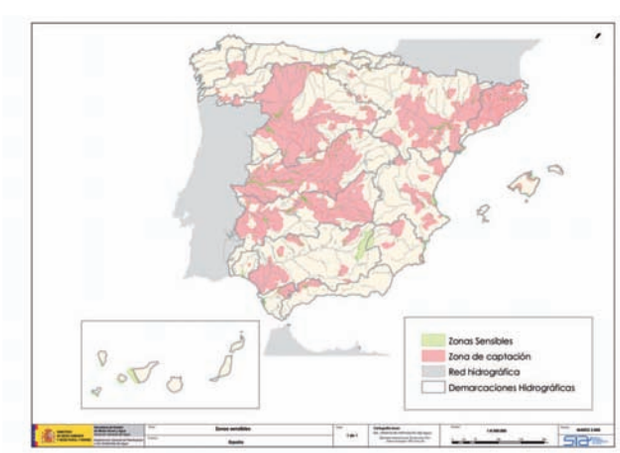


Figura 8



m. Resultados en fichas del Análisis de Presiones e Impactos (Impress cuantitativo) realizado por el MIMAM en cumplimiento de la Directiva Marco. http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/impress/fichas.htm

de las masas de agua superficiales y subterráneas, obtenida durante los trabajos exigidos por la Directiva Marco[37]. Particularmente interesante parece la determinación de zonas protegidas[l] y el análisis de presiones e impactos por cuencas hidrográficas, que representa una síntesis integrada de zonas de riesgo (presión agraria, contaminación puntual por vertidos, zonas de contaminación difusa, efluentes de depuradoras, etc.).

La información sobre la calidad y amenazas de todas y cada una de las masas de agua estudiadas es fácilmente accesible[m].

Existe información análoga sobre aguas subterráneas, sobre estado de los acuíferos, zonas en riesgo de desertificación, zonas con riesgo de sequía, o de estar sometidos a otros eventos climáticos extremos como las inundaciones.

Dentro de las vulnerabilidades deben considerarse las masas de agua con propensión al desarrollo de cianobacterias y otros microorganismos potencialmente toxigénicos capaces de proliferar masivamente en las aguas.

Los pequeños abastecimientos no conectados a una red de distribución, así como la población que aún no está sujeta a la vigilancia sanitaria en cuanto a las aguas de consumo y las aguas de baño pueden considerarse población vulnerable.

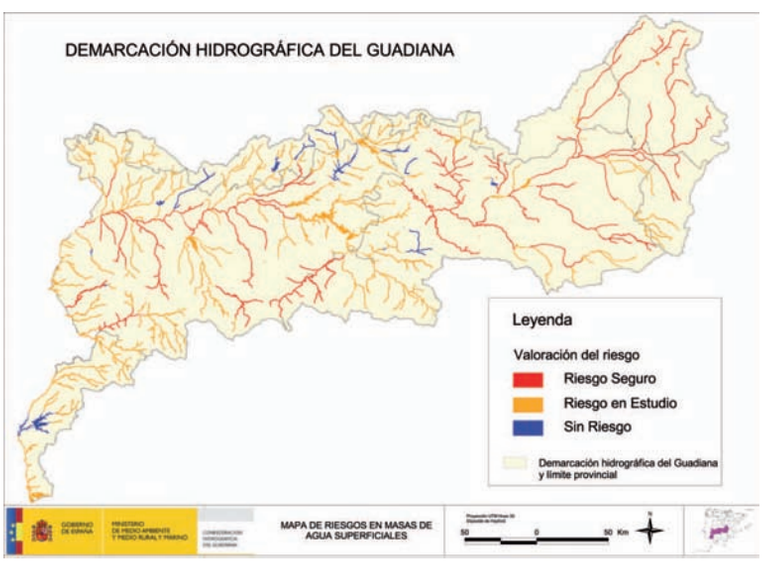
6.3. Existencia y fortaleza de barreras sanitarias

Se consideran barreras sanitarias físicas y administrativas. Por una parte, los sistemas de abastecimiento con sus correspondientes ETAP, los sistemas de saneamiento de aguas residuales (EDAR), los sistemas de control de calidad y sus laboratorios, la vigilancia sanitaria y medioambiental, las redes de medición y alerta, las empresas abastecedoras o concesionarias de los tratamientos y sus sistemas de gestión.

Hoy en día es posible conocer el tipo y grado de tratamiento del agua y de depuración de forma pormenorizada. El SINAC contiene información sobre las captaciones, los tipos de tratamiento y datos esenciales sobre el origen y destino de las aguas captadas. Sería adecuado un análisis sobre medidas adaptativas que el sector de la distribución y el saneamiento en España tendría que afrontar para defender la salud de la población atendiendo a las proyecciones de cambio climático existentes.

Gran parte de la información está disponible en las diversas

Figura 9. Ejemplo. Mapa de riesgos en masas de agua superficiales de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. El riesgo se establece mediante un código de colores. Fuente: Ídem.



confederaciones hidrográficas y las autoridades medioambientales y sanitarias de las comunidades autónomas. A parte de la accesible por Internet, normalmente más limitada y filtrada, en gran medida está disponible en capas de información para su integración en Sistemas de Información Geográfica (SIG, GIS en inglés), un formato mucho más aprovechable para afrontar cualquier estudio de evaluación de vulnerabilidades o riesgos, pero su obtención es compleja y debe ser muy bien justificada.

6.4. Escenarios climáticos

Los escenarios más frecuentemente empleados son el A1 y el B2 correspondientes a los escenarios del Informe Especial de Escenarios de Emisiones (SRES-IPCC)[38]. Sin embargo, estimaciones recientes agudizan los posibles escenarios hacia proyecciones más pesimistas[39].

6.5. Escenarios socio económicos y demográficos

La situación económica del país y de cada ciudadano puede influir en las previsiones modificando los niveles de emisión, así como la capacidad adquisitiva puede condicionar la adopción de medidas de adaptación personales o familiares contra el cambio climático, como podría ser por ejemplo disponer de aparatos de aire acondicionado, generando grados de vulnerabilidad de índole social. El aumento de la población incrementa el consumo de agua. La presión demográfica, especialmente en las ciudades y en la costa, puede incrementar la vulnerabilidad en estas zonas.

6.6. Población más vulnerable

Desde el punto de vista de la salud, la población más vulnerable a problemas relacionados con el agua como la contaminación y las enfermedades de transmisión hídrica son los niños, las mujeres jóvenes en contacto con niños, los ancianos y las personas con su sistema inmunológico comprometido.

7. Medidas de adaptación

Las medidas de prevención, mitigación y adaptación deben tener de base la mejor información disponible en cada momento. España ha desarrollado un Plan de Nacional de Adaptación al Cambio Climático[2]. Muchas comunidades autónomas, también. Se observa que las medidas sugeridas parten de la aplicación del principio de precaución en los casos en los que existen importantes incertidumbres científicas.

En general, la incorporación de medidas de adaptación debe ser sometida a evaluación de efectos para que sean mínimamente contaminantes en términos de CO_2 y energía, es decir, desarrolladas bajo criterios de sostenibilidad. Por ejemplo, existen tecnologías extraordinarias como la desalación o la regeneración de aguas, pero su implantación y mantenimiento suponen un coste económico y ambiental que debería ser cuidadosamente sopesado en un contexto de cambio climático.

Otro criterio esencial que debe considerarse en los planes de adaptación es involucrar a los especialistas en salud pública desde el principio con la finalidad de prevenir

problemas sanitarios secundarios derivados de las propias medidas. Las estrategias de adaptación deben ser evaluadas desde el punto de vista de la salud antes de ser implementadas. Por ejemplo, la construcción de una balsa de abastecimiento o una presa, puede tener efectos en la salud si puede dar lugar al desarrollo de determinados organismos dañinos o vectores. Igualmente, la reutilización de aguas residuales tratadas (regeneración de las aguas) debe ser cuidadosamente planificada para evitar problemas sanitarios.

Las medidas de adaptación en España son promovidas políticamente involucrando en su desarrollo a expertos y especialistas. Sin embargo, sería razonable promover más la participación pública.

7.1. Posibles medidas de adaptación, planes de prevención y otras propuestas

- Fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica. Inclusión de enfermedades relacionadas con el agua que pudieran estar afectadas por el cambio climático.
- Interconexión, mejora y fortalecimiento de los sistemas de vigilancia sanitaria relacionados con el agua.
- Creación de sistemas sanitarios para el seguimiento y adaptación al cambio climático.
- Mejora en la planificación y administración de los recursos hídricos, a través de una política coordinada entre diferentes instituciones públicas en la que se involucre a los distintos agentes implicados.
- Introducción y mejora de programas que permitan una mayor eficiencia en el uso del agua (evitar fugas en las redes de distribución y sistemas de regadío, recogida de agua de lluvia…).
- Incorporación de planes de seguridad en la gestión del agua, que integren la delimitación y gestión de los riesgos ocasionados por el cambio climático.
- Revisión de la robustez de los actuales planes hidrológicos frente al cambio climático en lo referente al agua para abastecimiento, riesgos de avenida e inundación, salud, agricultura, energía y ecosistemas acuáticos.
- Consideración de las proyecciones de cambio climático en los proyectos de ingeniería de infraestructuras hidráulicas, en particular las previsiones de intensificación de riadas, inundaciones y sequías.
- Protección de las captaciones en pequeños abastecimientos y núcleos de población.
- Consideración de la salubridad de los abastecimientos en zonas en las que surjan nuevas concentraciones de población (inmigración).
- Consideración de los efectos de una posible presión migratoria de origen climático.
- Atención a las deficiencias en el saneamiento derivadas de la dispersión urbana.
- Estudio de alternativas al tratamiento de aguas residuales (empleo de sistemas descentralizados, construcción de redes separativas [aguas grises-agua pluviales-aguas negras], sistemas de gestión de sobreflujos de alcantarillado…).

- Uso de aguas pluviales y reutilización de aguas grises reutilizadas en los mismos edificios de forma sanitariamente controlada.

- Regeneración y reutilización de aguas residuales urbanas.

- Análisis de las tecnologías emergentes para la regeneración de las aguas residuales y la desalación de aguas salobres o marinas.

- Diseño de edificios bioclimáticos con un mejor aprovechamiento del agua y la energía.

- Preparación de nuevas políticas que contemplen los efectos del cambio climático en la salud de los ciudadanos en cuanto a los cambios previsibles en la disponibilidad y calidad del agua.

- Fortalecimiento de las campañas de educación ambiental, fomentando la participación desde la infancia.

- Habilitación de vías para generar información necesaria, identificar y determinar los posibles impactos en la salud y los grupos más vulnerables.

- Establecimiento de estrategias de adaptación y medidas útiles en la toma de decisión de políticos y gestores.

- Consideración de las medidas de adaptación al cambio climático, en particular, las referentes al agua, bajo la perspectiva de la sostenibilidad y bajo el principio de cautela.

- Facilitar la centralización y difusión de toda la información técnica y científica relacionada con el cambio climático.

8. Propuestas de investigación

En líneas generales se observa aún un gran desconocimiento sobre las implicaciones sanitarias del cambio climático. Quizá debido a su dificultad o porque el cambio climático se asimila a una problemática de índole estrictamente medio ambiental, pero en España queda mucho por avanzar. A continuación se proponen algunas de las líneas de trabajo que se estiman más necesarias.

- Análisis riguroso a nivel regional y local de las vulnerabilidades de los abastecimientos de ACH al cambio climático. Utilizando sistemas de información geográfica sanitarios, combinando la información ambiental existente en materia de calidad de agua, en particular empleando la información generada en contexto de la Directiva Marco del Agua. Esa información, cruzada con las proyecciones climáticas regionalizadas podría establecer zonas de riesgo o de atención prioritaria. Podría modelizarse e incluir las previsiones hidrológicas.

- Estudio sobre brotes hídricos y alimentarios y su relación con factores climatológicos. Sería interesante apoyar algunas iniciativas y proyectos europeos promovidos por la OMS y el Centro Europeo de Control de Enfermedades (ECDE) para analizar previsiones de futuro en cuanto a brotes de origen hídrico.

- Estudio sanitario de los posibles efectos por empleo de ACH procedentes de captaciones de aguas subterráneas en aguas fósiles por influencia del cambio climático. Es un tema que merece una investigación en profundidad que aún no se ha realizado.

- Investigación sobre tecnologías y experiencia de adaptación generada durante las sequías en España. La experiencia en la gestión de las sequías podría ser un interesante instrumento en la propuesta y aplicación de medidas de adaptación.

- Impacto de los plaguicidas en el agua de bebida y en las aguas de baño. La concentración de la contaminación de origen agrario en las masas de aguas españolas puede agudizar este problema que suelen sacar a la luz los períodos de sequía, pero que está presente en gran parte del territorio.

- Investigación de nuevos contaminantes emergentes. Las repercusiones sanitarias de los productos potencialmente contaminantes que pueden aparecer en el agua de bebida, sus efectos en la salud y la posible potenciación en el contexto del cambio climático.

- Estudio del impacto sanitario de las cianobacterias y otras especies de fitoplancton tóxico bajo diversos escenarios de cambio climático. El estudio necesitaría abordar conjuntamente las facetas ambiental y sanitaria para resultar de mayor utilidad.

Otras líneas interesantes y complementarias sobre cianobacterias son:

- Investigación sobre la efectividad de los planes de vigilancia sanitaria y eliminación de cianotoxinas en las aguas destinadas a la producción de ACH y en aguas de baño.

- Investigación sobre la importancia de las cianotoxinas y otras biotoxinas como inductores de tumores en humanos vía agua o alimentos.

9. Conclusiones

Las conclusiones más significativas del presente trabajo son:

- Las futuras condiciones climáticas de la Península Ibérica y Canarias podrían reducir apreciablemente la disponibilidad de agua y causar un deterioro de su calidad en una buena parte del territorio.

- Existe un importante déficit de estudios específicos e investigaciones sobre los efectos actuales o esperados sobre la salud en relación con el agua bajo la influencia del cambio climático.

- Es muy probable la aparición de este tipo de efectos sanitarios, aunque el fortalecimiento de las barreras existentes y una correcta planificación y gestión hidrológicas permitirían establecer medidas de adaptación en beneficio de la salud de los ciudadanos.

- Es urgente disponer de un conocimiento centralizado y accesible en materia de cambio climático y agua, y cubrir importantes vacíos del conocimiento aún existentes.

Agradecimientos: José Vicente Martí, José María Ordóñez, Margarita Palau, Elena Román, Cristina Danés, Caridad de Hoyos, Guadalupe Martínez, Enrique Estrada, Sonia Aguayo, Macrina Martín, Gloria H. Pezzi, Elena L. Villarubia, Manuel Toro, Antonio Quesada, Yolanda Pazos, Eva Tusell y el personal de la Biblioteca del Instituto de Salud Carlos III.

10. Bibliografía

1 Brunet M, Casado, MJ de Castro M, Galán P, López JA, Martín JM, et al. Generación de escenarios regionaliza-

dos de cambio climático para España. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2009.

2 Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2006.

3 IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, RK y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra, Suiza: IPCC, 2007.

4 IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: Fourth Assessment Report. Cambridge. Cambridge. 2007.

5 Quinta Comunicación Nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2009.

6 Iglesias A, Estrela T, Gallart F. Impactos sobre los recursos hídricos. En: Moreno JM, director. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente; 2005. p.303-53.

7 Meehl GA, Stocker WD, Collins P, Friedlingstein AT, Gaye JM, Gregory A, et al. Global Climate Projections. En: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge. 2007.

8 Díaz J, Ballester F, López-Vélez R. Impactos sobre la salud humana. En: Moreno JM, director. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente; 2005. p. 727-71.

9 Estadísticas e indicadores del agua. Cifras INE. Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadística. 2008.

10 Palau M, Guevara E, Moreno M. Calidad del agua de consumo humano en España. Informe técnico. Año 2009. Madrid: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. 2010.

11 Pascal M. Impacts sanitaries du changement climatique en France - Quels enjeux pour l'InVS? Institut de Veille Sanitaire. 2010.

12 Martín A, Varela MC, Torres A, Ordóñez P, Martínez EV, Hernández M, Hernández G y Tello O. Vigilancia Epidemiológica de brotes de transmisión hídrica en España. 1999-2006. Boletín Epidemiológico Instituto de Salud Carlos III. 2008;16(3):25-36.

13 Binefa G, Hernández G. Vigilancia de brotes de transmisión hídrica en España. Año 1998. Boletín Epidemiológico. Instituto de Salud Carlos III. 2001;9(25):261-8.

14 Palau M, Tello O. Objetivo 20. Calidad del agua. En: Álvarez-Dardet C, Peiró S, editores. Informe SESPAS 2000, Barcelona: Doyma; 2000. p. 270-8.

15 IPCC Technical Paper VI - June 2008. Bates BC, Kundzewicz ZW, Wu S and Palutikof JP, editores. Secretaría IPCC, Génova.

16 Agua y cambio climático. Diagnosis de los impactos previstos en Cata-

luña. 3er Convenio Agencia Catalana del Agua. Fundación Nueva Cultura del Agua. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l´Aigua. Barcelona. 2009.

17 Lacasta C. El cambio climático y los cultivos del secano toledano. II Congreso de Naturaleza de la provincia de Toledo; Toledo. 2008.

18 Slenning BD. Global climate change and implications for disease emergence. Vet Pathol. 2010 Jan;47(1):28-33.

19 Villanueva C, Kogevinas M, Grimalt J. Chlorination of drinking water in Spain and bladder cancer. Gac Sanit. 2001;15(1):48-53.

20 Damià L, López de Alda MJ. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Fundación Nueva Cultura del Agua. Panel Científico-Técnico de Seguimiento de la Política de Aguas. 2007.

21 McMichael AJ. Chapter 20: Global climate change. En: WHO, editor. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attribution to Selected Major Risk Factors. Génova: World Health Organization; 2004. p. 2235.

22 Prüss-Üstün A. Chapter 16: Unsafe water, sanitation and hygiene. En: Organization WH, editor. Comparative Quantification of Health Risks Global and Regional Burden of Disease Attribution to Selected Major Risk Factors. Génova: WHO; 2004. p. 2235.

23 Benito G. Riesgos de inundaciones: tendencias históricas y perspectivas de acuerdo con el cambio climático. Revista Cuaternario y Geomorfología. 2006; 20(3-4):29-44.

24 Confalonieri U, Menne B, Akhtar R, Ebi KL, Hauengue M, Kovats RS, et al. Human Health. Climate Change, Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2007.

25 Rico M, Benito G, Salgueiro AR, Diez-Herrero A, Pereira HG. Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. J Hazard Mater. 2008 Apr 1;152(2):846-52.

26 Du W, FitzGerald GJ, Clark M, Hou XY. Health impacts of floods. Prehosp Disaster Med. 2010 May-Jun;25(3):265-72.

27 Roset J, Aguayo S, Muñoz MJ. Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. Rev Toxicol. 2001;18:65-71.

28 Martínez G, Merino I. Vigilancia Sanitaria de cianobacterias en aguas de consumo humano y aguas de baño. Revista de Salud Ambiental. 2008;8(1):1-7.

29 De Hoyos C, Negro AI, Aldasoro JJ. Cyanobacteria distribution and abundance in the Spanish water reservoirs during thermal stratification. Limnetica. 2004;23(1-2):119-32.

30 Cirés S, Quesada A. Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente toxicas de las aguas continentales españolas. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, editor. Madrid. 2011.

31 Chorus I, Bartram A. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. Organization WH, editor. Génova: WHO; 1999.

32 Carmichael WW, Azevedo SM, An JS, Molica RJ, Jochimsen EM, Lau S, et al. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. Environ Health Perspect. 2001 Jul;109(7):663-8.

33 Jöhnk KD, Brüggemann R, Rücker J, Luther B, Simon U, Nixdorf B, et al. Modelling life cycle and population dynamics of Nostocales (Cyanobacteria). Environmental Modelling & Software. 2011;26:669-77.

34 Quesada A. Evaluación de la propensión a la proliferación de cianobacterias en aguas de baño continentales. En: Jornada sobre gestión del riesgo ambiental en aguas de baño continentales; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 2011.

35 Pérez FF, Padín XA, Pazos Y, Gilcoto M, Cabanas M, Pardo P, et al. Plankton response to weakening of the Iberian coastal upwelling. Global Change Biology. 2010;16(4):1258-67.

36 Libro Blanco del Agua en España. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Ministerio del Medio Ambiente, editor. Madrid. 2000.

37 Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, 2000.

38 IPCC. Informe Especial del IPCC. Escenarios de Emisiones. Resumen para responsables de políticas. 2000.

39 Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R, et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. Lancet. 2009 May 16;373(9676):1693-733.

40 Medrano MA, Boix R, Pastor-Barriuso R, Palau M, Damian J, Ramis R, et al. Arsenic in public water supplies and cardiovascular mortality in Spain. Environ Res. 2010 Jul;110(5):448-54.

41 De Hoyos, C. Cianobacterias en aguas dulces: identificación, cuantificación y toxicidad. En: Jornada sobre gestión del riesgo ambiental en aguas de baño continentales; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Editores. Madrid. 2011.

42 CEDEX. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Memoria. Encomienda de gestión de la Dirección General del Agua (MARM) al CEDEX para el estudio del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. 2011. En línea [http://marm.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/EGest_CC_RH.aspx] última visita: 11/07/2011

3.1.4. Alimentos en el cambio climático. Efectos en la salud

1.- Introducción

El análisis de los efectos del cambio climático realizado en varios países europeos juntamente con las investigaciones participadas por la Unión Europea (UE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han puesto de relieve que el cambio climático está teniendo una serie impactos en la epidemiología de diversas enfermedades y afecciones[1-3]. Estas predicciones concuerdan con diversos informes de la OMS y del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que analizan los impactos del cambio climático en la salud humana[4]. El grado de manifestación de estos efectos varía entre los diversos países debido a la conformación geográfica de la UE.

Se conoce que los patrones de transmisión de las enfermedades vehiculadas por alimentos están influenciados por varios factores, incluyendo los elementos climáticos y ecológicos. En este contexto, se ha podido observar que a los efectos del cambio climático en Europa estará asociado un impacto sobre el patrón de dispersión y transmisión de enfermedades transmitidas por los alimentos. Estos cambios tendrá primero un efecto directo sobre la salud pública de la región, pero además tendrán también una serie de efectos colaterales que pueden ser perjudiciales para sectores económicos de gran importancia como la agricultura, la pesca y el turismo[2,5].

A pesar del creciente interés que se ha generado en los últimos años sobre todos los aspectos relacionados con el cambio climático en Europa, la investigación de los impactos de estos cambios sobre la transmisión de enfermedades por el consumo de alimentos ha recibido una atención secundaria. Actualmente, existe un déficit de información en España sobre todos los aspectos que relacionan directamente los cambios ecológicos y sociales relacionados con el cambio climático con los alimentos en un contexto de la salud. La información publicada disponible sobre este tema se centra en estudios europeos cuyas conclusiones y proyecciones son, en muchos casos, extrapolables a la realidad española, mientras que otros aspectos estrechamente vinculados a particularidades climáticas o sociales no pueden ser generalizados.

Por otro lado, se prevé que la naturaleza y magnitud de los efectos finales del cambio climático en los alimentos y la salud dependerá de la capacidad de la adaptación del sistema sanitario español y de las medidas preventivas que adopte, promoviendo el acceso general de las distintas poblaciones a sus servicios. Sin embargo, se debe tener en cuenta que

1. Commission of the European Communities. White Paper. Adapting to climate change: Towards a European framework for action. Brussels, COM(2009) 147/4.

2. European Environment Agency. SOER Synthesis, 2010. The European environment — state and outlook 2010: synthesis. 2010, Copenhagen.

3. WHO. Protecting health from climate change. 2008. http://www.who.int/world-health-day/toolkit/report_web.pdf

4. Confalonieri U, Menne B, Akhtar R et al. Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP et al. editors., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431.

5. Semenza JC, Menne B. Climate change and infectious diseases in Europe. Lancet Infect Dis. 2009;9:365-75.

los sistemas sanitarios son igualmente vulnerables a fenómenos climáticos extremos. Los efectos del cambio climático sobre la aparición o prevalencia de una enfermedad pueden incidir directamente sobre los sistemas sanitarios al incrementar la demanda de los servicios de salud por encima de la capacidad de respuesta del sistema.

En esta revisión, se analiza el estado actual del estudio y análisis de los impactos del cambio climático sobre los alimentos y la salud en España. Asimismo, se pretende que esta revisión sea una fuente de información que fomente la planificación de actividades que anticipen los posibles impactos del cambio climático en la dispersión de las enfermedades transmitidas por alimentos a nivel nacional y en un contexto europeo, con la finalidad última de establecer intervenciones a distintos niveles que permitan aminorar los riesgos para la salud.

2. Impacto del cambio climático en las enfermedades transmitidas por alimentos

Las enfermedades trasmitidas por alimentos pueden ser causadas por agentes biológicos o por sustancias químicas nocivas para la salud cuya exposición a los mismos se hace a través de la ingestión de alimentos contaminados. Los agentes biológicos están constituidos por microorganismos infecciosos, los cuales pueden ser bacterias, virus y parásitos, o bien las toxinas que producen estos organismos en los alimentos.

El cambio climático puede presentar varios tipos de efectos sobre las enfermedades de origen alimentario. Por una parte tenemos los efectos directos relacionados con cambios en algún parámetro clave en el control de la dinámica epidémica o en la transmisión de estas enfermedades, como el aumento de la temperatura ambiental, que conllevaría a una modificación de las temporadas cálidas y frías con implicaciones directas sobre las enfermedades recurrentes en determinadas estaciones del año. Asimismo, otras actividades humanas como el turismo y los movimientos migratorios podrían verse también afectadas por el cambio climático de forma que también contribuyan de manera indirecta a alterar la dinámica epidémica de estas enfermedades.

Las enfermedades de transmisión alimentaria están adquiriendo un creciente interés a nivel mundial, en parte debido a la globalización de los mercados y a los cambios de hábitos de consumo asociados al crecimiento económico en diversas regiones del mundo. El fenómeno de globalización está causando que las enfermedades transmitidas por alimentos se extiendan de forma rápida fuera de las fronteras de los países en donde estaban históricamente confinadas, sin que sean detectadas por los sistemas de control existentes. Por otra parte, la unificación de los hábitos de consumo de alimentos está provocando que individuos de distintas zonas del mundo estén expuestos a afecciones causadas por los mismos alimentos, aumentando el riesgo de dispersión de las enfermedades y la aparición de nuevas zonas endémicas.

En España, los brotes por alimentos constituyen un problema importante en salud pública con graves consecuencias para la población y con repercusiones importantes en la

economía. La frecuencia de brotes alimentarios en las dos últimas décadas osciló entre 900 y 1.200 brotes anuales[6]. La tendencia en los últimos años muestra disminución de la cantidad de brotes asociados con estas enfermedades. A pesar de esta tendencia, se ha observado que las infecciones ocurren con mayor frecuencia durante los meses de verano con una marcada tendencia estacional. La estacionalidad de los brotes alimentarios implica una asociación entre la aparición de casos y las condiciones ambientales o el clima, aunque también puede estar asociado con un particular hábito de consumo durante una estación específica del año. Sin embargo, para poder contrastar consistentemente estas asociaciones es imprescindible llevar a cabo estudios a largo plazo con el fin de determinar de forma inequívoca las tendencias en la prevalencia de las enfermedades y su ciclo estacional.

2.1. Agentes infecciosos

El medio ambiente juega un papel importante en el ciclo de vida de muchos patógenos interactuando en su dinámica infecciosa. A pesar de que la relación entre el ambiente y las enfermedades infecciosas se conoce desde hace mucho tiempo, los detalles de la interacción específica entre el clima y los patrones de las enfermedades infecciosas no han podido revelarse con precisión hasta estas últimas décadas. Uno de los principales desafíos actuales de la salud pública es precisamente desvelar los mecanismos y la naturaleza de estas interacciones e identificar y cuantificar sus impactos sobre las enfermedades infecciosas.

Está bien documentada la asociación que existe entre la transmisión de las enfermedades vectoriales y las condiciones climáticas, así como el efecto amplificador que el cambio climático podría tener en la capacidad de transmisión de muchas de estas enfermedades. Este es uno de los principales temas de discusión en los informes gubernamentales sobre los impactos del cambio climático en España debido a la cercanía del sur de España a regiones endémicas de enfermedades transmitidas por vectores. Se ha podido establecer de forma clara que existe una expansión geográfica de varios vectores responsables de enfermedades desde África a regiones más septentrionales. Por otra parte, las enfermedades transmitidas por alimentos han permanecido hasta hace muy pocos años en un segundo plano de interés. El aumento en el número de infecciones asociados a algunos patógenos alimentarios en Europa han reactivado la investigación en esta área y se ha incrementado el número de estudios dirigidos a analizar los efectos que el medio ambiente puede tener en la ecología de estos patógenos y en la epidemiología de las enfermedades que producen.

Aunque se anticipa que los cambios en el clima podrán tener un efecto directo sobre casi todos los agentes infecciosos o sobre las condiciones del alimento o alimentos que lo transmiten, el reducido número de estudios disponibles actualmente solamente están dirigidos a aquellos organismos con mayor relevancia desde un punto

6. Cevallos C, Hernández PG, Torres A, et al. Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. España. 2003 (excluye brotes hídricos). Boletín Epidemiológico Semanal. 2005;13:25-32.

de vista de la salud pública. Esto no quiere decir que el cambio climático solo vaya a afectar a las afecciones dominantes actualmente, ya que puede actuar generando las condiciones idóneas para la extensión de nuevas enfermedades hasta ahora minoritarias en un área y poco conocidas. Sin embargo, los análisis y proyecciones actuales solo pueden estar dirigidos al estudio de un selecto grupo de agentes infecciosos sobre los cuales se tienen datos registrados y evidencias científicas que permiten su análisis histórico y sobre los cuales puede inferirse un cambio de tendencia en su dinámica epidémica en asociación al cambio climático[7] (Tabla 1).

2.2. Bacterias

Las bacterias patógenas son una de las principales causas de infecciones de origen alimentario en Europa. Se ha observado un comportamiento estacional en el número de casos de determinadas enfermedades bacterianas transmitidas por alimentos. Un claro ejemplo son las infecciones causadas por *Salmonella*. Se estima que por cada grado de incremento de la temperatura ambiental promedio se produzca un aumento de la incidencia de salmonelosis en diferentes países de la Unión Europea entre ellos España[8,9].

Tabla 1. Principales patógenos de origen alimentario seleccionados de acuerdo a su importancia epidemiológica y que pueden ser influenciados por el cambio climático. Fuente: Modificado de la Referencia 7

Patógeno	Ruta de transmisión	Factor ambiental	Europa/Relevancia
Salmonella	Alimentos	Temperatura ambiental, temperatura del agua superficial, lluvias, prácticas agrícolas	Toda Europa, Alta para muchos países
Campylobacter	Alimentos, agua de consumo	Lluvia, prácticas agrícolas	
E. coli (VTEC o EHEC)	Alimentos y agua de consumo	Temperatura ambiental, temperatura del agua superficial, lluvias, prácticas agrícolas	Toda Europa, Alta para todos los países
Cryptosporidium	agua de consumo y de baño	lluvias, prácticas agrícolas	Toda Europa, Alta para todos los países
Norovirus	Agua de consumo, Alimentos contaminados, persona-persona	Prácticas agrícolas	

7. European Centre for Disease Prevention and Control. Linking environmental and infectious diseases data. Meeting report, Sigtuna, 28–29 May 2008. ECDC 2008.

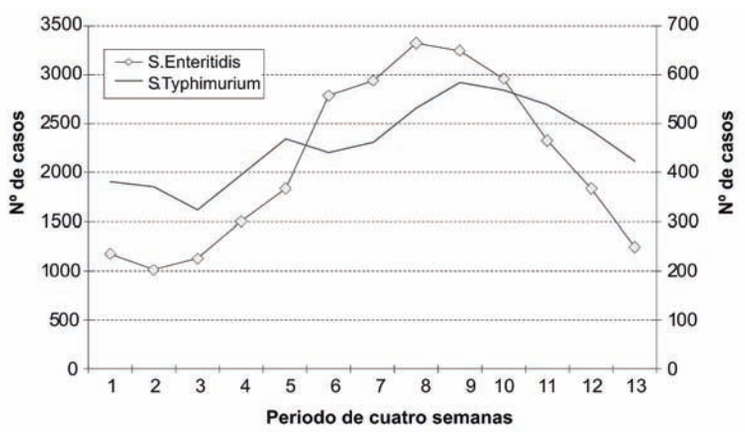
8. Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, et al. The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. Epidemiol Infect. 2004;132:443-53.

9. Kovats RS, Edwards SJ, Charron D, et al. Climate variability and campylobacter infection: an international study. Int J Biometeorol. 2005;49:207-14.

Según los últimos informes de vigilancia epidemiológica en España, entre el 40% y 60% de los brotes alimentarios causados por agentes infecciosos están relacionados con *Salmonella*. Del total de brotes causados por *Salmonella* entre el 2004 y el 2007, más de la mitad (55.7%) fueron asociados con el consumo de huevos y sus derivados[6]. El número de casos debido a *Salmonella sp.* en España registrados durante el periodo 2000-2008 muestran una clara dinámica estacional cuyos casos se incrementan en los meses de verano[10] (Figura 1).

De forma directa no se han establecido relaciones entre el incremento de los casos de salmonelosis y el aumento de las temperaturas, sino que se ha observado una tendencia contraria y el número de casos está disminuyendo durante los últimos años, de acuerdo a los informes anuales oficiales del Sistema de Información Microbiológica (http://www.isciii.es/htdocs/centros/epidemiologia/epi_sim.jsp). Sin embargo, estos datos deben tomarse con cautela, ya que la vigilancia de *Salmonella* en los últimos años en España incluye solo un 25% de la población total[10]. Por otra parte, estos datos son promedios nacionales y no incluyen un análisis geográfico que pudiera mostrar una tendencia específica en áreas más expuestas al cambio climático. Finalmente, los datos empleados toman en cuenta la totalidad de los serotipos detectados por el sistema, sin discriminar entre los distintos serotipos, pudiendo de esta forma enmascarar una posible tendencia al alza en algunos de los serotipos. Estos datos no han sido analizados desde una perspectiva climática y estacional que nos permitiría establecer algún cambio en los ciclos de prevalencia y en la estacionalidad de los brotes. Uno de los cambios anticipados en un mundo más cálido es una amplificación de los periodos templados y cálidos del año, lo que podría causar una extensión del periodo favorable para la aparición de casos, sin que este aspecto pudiera tener un impacto directo en el aumento del número de casos.

Figura 1. Distribución estacional de *S. Enteritidis* (n=27.378) y *S. Typhimurium* (n=5.985). Sistema de Información Microbiológica. España, 2000-2008. Fuente: Referencia 10



La campylobacteriosis es otra de las principales infecciones bacterianas transmitida por alimentos que está adquiriendo una gran relevancia durante los últimos años. Esta infección está causada principalmente por la bacteria *Campylobacter jejuni*. Según los registros epidemiológicos, la campylobacteriosis en Europa es una de las principales enfermedades asociadas a gastroenteritis, debido al consumo de alimentos contaminados[11]. Las infecciones por *Campylobacter* en

11. Instituto de Salud Carlos III. Centro Nacional de Epidemiología. Infecciones por Salmonella no tifoidea de origen humano en España. Sistema de Información Microbiológica. Años 2000-2008. Boletín Epidemiológico Semanal. 2009;17:193-204.

Europa están asociadas principalmente con el consumo de carne de pollo, por lo que es considerada como una zoonosis. Se ha observado una marcada estacionalidad en el número de casos de campylobacteriosis en Europa, con un mayor número de infecciones registradas durante los meses de verano (Figura 2). Esta estacionalidad ha sido también observada en los casos registrados en España durante los últimos años, aunque no se ha observado ninguna variación o tendencia en el número de infecciones[11,12] (Figura 3). Al igual que en el caso de *Salmonella*, se estima que los casos detectados de *Campylobacter* en España representan solo un 25% de la total de infecciones causadas por este organismo, por lo que a la hora de obtener conclusiones de los datos deben tenerse en cuenta las mismas precauciones que las comentadas anteriormente para *Salmonella*.

2.3. Virus

Otro grupo de patógenos transmitidos por alimentos son los virus que producen gastroenteritis estacionales que son mayormente asociadas a rotavirus y norovirus. Estas infecciones son la principal causa de enfermedades por consumo de alimentos en el mundo y, al contrario que las enfermedades bacterianas, los casos están mayormente confinados a los meses de invierno en países con climas templados. La prevalencia de casos de norovirus durante los meses de invierno ha sido puesta de relieve por los datos epidemiológicos europeos. La estacionalidad en el número de gastroenteritis asociadas a virus en España es muy similar a la observada en otros países europeos. La distribución mensual de los brotes por norovirus a lo largo del año 2003 mostró un patrón estacional claro,

Figura 2. Distribución estacional de los casos campylobacteriosis en la EU y EEA/EFTA, 2006–2008. Fuente: Referencia 11

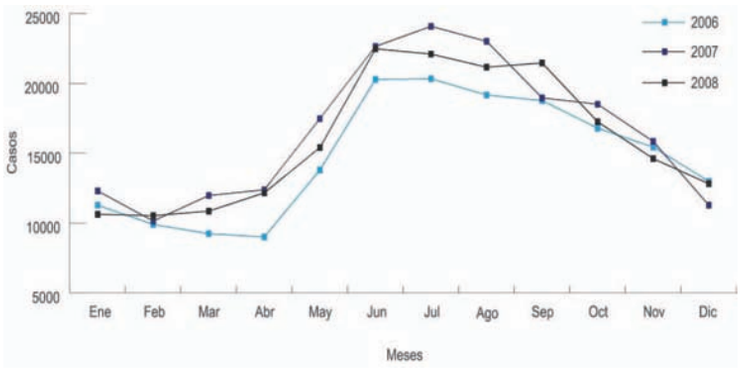


Figura 3. Distribución estacional de los aislamientos de *Campylobacter* (n=52.379). Sistema de Información Microbiológica. España, 2000-2008. Fuente: Referencia 12

11. European Centre for Disease Prevention and Control. Annual Epidemiological Report on Communicable Diseases in Europe 2010. Stockholm: ECDC; 2010.

12. Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III. Infecciones por Campylobacter spp. en España. Sistema de Información Microbiológica. Años 2000-2008. Boletín Epidemiológico Semanal. 2010;18:193-200.

presentando una distribución bimodal con máximos en la frecuencia de brotes en los meses de febrero y octubre[13] (Figura 4). De igual forma, se observa un patrón estacional muy marcado en la distribución de infecciones causadas por rotavirus, apreciándose además una tendencia al alza en el número de casos durante los últimos años[14] (Figura 5).

Figura 4. Brotes de norovirus declarados. Distribución mensual España 2003. Fuente: Referencia 13.

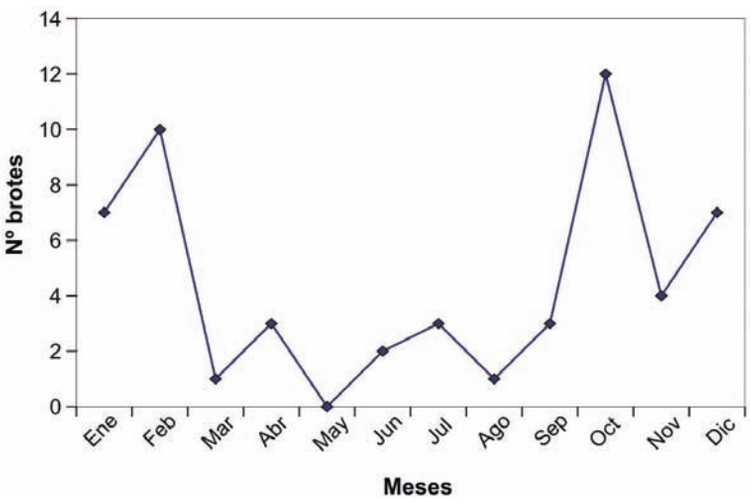
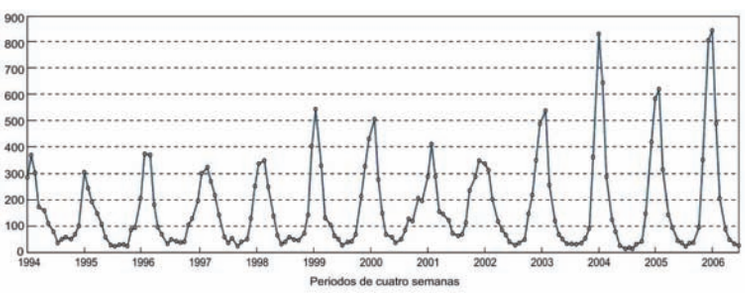


Figura 5. Rotavirus. Evolución temporal. Sistema de Información Microbiológica. Años 1994-2006. Fuente: Referencia 14



Uno de los efectos esperados del cambio climático sería el aumento de temperaturas y una mayor amplitud de las estaciones estivales, lo que se anticipa una disminución de los periodos fríos del año, que podría favorecer una disminución de la prevalencia de infecciones víricas asociadas a alimentos en la región. Para confirmar esta predicción, sería necesario un análisis detallado de los registros históricos de casos para obtener un interpretación robusta de las tendencias de los casos y la estacionalidad de las infecciones en España.

2.4. Parásitos

La criptosporidiosis es una zoonosis de transmisión fecal-oral producida tras la ingestión de ooquistes de *Cryptosporidium* excretados en las heces de animales o humanos. La dinámica epidémica de los casos de criptosporidiosis está asociada a factores climáticos como la temperatura y lluvia. Las condiciones climáticas están consideradas como una de las principales claves en la transmisión del patógeno. Se ha descrito una relación significativa entre el incremento de lluvias torrenciales y el aumento de la concentración de ooquistes de *Cryptosporidium* en diferentes fuentes de agua de consumo y recreativas[15].

Diversos brotes de infección asociados a agua contaminada con ooquistes de *Cryptosporidium* han sido descritos por todo el mundo. En Europa occidental, la criptosporidiosis es la enfermedad de

13. Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III. Brotes de gastroenteritis por norovirus en España. 2003. Boletín Epidemiológico Semanal. 2005;13:241-252.

14. Sobrino L, Soler P. Vigilancia epidemiológica de la infección por Rotavirus. Sistema de Información Microbiológica. Temporada 2005-2006. Boletín Epidemiológico Semanal. 2006;14:157-168.

origen hídrico más significativa asociada al abastecimiento de agua potable. En España, los datos epidemiológicos de criptosporidiosis son escasos y los casos registrados están asociados a brotes localizados. La criptosporidiosis ha sido una enfermedad de notificación obligatoria hasta el año 2009 (Figura 6). Los datos de infecciones existentes proceden principalmente de hospitales y son remitidos de forma voluntaria al sistema de notificación, cubriendo tan solo un 25% de la población española, ya que solo 5 regiones españolas participan en el sistema de notificación[16,17].

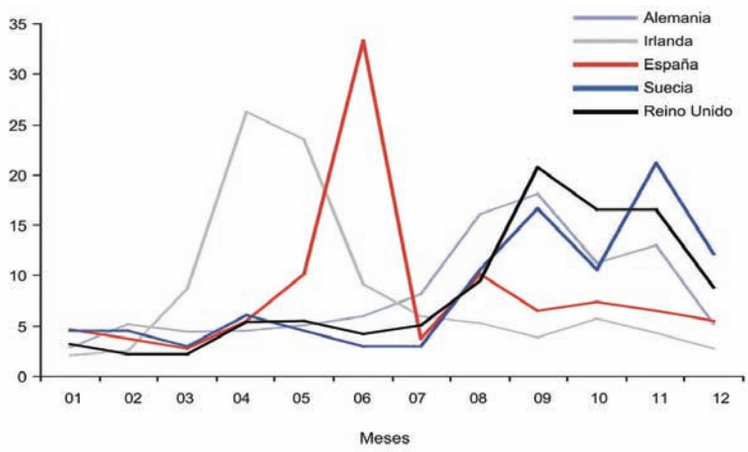
3. Impacto del cambio climático en los productos Marinos

El océano juega un papel importante en el clima global, almacenando una gran parte de la energía solar que llega a la tierra y actúa como el principal amortiguador de calor. De igual forma, el océano cumple una función central en la distribución de calor a nivel global, transportando aguas cálidas hacia los polos, y agua fría en sentido inverso[18]. De esta forma, la estabilidad de estas corrientes marinas contribuye al mantenimiento de los patrones climáticos estacionales en todo el mundo. Sin embargo, cambios en la circulación de las corrientes oceánicas debidos al cambio climático podrían conducir hacia alteraciones de los patrones climáticos en algunas regiones, afectando además a la productividad primaria del océano, a la distribución de las especies y a los cultivos marinos costeros.

Se espera que el cambio global del clima afecte de manera notable a la dinámica de las corrientes marinas, que son esenciales en los procesos de migración de especies planctónicas y en los fenómenos de afloramiento regionales. Entre los organismos más afectados se incluirían las bacterias marinas que forman parte del bacterioplancton o aquellas que viven asociadas a organismos planctónicos, incluidas las especies que son patógenas oportunistas del hombre.

Por otra parte, el aumento de la frecuencia de las eventos climatológicos extremos, como las tormentas o lluvias torrenciales, también podría tener un efecto en el transporte y diseminación

Figura 6. Porcentaje mensual del total anual de notificaciones de criptosporidiosis en Alemania, Irlanda, España, Suecia el Reino Unido durante el año 2005. Fuente: Referencia 17



15. Lake IR, Bentham G, Kovats RS, Nichols GL. Effects of weather and river flow on cryptosporidiosis. J Water Health. 2005;3:469-74.

16. Instituto de Salud Carlos III. Centro Nacional de Epidemiología. Vigilancia Epidemiológica de la criptosporidiosis en España. Boletín Epidemiológico Semanal. 2003;11:277-284.

17. Semenza J, Nichols G. Cryptosporidiosis surveillance and water-borne outbreaks in Europe. Euro surveill 2007; 12 (5). Disponible en: http://www.eurosurveillance.org/em/v12n05/1205-1227.asp

agentes patógenos humanos desde áreas continentales hacia las áreas costeras y estuarios, con serias implicaciones sobre la contaminación del medio y la aparición de brotes epidémicos asociados al consumo de productos marinos[19,20].

El ambiente marino tiene asociadas un número importante de actividades económicas que son la base económica de muchas regiones costeras, como la pesca y acuicultura, que tiene un peso específico muy importante en la alimentación mundial[2,21]. Las actividades relacionadas a la pesca y extracción de productos marinos son sectores estratégicos de la economía española y que vienen mostrando una importancia creciente en los últimos años. Además de su importancia para la alimentación, estos productos marinos son también fuente de enfermedades causadas por patógenos microbianos o toxinas de origen biológico cuya dinámica infecciosa sería alterada en un escenario de cambio climático.

Existen pocos estudios que relacionen los cambios en el clima con los efectos sobre la salud, en comparación con las numerosas investigaciones sobre otros aspectos del cambio climático sobre la pesca excesiva, la introducción de especies y el aumento del nivel del mar. De acuerdo a estudios preliminares, los efectos del cambio climático en el medio ambiente marino en relación con los alimentos y la salud podrían dividirse en tres apartados. El primero estaría constituido por las enfermedades transmitidas por los alimentos marinos contaminados con patógenos fecales de origen humano o animal. En segundo lugar, estarían los patógenos propios del medio ambiente marino que causan infecciones cutáneas o por la ingestión de productos marinos. Finalmente, se describirán los fenómenos de afloramiento de algas tóxicas y la bioacumulación en productos marinos de consumo humano.

3.1. Patógenos por contaminación humana o animal

Los eventos asociados con el cambio climático, como tormentas e inundaciones, podrían incrementar el transporte de patógenos tales como *Salmonella* y norovirus, desde zonas continentales contaminadas hacia áreas costeras donde se localizan las zonas de cultivo o de extracción de productos marinos. El mayor riesgo para la salud está relacionado con la contaminación de moluscos bivalvos, ya que su capacidad para filtrar el agua y retener partículas disueltas en el agua, propicia la bioacumulación de bacterias y virus que están presentes en el medio ambiente circundante hasta alcanzar niveles capaces de generar la infección. Por otra parte, los moluscos bivalvos suelen consumirse crudos, sin aplicarle ningún tratamiento térmico, lo que favorece la aparición de brotes

18. Herr D, Galland GR. The Ocean and Climate Change. Tools and Guidelines for Action. IUCN, Gland, Switzerland. 2009. 72pp.

19. Kistemann T, Classen T, Koch C et al. Microbial Load of Drinking Water Reservoir Tributaries during Extreme Rainfall and Runoff. Appl Environ Microbiol. 2002;68:2188-97.

20. Food and Agriculture Organization. FAO expert workshop on climate change implications for fisheries and aquaculture. Rome, 7-9 April 2008. FAO Fisheries report 2008;870:41p.

21. Cochrane K, De Young C, Soto D, Bahri T. (eds). Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530. Rome, FAO. 2009. 212p.

infectivos por el consumo de estos productos marinos. Estos aspectos adquieren gran relevancia en aquellas regiones donde la acuicultura y, en especial, el cultivo de moluscos bivalvos son actividades económicas importantes y, por consiguiente, estas zonas deben tener una consideración especial en la elaboración de futuros mapas de riesgos y programas de control sanitario de enfermedades transmitidas por productos marinos.

Se conoce que la presencia y supervivencia de bacterias entéricas, incluidos patógenos como *Salmonella*, en el medio ambiente fuera del hospedador es altamente dependiente de las condiciones ambientales. El transporte de estas bacterias desde las zonas contaminadas al mar se ve favorecido por la presencia de lluvias que transportan a las bacterias a través de ríos y acuíferos hasta las zonas costeras[22]. Estos eventos de contaminación son más frecuentes cuando están mediados por lluvias torrenciales, tormentas y otros eventos extremos. Estos eventos pueden ser reforzados por el cambio climático, ya que en zonas del norte de España se prevé un incremento de la intensidad y la frecuencia del régimen de lluvias e inundaciones, potenciando los efectos de arrastre de patógenos hacia las zonas costeras con el correspondiente aumento del riesgo de infección por patógenos, como Salmonella y norovirus, asociado al consumo de productos marinos. Estas lluvias torrenciales podrían colapsar los sistemas de alcantarillado de las ciudades y las plantas de tratamiento de aguas residuales, facilitando el transporte de contaminantes fecales hacia las zonas costeras e introduciendo una descarga inusual de patógenos que potenciaría el número de brotes alimentarios.

3.2. Patógenos marinos

Se ha anticipado que el aumento de los eventos climáticos extremos en un futuro escenario de cambio climático podría incrementar los brotes de enfermedades entéricas asociados a patógenos marinos[23]. La dinámica ecológica de muchas bacterias marinas está estrechamente relacionada con las fluctuaciones de temperatura. Entre estas bacterias, se encuentran las principales especies causantes de enfermedades en el hombre asociadas al consumo de productos marinos: *Vibrio cholerae, Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio vulnificus.*

Está bien establecido que la dinámica ecológica de las variantes patógenas de *Vibrio* están principalmente gobernadas por variables ambientales y oceanográficas, tales como la salinidad y la temperatura del agua de mar. Se ha evidenciado que la distribución geográfica de *V. parahaemolyticus* en la costa está estrechamente asociada a los gradientes de salinidad, que actúan como verdaderas fronteras para su dispersión, mientras que la temperatura del agua de mar actúa sobre la dinámica poblacional modulando su abundancia[24]. La presencia de *V. parahaemolyticus* está también vinculada a épocas con baja productividad primaria y ausencia de afloramiento costero.

Debido a la afinidad de las especies patógenas de *Vibrio* por aguas de

22. Martínez-Urtaza J, Saco M, de Novoa J, et al. Influence of environmental factors and human activity on the presence of Salmonella serovars in a marine environment. Appl Environ Microbiol. 2004;70:2089-97.

moderada salinidad, las zonas costeras próximas a las desembocaduras de los ríos van a ser las áreas de mayor presencia de las tres especies de *Vibrio*, especialmente durante los periodos de máximas lluvias y reducida salinidad y temperaturas templadas. En estas zonas se encuentran ubicados la mayor parte de los parques de cultivo de ostras y almejas, los dos moluscos de consumo crudo y, por lo tanto, los de mayor riesgo de infección por *Vibrio*.

En este sentido, los efectos esperados en el medio marino asociados al cambio climático estarán especialmente ligados a una reducción de la salinidad y un aumento de temperatura, especialmente en latitudes altas. La intensificación de las lluvias y, en menor medida, el deshielo de los polos, producirán un reducción de la salinidad que será especialmente marcado en las desembocaduras de los ríos y los estuarios de latitudes medias y altas. En estas mismas zonas será donde se intensifique la tendencia al calentamiento de las aguas relacionado con el cambio climático. La combinación de aguas más calientes y menos salinas proporcionará un medio ambiente adecuado para que la distribución de las poblaciones patógenas de *Vibrio* avance hacía hacia los polos en los dos hemisferios, afectando a nuevas zonas donde los consumidores de productos marinos estarán expuestos a nuevas variantes genéticas de esos patógenos contra las que no tienen desarrolladas ninguna inmunidad. Esta situación favorecerá la aparición de casos y brotes infecciosos de *Vibrio* en áreas donde no se habían detectado estas enfermedades hasta la fecha. En este contexto, *V. parahaemolyticus* se ha revelado como uno de los patógenos más sensibles a los cambios climáticos y han mostrado una clara dispersión hacía zonas más frías durante los últimos años asociado a anomalías oceanográficas[25].

En este nuevo contexto ecológico asociado al cambio climático, las infecciones por especies de *Vibrio* en Europa debido al consumo de productos marinos han aumentado en los últimos años. En España, se han documentado diversos brotes de infecciones por *Vibrio*. En Galicia en 1999, se produjo uno de los brotes de *V. parahaemolyticus* más importantes de Europa asociados al consumo de productos marinos[26]. Datos de infecciones en Galicia durante los años 1999 y 2000 revelaron que la aparición y la extensión de los casos están estrechamente asociadas con la entrada y permanencia de masas de agua cálidas en las rías y la presencia de especies de zooplancton atípicas (Figura 7). De esta manera se asociaron los brotes epidémicos a las anomalías de las corrientes marinas que podrían estar causados por los efectos del cambio climático[27].

3.3. Impacto en la distribución de las algas tóxicas

Las intoxicaciones alimentarias por biotoxinas marinas están asociadas a la aparición de mareas rojas en las zonas costeras generadas por el afloramiento de algas productoras de toxinas y la

23. Rose JB, Epstein PR, Lipp EK, et al. Climate variability and change in the United States: potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents. Environ Health Perspect. 2001;109 Suppl 2:211-21.

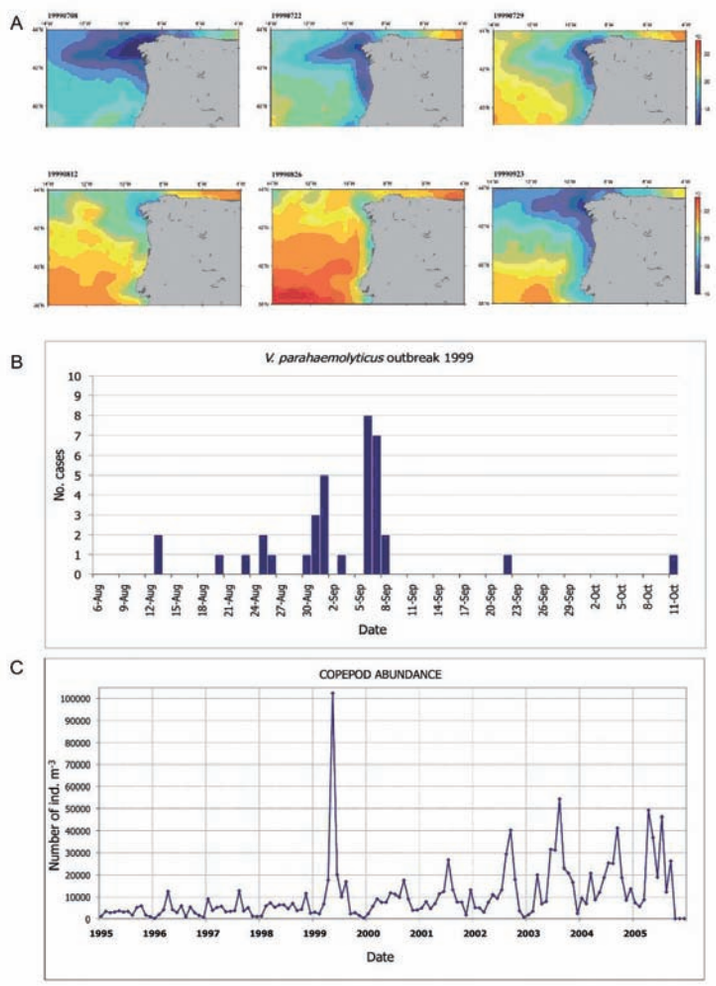
24. Martínez-Urtaza J, Lozano-León A, Varela-Pet J, et al. Environmental determinants of the occurrence and distribution of Vibrio parahaemolyticus in the rias of Galicia, Spain. Appl Environ Microbiol. 2008;74:265-74.

acumulación de las sustancias tóxicas en los moluscos bivalvos y algunas especies de peces. Los fenómenos de afloramiento de algas tóxicas constituyen en nuestro ámbito geográfico un problema importante para la salud pública. Las intoxicaciones son producidas por diferentes especies de algas dinoflageladas que originan intoxicaciones agudas a consecuencia del consumo de peces o moluscos filtradores que se alimentan de estas algas y acumulan las toxinas sin verse ellos afectados.

El afloramiento de las algas tóxicas producen una serie de efectos adversos en la salud humana, en las explotaciones de acuicultura, áreas turísticas en zonas costeras y en las poblaciones naturales de organismos marinos. El principal riesgo para la salud humana ocurre a través de la exposición a estas toxinas mediante el contacto con el agua contaminada, la ingestión de alimentos marinos contaminados o por la inhalación de aerosoles contaminados. Se estima que, a nivel mundial, más de 60.000 casos de intoxicación anuales están asociados con la presencia de biotoxinas marinas, con una mortalidad del 1.5%[28].

Durante las últimas décadas se viene observando un incremento en la frecuencia de los periodos de afloramiento de algas tóxicas en diferentes zonas costeras y marinas en Europa. Los cambios del clima a nivel global podría estar creando un ambiente idóneo para el afloramiento

Figura 7. Incursión de aguas calientes oceánicas en las rías de Galicia (A) durante la aparición de infecciones causadas por *V. parahaemolyticus* en el verano de 1999 (B) y anomalía en la abundancia de copépodos detectada en las costas de Galicia en ese mismo periodo (C) (Baker-Austin et al, 2010).



25. Martínez-Urtaza J, Bowers JC, Trinanes J, DePaola A. Climate Anomalies and the Increasing Risk of Vibrio parahaemolyticus and Vibrio vulnificus Illnesses. Food Research International. 2010;43:1780-1790.

26. Martínez-Urtaza J, Lozano-León A, DePaola A, et al. Characterization of pathogenic Vibrio parahaemolyticus isolates from clinical sources in Spain and comparison with Asian and North American pandemic isolates. J Clin Microbiol. 2004;42:4672-8.

27. Baker-Austin C, Louise Stockley L, Rangdale R, Martínez-Urtaza J. Environmental occurrence and clinical impact of Vibrio vulnificus and Vibrio parahaemolyticus: a European perspective. Envi. Micro. Reports. 2010;2:7–18.

de especies de algas tóxicas en zonas donde antes no se detectaban, ampliando su distribución geográfica. El aumento de la temperatura superficial del mar durante los meses de invierno promueve el cambio de la estructura de los ecosistemas marinos que potencia el incremento de las poblaciones de dinoflagelados tóxicos[29]. De esta manera los cambios climáticos en determinadas regiones aumentarán la frecuencia y la amplitud de los episodios de afloramiento de los dinoflagelados, generando un mayor riesgo de contaminación de los productos marinos por toxinas marinas con su correspondiente impacto en el riesgo sanitario[30].

Aunque la expansión de algas tóxicas también puede verse favorecida por el movimiento de animales marinos para comercialización o cultivo, el imparable avance de los eventos tóxicos en España ha sido principalmente asociado al calentamiento del agua. Desde los años 70, los mejillones cultivados en las rías de Galicia han estado asociados a varias intoxicaciones vinculadas a la presencia de toxina paralizante que fueron detectadas en varios países de Europa. A partir de los 80 se produjo un cambio sustancial en la presencia de toxinas y las nuevas intoxicaciones asociadas a los moluscos fueron vinculadas a la presencia de una toxina diferente, de tipo diarreico[31]. Recientemente se ha detectado en las costas del Mediterráneo y de Canarias la presencia de especies de dinoflagelados tóxicos propios de zonas tropicales. En aguas de Canarias se ha observado otro dinoflagelado típicamente tropical, *Gambierdiscus* productor de una de las toxinas más potentes que se conocen. Su carácter tropical, hace que se pueda prever un aumento de su abundancia en un contexto de calentamiento global, así como una extensión de su área de distribución hacia el Norte y su probable entrada en el Mediterráneo. Finalmente, un posible ejemplo de impacto positivo del cambio climático podría señalarse la reducción de la abundancia de alguna especie tóxica. Sería el caso en las costas de Galicia de *Lingulodinium polyedrum*, especie causante de las tres mareas rojas más antiguas descritas en la literatura científica que en la actualidad se considera como una especie rara en la zona[30].

3.4. Histaminas en productos marinos

Las variaciones en el clima pueden también afectar la conservación de diferentes productos marinos. Por ejemplo la cadena de frío de los alimentos marinos podría verse afectada en zonas en ambientes cada vez más cálidos promoviendo las intoxicaciones causadas por la producción de histamina en los productos pesqueros debido a una mayor rapidez de la descomposición de

28. Hallegraeff GM. Harmful algal blooms: a global overview, In: Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD. (eds.) IOC Manuals and Guides, No.33, UNESCO, 1995; pp. 1–22.

29. Food and Agriculture Organization. Climate Change: Implications for Food Safety. FAO 2008. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0195e/i0195e00.pdf

30. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. MARM. 2005.

31. Fraga S. y Bakun A. Global climate change and harmful algalblooms: The example of Gymnodinium catenatum on the Galician coast. En: Smayda TJ, Shimizu Y. (eds.). Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier Science Publisher, Amsterdam. 1993.

los alimentos. En España, la intoxicación por histamina constituye un 92% de los brotes causados por el consumo de pescado[32]. Las intoxicaciones por productos marinos presentan un claro patrón estacional, observándose una mayor frecuencia de los brotes durante los meses de verano que son principalmente causados por la presencia de niveles altos de histamina (Figura 8). La extensión de los periodos estivales debido al cambio climático podría incrementar la frecuencia de estas intoxicaciones.

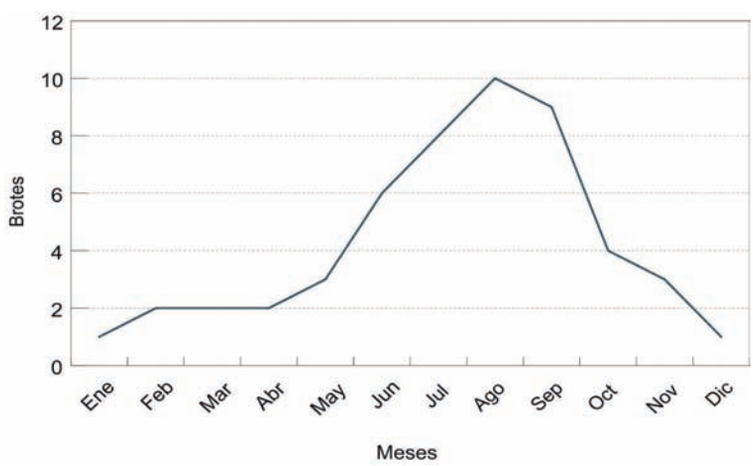
4.- Impacto del cambio climático en la Agricultura y la producción de alimentos

Según las proyecciones, los cambios en la frecuencia y severidad de condiciones climáticas extremas tendrán un impacto significativo para producción de alimentos y la seguridad alimentaria[33]. Recientes estudios indican que los escenarios del cambio climático, incluyendo el incremento del estrés térmico, sequías e inundaciones, reducirán las cosechas y la producción ganadera. De igual forma el cambio climático aumentará el riesgo de incendios, promoverá el incremento de plagas y potenciará los brotes epidémicos de origen alimentario[1,4].

El incremento de las enfermedades de origen alimentario traerá consecuencias negativas para la salud pública, tanto en España como en Europa. Como consecuencia de estos efectos negativos sobre la producción de alimentos, se espera un incremento de los precios de los alimentos y cambios en los mercados internacionales en el sector alimentario. La disminución de la producción de alimentos influirá directamente en la seguridad alimentaria y en los niveles de pobreza, en especial en países donde tienen una alta dependencia de la agricultura. Las áreas rurales serán las más afectadas ya que su economía está estrechamente ligada a la agricultura[1].

Se espera que el aumento de temperatura cambie las prácticas agrícolas como la cría de ganado, menos susceptible a climas extremos, incrementando la susceptibilidad a ciertos patógenos. En algunas áreas se movilizará el ganado a zonas menos cálidas, promoviendo la transmisión de patógenos zoonóticos y vectores[29]. La vulnerabilidad a las plagas agrícolas debido a los cambios climatológicos

Figura 8. Brotes de intoxicación alimentaria por biotoxinas marinas debidos al consumo de pescado y marisco. Distribución estacional. España. 2003-2006. Fuente: Referencia 32.



32. Martín Granado A, Varela Martínez MC, Torres Frías A, et al. Brotes de intoxicación alimentaria por biotoxinas marinas debidos al consumo de pescado y marisco en España. 2003-2006. Boletín Epidemiológico Semanal. 2007;15:133-144.

33. Boxall AB, Hardy A, Beulke S, et al. Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. Environ Health Perspect. 2009;117:508-14.

incrementaría el abuso de plaguicidas, químicos agrícolas y antibióticos en la agricultura. Esta situación podría provocar un aumento de la resistencia antimicrobiana de los patógenos asociados con los alimentos. De igual forma, el incremento artificial de nutrientes en los suelos agrícolas en zonas con abundantes precipitaciones incrementaría las descargas de compuestos nitrogenados a zonas costeras y estuarios, promoviendo la eutrofización y causando cambios en la estructura de las comunidades microbianas de los suelos y aguas.

El cambio climático también está teniendo una influencia sobre los factores que gobiernan la exposición a las micotoxinas a través del consumo de alimentos. Las micotoxinas son producidas por un gran número de especies de hongos, cada uno de los cuales posee sus propios requerimientos ecológicos y régimen de temperaturas. Se prevé que los cambios en el clima podrían influir en la temperatura de varias regiones de Europa, incrementando la interacción de los mohos toxígenos con determinadas plantas hospedadoras e incidiendo en la distribución de ciertas especies toxígenas. Desde el año 2003, el cada vez más cálido y seco verano italiano ha promovido la mayor incidencia de *Aspergillus flavus*, lo que ha provocado un incremento de los brotes epidémicos causados por contaminación de alimentos con aflatoxinas, lo cual era poco frecuente en Europa[29]. En un estudio realizado en España para determinar los hongos asociados a los granos de uva y su relación con la producción de ocratoxina A, se determinó que existe una relación significativa entre la presencia de la toxina con la temperatura, con un máximo que coincidió con el verano del 2003, que fue una de las épocas más cálidas de los últimos años[34].

5.- Impacto del cambio climático en las zoonosis

Los animales son reservorios de una serie de agentes infecciosos los cuales pueden ser transmitidos a las personas a través de su consumo como alimentos. La mayoría de estos microorganismos patógenos se encuentran comúnmente en el intestino de muchos animales utilizados en la industria ganadera, los cuales son empleados de forma directa e indirecta en la alimentación. Los animales domésticos pueden excretar los patógenos al medio circundante con el consiguiente impacto en la salud humana. De esta forma, los microorganismos zoonóticos pueden alcanzar los sistemas acuáticos y mediante estos contaminar las zonas de cultivo de productos de consumo mediante la irrigación con aguas contaminadas. Muchos de estos microorganismos pueden sobrevivir días, y algunas veces semanas, en los restos fecales esparcidos en las zonas ganaderas y que luego son drenadas alcanzando los recursos hídricos y los cultivos agrícolas.

Por otro lado existen diversas enfermedades animales asociadas con el aumento de la intensidad de producción y la concentración de los animales en espacios limitados. Muchas de estas enfermedades zoonóticas

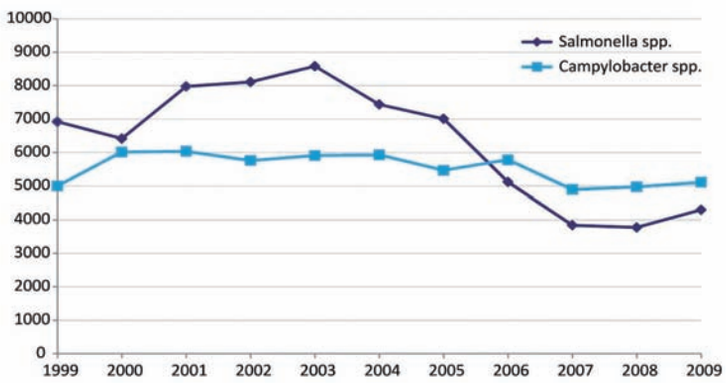
34. Belli N, Mitchell D, Marin S, et al. Ochratoxin A-producing fungi in Spanish wine grapes and their relationship with meteorological conditions. European Journal of Plant Pathology, 2005;113,233–39.

representan una amenaza para la salud humana. Las formas de producción animal intensivas e industriales pueden ser un caldo de cultivo de enfermedades emergentes con graves consecuencias para la salud pública. Los riesgos de contaminación intraespecies e interespecies son particularmente altos en entornos periurbanos o rurales donde coinciden las altas densidades de seres humanos y animales[35].

Muchas de las zoonosis emergentes y reemergentes se originan en animales silvestres que actúan frecuentemente como reservorios naturales de estas enfermedades. La alteración de los ecosistemas puede crear condiciones que facilitan la aparición o dispersión de nuevas enfermedades. En los últimos años se ha observado que las poblaciones de roedores están siendo afectadas por las condiciones climáticas. Los roedores están asociados con la transmisión de diversas enfermedades infecciosas[36]. El aumento de la población de estos animales podría aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades a los animales domésticos, y finalmente a las personas. Un ejemplo de esta transmisión son los brotes por leptospirosis debido a la contaminación del agua de consumo y de alimentos[37].

Dentro de las enfermedades zoonóticas transmitidas por alimentos, las más frecuentes y de mayor importancia para la salud pública en España son *Salmonella* y *Campylobacter*. La transmisión de estos dos patógenos está estrechamente vinculada al consumo de productos avícolas (Figura 9). En el 2007, la incidencia de salmonelosis en la Unión Europea fue de 31,1 casos por 100.000 habitantes (151.995 casos confirmados) y cuyos brotes epidémicos fueron asociados mayormente al consumo de carne de aves de corral y de carne de cerdo[11]. Por otro lado, la incidencia de *Campylobacter* en la UE durante el año 2007 fue de 45,2 casos por 100.000 habitantes, con un total de 200.507 casos confirmados, los cuales estuvieron principalmente asociados al consumo de carne de pollo[38]. Se ha demostrado que la colonización de las aves por *Campylobacter* aumenta rápidamente con el aumento de la temperatura, por lo que el riesgo de prevalencia de este patógeno aumenta en un escenario de calentamiento

Figura 9. Incidencia de *Salmonella spp.* y *Campylobacter spp.* asociados a gastroenteritis en España, 1999 – 2009. Fuente: Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III.



[35]. Food and Agriculture Organization. Livestock's Long Shadow: environmental issues and options. FAO, Roma 2006.

[36]. Kausrud KL, Viljugrein H, Frigessi A, et al. Climatically driven synchrony of gerbil populations allows large-scale plague outbreaks. Proc Biol Sci. 2007;274:1963-9.

[37]. Iniesta-Arandia N, Ríos-Blanco JJ, Fernández-Capitán MC, Barbado-Hernández FJ. Cambio climático: ¿nuevas enfermedades para un nuevo clima? Rev Clin Esp. 2009. 209, 5: 234-240.

[38]. EFSA. The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008, EFSA Journal; 2010 8:1496.

ambiental, con el consiguiente riesgo de potenciar la frecuencia de infecciones en humanos[5].

6.- Planes de prevención y adaptación

La gravedad de los impactos del cambio climático varía según las diversas regiones geográficas. Se prevé que las regiones más vulnerables en Europa sean las zonas del sur, la cuenca mediterránea y las regiones ultraperiféricas. El territorio español se enmarca dentro de las regiones más vulnerables por lo cual podría afrontar problemas importantes en la salud humana según los distintos escenarios de cambio climático. Los principales efectos que el cambio climático puede tener sobre la seguridad alimentaria asociada a los distintos tipos de alimentos en España han sido detallados en los anteriores apartados.

A pesar de que los probables efectos tengan diversas magnitudes en las áreas analizadas, es posible delimitar ciertas propuestas de prevención ante los posibles eventos extremos y de esta manera mejorar la capacidad de actuación de los servicios de salud frente a un posible incremento de las enfermedades de origen alimentario. De esta manera para mejorar el conocimiento y el control de los posibles riesgos del cambio climático en la transmisión de enfermedades alimentarias, es necesario fortalecer una serie de áreas claves, como son las referentes a la vigilancia epidemiológica y zoonótica, el desarrollo de modelos matemáticos y herramientas de predicción de riesgo, y la promoción de estudios multidisciplinarios que permitan la interacción de profesionales de áreas de salud pública, seguridad alimentaria, los servicios de sanidad animal, climatólogos y ecólogos.

En el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), el gobierno español presentó una serie de medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector de la salud humana, que fueron delimitadas en una serie de objetivos generales donde se incluyen las enfermedades de origen alimentario. En este sentido a continuación se proponen ciertas medidas que serían complementarias a las establecidas por el PNACC para la prevención y adaptación frente a los posibles impactos del cambio climático en las enfermedades alimentarias.

Las siguientes son líneas priorizadas que se encuentran en un orden jerárquico que permitirán mejorar las acciones y capacidades frente al cambio climático:

- Implementación de bases de datos históricas que recojan los datos procedentes de la vigilancia ambiental y epidemiológica de las enfermedades alimentarias. Estas bases de datos deben de ser de acceso público para la comunidad científica.

- Estudios sobre la evolución histórica de la epidemiología de las enfermedades alimentarias que puedan emplearse como base para determinar el patrón estacional de las enfermedades alimentarias y su tendencia.

- Desarrollo de modelos predictivos capaces de identificar en tiempo real el riesgo de presencia de patógenos en los distintos alimentos y de infección en las distintas zonas mediante la integración de la información de la vigilancia y los datos climáticos.

- Elaborar mapas de riesgo de las enfermedades alimentarias que permitan identificar el riesgo presente y el futuro de acuerdo a los distintos escenarios climáticos de forma que se puedan establecer planes de acción ante eventos climatológicos extremos.

- Desarrollar planes de acción sanitarios ante fenómenos meteorológicos extremos que integren a las autoridades sanitarias, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y el Ministerio de Medio Ambiente.

- Adecuar la capacidad de respuesta de los servicios de salud en las zonas de mayor riesgo para obtener una respuesta adecuada ante los incrementos de brotes de origen alimentario en un contexto de cambio climático.

7.- Propuestas de investigación

Actualmente existe un creciente interés sobre el estudio del cambio climático y las enfermedades de transmisión alimentaria. Las implicaciones del clima sobre la seguridad alimentaria ha sido un aspecto poco estudiado hasta la fecha. A pesar del creciente número de estudios y propuestas que se vienen realizando a escala europea, existen muy pocas iniciativas locales que midan el impacto y planteen medidas de prevención que permitan mejorar la adaptación ante estos futuros eventos de cambio climático. En este sentido, se señalan a continuación algunas necesidades de investigación en España que permitan mejorar la vigilancia epidemiológica y la identificación de zonas de riesgo de las enfermedades alimentarias.

7.1. Potenciar el sistema de vigilancia epidemiológica de enfermedades sensibles al clima

La integración de una vigilancia ambiental y de las enfermedades en humanos a largo plazo es esencial para una adecuada monitorización de patógenos con el fin de evaluar los riesgos sanitarios ante fenómenos meteorológicos extremos y prevenir una mayor incidencia de las enfermedades alimentarias debido al cambio climático. De esta manera es prioritario establecer medidas para el fortalecimiento de las redes de vigilancia ambiental mediante una monitorización constante de los patógenos y toxinas en el medio ambiente, conjuntamente con una adecuada recopilación de los datos epidemiológicos de brotes alimentarios que representen la tendencia real de la población española a través la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica.

En este sentido, se han desarrollado una serie de iniciativas científicas para abordar el posible impacto del cambio climático sobre las zonas costeras y sobre la seguridad alimentaria asociada a productos marinos en el noroeste de la Península Ibérica. Mientras que la investigación sobre el impacto del cambio climático en los productos marinos ha avanzado sustancialmente durante la última década, el análisis general sobre los principales patógenos alimentarios asociados a los principales productos de consumo sigue sin ser abordado desde una perspectiva amplia que aporte una predicción de riesgos futuros. En este sentido, debería potenciarse el desarrollo de proyectos de investigación que afrontasen el análisis histórico de datos epidemiológicos en el ámbito nacional y regional de las principales afecciones relacionadas con el consumo de

alimentos, de forma que pudieran establecerse patrones estacionales y tendencias en los principales parámetros de prevalencia de las enfermedades. Estos resultados van a ser críticos a la hora de interpretar el posible impacto que el cambio de clima en la Península Ibérica pueda estar teniendo en la potenciación de las enfermedades transmitidas por alimentos y empezar a desarrollar estrategias dirigidas a mitigar los posibles efectos a medio y largo plazo.

7.2. Desarrollo de un mapa de riesgos ambientales

La integración de los datos generados por los programas de vigilancia ambiental y epidemiológica con datos meteorológicos, sensores remotos y otros datos de monitorizaciones ambientales, han permitido en los últimos años desarrollar con éxito en distintas zonas mapas de riesgos para los distintos patógenos y toxinas que son sensibles a los cambios en el medio ambiente. El desarrollo de estos mapas de riesgos tanto a escala de comunidades autónomas como en todo el territorio español, es esencial para diseñar estrategias específicas de prevención según las diferentes regiones de España.

7.3. Teledetección de patógenos mediante el uso de sensores remotos

El uso de satélites en el estudio ambiental es uno de los avances más importantes de las últimas décadas. Esta herramienta es empleada en rutina en los estudios climatológicos y sus análisis han ayudado a la previsión de diversos desastres y cambios ambientales extremos. Más recientemente, estas técnicas de detección remota han sido utilizadas para predecir brotes epidémicos de enfermedades sensibles al clima. De tal manera que el uso de los datos de satélites conjuntamente con el uso de biosensores permitiría mejorar el estudio de la dinámica de los patógenos y permitiría evaluar los riesgos para la salud en tiempo real. Los análisis de los datos de satélite deben ser validados mediante estudios a largo plazo *in situ*, por lo tanto, estos estudios estarían complementados mediante la implantación de estudios pilotos basados en técnicas convencionales para la detección de patógenos alimentarios.

3.1.5. Vectores transmisores de enfermedades y cambio climático

1.- Introducción

1.1. Los artrópodos y la salud humana

Pese a que es de sobra conocido el papel vectorial de animales vertebrados como roedores (transmisión vírica por aerolización de excretas de Coriomeningitis Linfocitaria (LCM) o Síndrome Pulmonar por Hantavirus (SPH)), porcinos (virus de la influenza porcina (SIV)) e incluso cánidos y félidos (bacteriosis como la leptospirosis, parasitosis como la toxoplasmosis o virosis como la rabia), lo cierto es que son los artrópodos los que albergan la mayor diversidad de agentes causales transmisibles y mecanismos de vectorización.

Los artrópodos constituyen el grupo más numeroso de animales del planeta. Gran parte de las pandemias que han diezmado a la población humana en el pasado están íntimamente ligadas a la acción de los artrópodos (la peste, el paludismo, la fiebre amarilla, etc.), y en la actualidad estos animales siguen siendo protagonistas ineludibles en muchas de las enfermedades de alta morbilidad y mortalidad que tienen lugar en amplias áreas del globo terráqueo.

La forma en que los artrópodos alteran negativamente la salud del ser humano puede ser muy variable. Resulta evidente que existen artrópodos con un poder patógeno propio, ya sea por sus propiedades alergénicas (ácaros causantes de alergias dérmicas o respiratorias), por su conducta parasitaria (miasis provocadas por dípteros) o por su comportamiento defensivo (picaduras de avispas o arañas) o alimenticio (hematofagia por parte de pulgas, garrapatas o mosquitos). Pero además, entre los artrópodos de interés vectorial también existen importantes diferencias en función del carácter pasivo o activo en la diseminación de los agentes patógenos. Por tanto, existen vectores pasivos o mecánicos que simplemente se encargan de vehicular o trasladar elementos infecciosos. Si bien estos vectores suelen subestimarse, cabe mencionar que tanto a nivel cuantitativo como cualitativo existen portadores foréticos excelentes como las cucarachas o las moscas. En cuanto a los vectores activos o biológicos, éstos tienen un papel mucho más complejo y de mayor transcendencia epidemiológica, ya que son vectores necesarios de una cadena de transmisión sin los cuales, en la mayoría de los casos, no existiría la enfermedad. En las enfermedades que implican la participación de vectores activos, la co-evolución entre reservorios, agentes causales y vector ha propiciado la aparición, casi selectiva, de ciclos multiplicativos, evolutivos y, en combinación de ambos, también multiplico-evolutivos. En este contexto evolutivo, la cadena de adaptación, en algunos casos, ha provocado una reducción de huéspedes y vectores compatibles con el desarrollo de los agentes infecciosos, tal y como sucede por ejemplo con diversas especies de plasmodios que afectan únicamente al ser humano y que son vehiculadas en exclusividad por mosquitos del genero Anopheles. En definitiva, existe un sinfín de cuestiones que deben diferenciarse y puntualizarse con respecto a los vectores. Seguidamente nos centraremos en algunos de estos aspectos más relevantes, relacionados con la creciente incidencia de los vectores activos o biológicos en el marco de los actuales cambios

socioeconómicos, sanitarios y climáticos en España.

1.2. Situación general de las enfermedades de transmisión vectorial

Las enfermedades de transmisión vectorial se presentan como una de las mayores preocupaciones actuales para la salud pública mundial. Los datos de morbilidad y mortalidad de enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla o la leishmaniosis, si bien presentan una distribución claramente asimétrica en función del nivel socioeconómico y sanitario del país en cuestión, suponen una más que sobrada justificación para dicha preocupación. Asimismo la necesaria participación de artrópodos vectores en los ciclos de transmisión provoca que, de manera lógica e irrefutable, deban ser tenidos en cuenta como factores prioritarios para el control de la enfermedad, la biología, distribución y comportamiento de estos vectores. Precisamente estos tres factores han sufrido importantes variaciones en los últimos decenios debido a cambios de índole antropogénica (globalización, modificación de hábitats, etc.) y climática. Así por ejemplo, en referencia a los vectores de transmisión mecánica más importantes, los mosquitos culícidos, es de sobra conocido que la transformación de ambientes por parte de hombre ha posibilitado su adaptación y proliferación en ambientes urbanos, que la diseminación sinantrópica ha propiciado la llegada de especies tropicales a zonas templadas y que el cambio climático puede provocar el establecimiento y expansión de estas especies alóctonas en estos territorios a priori adversos para el desarrollo de sus poblaciones.

En este sentido, en los últimos años han comenzado ya a observarse en España algunas de las consecuencias del binomio "cambios globales – enfermedades vectoriales". Así por ejemplo, el aumento del paludismo importado, y también de otras virosis como el dengue o el virus Chikungunya, las migraciones inusuales de reservorios animales y la llegada, establecimiento y expansión del vector tropical *Aedes albopictus* (comúnmente conocido como mosquito tigre) son un buen ejemplo de los efectos de los cambios globales sobre la epidemiología de algunas enfermedades vectoriales en nuestro país. Las consecuencias de estas observaciones también son evaluables en la actualidad en España, con la detección del primer caso de paludismo autóctono desde 1961 o la aparición de los primeros casos de afección humana por el virus *West Nile* en las proximidades de diferentes humedales del sur peninsular, como principales exponentes.

En España quince de las Enfermedades de Declaración Obligatoria (EDO) pueden ser transmitidas por diversas especies de artrópodos que están presentes actualmente en nuestro país[1] (Tabla 1). Este hecho nos obliga, no solo a incrementar la vigilancia ante la posible llegada de nuevos vectores, sino también a potenciar el estudio de los efectos de los cambios globales sobre los vectores autóctonos, es decir, los ya presentes en nuestro

1. Bueno Marí R, Moreno Marí J, Oltra Moscardó MT, et al. Artrópodos de interés vectorial en la salud pública española. Rev Esp Salud Pública. 2009; 83 (Suppl 2): 199–212.

Tabla 1. Principales géneros y especies de artrópodos presentes en España potencialmente vectores de enfermedades. (a) = Enfermedad de Declaración Obligatoria, (b) = vector principal de la enfermedad, (c) = comprobado bajo condiciones de laboratorio.

Vector	Presencia	Distribución	Agente	Enfermedad
Mosquitos (*Anopheles sp.*)	Establecida	Rural	*Plasmodium* sp.	Malaria o Paludismo[a]
Mosquitos (*Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta, Ochlerotatus*)	Establecida	Rural y urbana	Virus West Nile (Flaviviridae)	Encefalitis del Nilo Occidental
Mosquitos (*Ae. aegypti, Ae. albopictus*)	Puntual(desaparecida)/ Colonización reciente (año 2004)	Urbana	Virus del Dengue (Flaviviridae)	Dengue
Mosquitos (*Ae. aegypti, Ae. albopictus, Ae. vittatus, Oc. geniculatus*[c])	Puntual (desaparecida)/ Colonización reciente/ establecida	Rural y urbana	Virus de la Fiebre Amarilla (Flaviviridae)	Fiebre Amarilla[a]
Mosquitos (*Aedes, Anopheles, Culex, Ochlerotatus*)	Establecida	Rural y urbana	*Wuchereria bancrofti* *Dirofilaria* sp.	Filariasis linfática, Filariasis canina
Garrapatas (*Dermacentor, Ixodes*) Mosquitos (*Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta, Ochlerotatus*) Pulgas (*Ctenocephalides, Pulex, Xenospsylla*) Tábanos (*Chrysops, Tabanus*)	Establecida	Rural	*Francisella tularensis*	Tularemia
Flebótomos (*Phlebotomus* sp.)	Establecida	Rural	*Leishmania* sp.	Leishmania
Flebótomos (*Phlebotomus* sp.)	Establecida	Rural	*Phlebovirus* (Bunyaviridae)	Fiebre de Toscana
Ácaros (*Neotrombicula*) Garrapatas (*Dermacentor, Hyalomma, Ixodes, Rhipicephalus*[b]) Piojos (*Pediculus*) Pulgas (*Ctenocephalides, Pulex, Xenospsylla*)	Establecida	Rural y urbana	*Rickettsia* sp.	Rickettsiosis, Tifus murino, Fiebre botonosa.

Tabla 1. (continuación)

Vector	Presencia	Distribución	Agente	Enfermedad
Ácaros (*Neotrombicula*)[c] Garrapatas (*Ixodes*[b], *Ornithodoros*) Piojos (*Pediculus*)	Establecida	Rural y urbana	*Borrelia* sp.	Borreliosis Enfermedad de Lyme Fiebre recurrente.
Chinches (*Cimex lectularius*)[c]	Establecida	Rural y urbana	*Trypanosoma cruzi*	Trypanosomiasis americana, Enfermedad de Chagas
Cucarachas (*Blatta, Blattella, Periplaneta*)[c] Moscas (*Stomoxys*) Tábanos (*Chrysops, Tabanus*)	Establecida	Rural y urbana	*Bacillus anthracis*	Ántrax, Carbunco
Cucarachas (*Blatta, Blattella, Periplaneta*) Moscas (*Calliphora, Chrysomya, Fannia, Lucilia, Musca, Sarcophaga, Stomoxys*)	Establecida	Rural y urbana	*Enterobacter* sp. *Escherichia* sp. *Salmonella* sp. *Shigella* sp.	Enteropatogenia bacteriana: Salmonelosis, Shigelosis, Disenteria bacilar[a]
Cucarachas (*Blatta, Blattella, Periplaneta*) Pulgas (*Ctenocephalides*, *Pulex*, *Xenospsylla*[b])	Establecida	Rural y urbana	*Yersinia pestis*	Peste[a]
Cucarachas (*Blatta, Blattella, Periplaneta*) Moscas (*Calliphora, Chrysomya, Fannia, Lucilia, Musca, Sarcophaga, Stomoxys*)	Establecida	Rural y urbana	*Aspergillus* sp.	Aspergilosis

territorio. Esta última acción, que parece lógica e incuestionable en su necesidad, es de obligada puntualización debido al deterioro actual de una disciplina tan consolidada y arraigada en el pasado en nuestro país como es la Entomología Médica.

1.3. Métodos para medir la susceptibilidad de los vectores a los cambios climáticos

Resulta evidente que los cambios en los fenómenos climáticos (temperatura, precipitación, humedad, etc.) afectan, no solo a la biología y ecología de los vectores, sino también a la de los hospedadores o reservorios de los agentes patógenos y, en consecuencia, a la eco-epidemiología general de la enfermedad. Tan complicado como necesario es poder disponer de herramientas matemáticas que permitan medir la sensibilidad de los vectores a estos cambios climáticos. Tradicionalmente, una de las expresiones matemáticas más utilizadas para cuantificar la capacidad vectorial ***(C)*** de un artrópodo se ha definido del siguiente modo:

$$C = ma^2 p^n / \log_e p$$

donde ***m*** es la densidad relativa del artrópodo vector por humano, a es la tasa diaria de picaduras sobre un hospedador vertebrado multiplicado por la probabilidad de que ese vertebrado sea un humano, ***p*** hace referencia a la tasa de supervivencia diaria de un vector y ***n*** es el periodo latente del patógeno en el artrópodo vector, es decir, el tiempo de incubación extrínseca.

Obviamente la temperatura afecta crucialmente a estos parámetros. En este sentido, el incremento de la temperatura media del planeta, estimado para el año 2100 en unos 2 °C (valor ligeramente superior o inferior en función de la lejanía o proximidad a los trópicos respectivamente) en términos globales, acortaría significativamente, en el caso de los mosquitos, el tiempo de desarrollo larvario. Esta situación podría provocar un aumento del número de generaciones anuales, con el correspondiente solapamiento de poblaciones adultas de mosquitos procedentes de distintas generaciones y, en consecuencia, un aumento de la densidad relativa ***(m)***. Este aumento del número de generaciones vendría apoyado, no solo por la reducción del tiempo de desarrollo larvario, sino también por la extensión temporal del periodo óptimo estacional para el desarrollo poblacional fruto del ascenso de las temperaturas. El acortamiento del ciclo larvario puede derivar en la posterior aparición de hembras con requerimientos fisiológicos más extremos. En general, estas hembras necesitarán más ingestas sanguíneas para realizar satisfactoriamente la oviposición, reduciéndose consecuentemente los fenómenos de autogenia (capacidad para realizar la primera puesta de huevos sin previa ingesta de sangre íntimamente relacionada con el acumulo de reservas energéticas durante la fase larvaria). En definitiva, se produciría un incremento de la tasa diaria de picaduras ***(a)***. Si a esto le añadimos los cambios antrópicos que provocan la proliferación de mosquitos urbanitas (modificación de hábitats, gestión inadecuada de los recursos hídricos, urbanización desmesurada y sin debida planificación, etc.), las posibilidades de que esta tasa diaria de picaduras tenga al ser humano como protagonista principal se multiplican exponencialmente. El incremento térmico reduciría

considerablemente la mortalidad invernal, de manera que la tasa de supervivencia diaria del vector ***(p)*** aumentaría significativamente en esta época tradicionalmente desfavorable. Asimismo, la temperatura también guarda una relación inversamente proporcional, siempre dentro de unos rangos concretos, con el período de incubación extrínseco. De manera que el incremento de las temperaturas reportaría una disminución en el tiempo que tarda el vector desde que se infecta hasta que es infectante ***(n)***. Además de las modificaciones en la propia capacidad vectorial, el ascenso de las temperaturas medias también puede provocar cambios en la distribución espacial de las enfermedades, ya que las isotermas invernales que marcan los límites de distribución de los vectores también sufrirían un desplazamiento.

Con respecto a la pluviosidad, no existe un consenso acerca de cómo se verá afectada por el cambio climático, pero en los últimos años cobra fuerza la hipótesis de que aumentará el acontecimiento de fenómenos de precipitación extremos, seguidos de largos periodos de sequía. Estos fenómenos de pluviosidad extremos, ya conocidos y habituales en nuestro país en ciertas épocas del año (véase la gota fría), sucederían con más frecuencia y con cierta independencia de la estación anual. Es incuestionable que las inundaciones derivadas de estas precipitaciones propiciarán más criaderos larvarios de mosquitos vectores. Pero además, los posibles periodos de sequía también pueden provocar la adaptación de los mosquitos a reproducirse en grandes cuerpos acuáticos a priori adversos, como ríos o lagos, fruto de los encharcamientos dispersos originados en ellos por la ausencia de aportes hídricos debido a la escasez lluvias.

2. Enfermedades vectoriales emergentes

2.1. Reemergencia del paludismo en España: vectores, colectivos especiales y población en riesgo

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad de las enfermedades tropicales de transmisión vectorial, debe resaltarse la existencia de dos colectivos especiales: los inmigrantes y los turistas. Resulta evidente que, en el marco de las enfermedades de carácter antroponótico, el trasiego de personas y materiales es el principal factor que posibilita la llegada de microorganismos patógenos propios de regiones alejadas. En este sentido, probablemente la enfermedad parasitaria más importante del mundo, la malaria, supone el mejor ejemplo para estudiar la vulnerabilidad de las enfermedades emergentes o reemergentes de transmisión vectorial en nuestro país. En la actualidad se diagnostican en España alrededor de 400 casos de paludismo anualmente. Sin olvidar ni menospreciar la posible importancia epidemiológica a medio o largo plazo, de los casos confirmados debidos a transfusiones sanguíneas, trasiego de jeringuillas entre pacientes drogadictos e, incluso, ciertos casos constatados de malaria de aeropuerto, lo cierto es que son las personas inmigrantes y los turistas procedentes de zonas endémicas los que monopolizan los casos de paludismo en España. Al respecto, la concienciación o la legislación que obligue a tomar las medidas profilácticas necesarias a los turistas o inmigrantes residentes en España que decidan viajar a zonas de riesgo por enfermedades infecciosas transmisibles, son sin duda algunas de las cuestiones a mejorar y potenciar.

En cuanto a los inmigrantes, los viajes que estas personas puedan hacer a sus países de origen incrementan exponencialmente las posibilidades de contraer la enfermedad, ya que la estancia suele ser prolongada y, en un porcentaje muy elevado, son regiones altamente endémicas. Estos inmigrantes suponen un grupo de riesgo especial por las cuestiones anteriormente descritas, y epidemiológicamente se agrupan bajo las siglas VFR ***(visiting friends and relatives)***, o ***inmigrantes viajeros***, para referirse a aquellas personas que, una vez establecidos en los países de acogida, viajan con cierta frecuencia a los suyos de origen para visitar a familiares y amigos. Por lo que se refiere a los turistas, la situación también es preocupante. Datos como los expuestos por el Ministerio de Sanidad y Consumo, procedentes de estudios recientes, indican que el 58,1% de las personas que con fines turísticos viajaron a algún país endémico no tomaron medida profiláctica alguna, y que el 17,5% lo hicieron de forma incorrecta[2], lo cual debe hacer meditar seriamente a la administración sanitaria. La situación todavía se complica más si nos fijamos exclusivamente en los VFR, ya que la información disponible habla de que tan solo un 16% de ellos busca consejo médico antes del viaje, y que la profilaxis antipalúdica es prácticamente nula. Al respecto, es de vital importancia poner de manifiesto que la posible inmunidad adquirida frente a la malaria desaparece en los inmigrantes que llevan viviendo varios años en países templados.

Todas estas coyunturas serían meras anécdotas epidemiológicas si no fuese porque en España seguimos teniendo, tal y como sucedía en el pasado, excelentes vectores de la enfermedad. Es decir, la receptibilidad palúdica es relativamente elevada, sobre todo en ciertas regiones rurales donde existen destacadas densidades del principal vector europeo de la parasitosis, *Anopheles atroparvus*[3]. Precisamente esta situación, nos permite introducir al tercer grupo de riesgo en relación a la antroponosis: la población rural. Los hábitos bioecológicos de los vectores apuntan a que, al menos en nuestro país y en la práctica totalidad del continente europeo, el paludismo es una enfermedad eminentemente rural. No obstante, esta tesitura podría revertirse por completo si, fruto de la globalización, se produjese la llegada de vectores africanos cuya distribución puede ser común en ambientes urbanos como *Anopheles gambiae s.s.* o *Anopheles arabiensis*, gracias a su adaptabilidad para completar el desarrollo larvario en pequeños recipientes domésticos. Esta circunstancia permitiría la aparición de ciclos de transmisión urbanos, situación habitual en otras enfermedades transmitidas por mosquitos como el dengue, donde evidentemente el contacto mosquito-hombre sería mucho más probable. Pese a que los estudios actuales indican que *An. atroparvus* es refractario a cepas africanas de *P. falciparum,* investigaciones recientes han demostrado la posibilidad de que *An. atroparvus* genere ooquistes de *P. falciparum,* sin que haya podido evidenciarse hasta el momento que

2. Enfermedades infecciosas importadas por turistas internacionales a los trópicos. Ministerio de Sanidad y Consumo. 2008. Disponible en:http://www.msc.es/profesionales/saludPublica//prevPromocion/promocion/migracion/docs/enfInfImpViajerosTropicos.pdf

3. Bueno Marí R, Jiménez Peydró R. Malaria en España: aspectos entomológicos y perspectivas de futuro. Rev Esp Salud Pública. 2008; 82 (Suppl 5): 467–89.

pueda completarse la esporogonia. Por tanto, aunque *An. atroparvus* solo podría iniciar a priori ciclos de transmisión que implicaran a las formas benignas (*P. vivax* y *P. ovale*), no debemos olvidar que el continuo contacto con cepas exóticas hospedadas en personas procedentes de países con alto riesgo, fundamentalmente importadas por inmigrantes y también turistas, puede culminar en la selección y/o adaptación de cepas de *P. falciparum* capaces de desarrollarse en este o en otros anofelinos. Llegados a este punto, conviene recordar que, precisamente, la adaptación de *An. atroparvus* a *P. falciparum* ya ha sido propuesta como la explicación más plausible para entender los episodios epidémicos de fiebres tercianas malignas que sucedieron de manera habitual en España durante el siglo XVIII. Sea como fuere, el hecho es que recientemente se ha vuelto a detectar en España, concretamente en una zona rural de la provincia de Huesca, el primer caso de paludismo autóctono desde hace 50 años[4]. El protozoo implicado fue *P. vivax* y todos los indicios apuntan a que fue *An. atroparvus* el vector de transmisión.

Volviendo a la actual receptibilidad palúdica, esta debe analizarse desde una perspectiva global y no circunscribirse exclusivamente a la ocurrencia de *An. atroparvus*. Desde principios del siglo XX, en nuestro país se han descrito un total de quince especies de potenciales vectores del paludismo, de las cuales la mayoría se consideran actualmente presentes y algunas erradicadas (Tabla 2). En este sentido, una de las vías de estudio de mayor interés, que desgraciadamente no suele priorizarse, pasa por el análisis de los efectos de los cambios globales sobre estos vectores autóctonos. Así por ejemplo, con respecto al cambio climático, tal y como se ha apuntado con anterioridad, el incremento de las temperaturas medias puede propiciar un aumento del número de generaciones y, en consecuencia, una prolongación en el tiempo de los episodios hematofágicos a lo largo del año, mientras que los fenómenos extremos de precipitación pueden posibilitar la frecuente aparición de potenciales focos de cría de perfecta sincronía con el elevado grado de oportunismo que caracteriza a estos vectores. Además, el ascenso de temperaturas también puede afectar a

Tabla 2. Especies de *Anopheles* citadas en España. EP: España peninsular, B: Baleares, C: Canarias.

Especie	Distribución
Anopheles (Ano.) algeriensis Theobald, 1903	EP
Anopheles (Ano.) atroparvus Van Thiel, 1927	EP, B
Anopheles (Ano.) claviger (Meigen, 1804)	EP, B
Anopheles (Ano.) hyrcanus (Pallas, 1771)	EP
Anopheles (Ano.) labranchiae Falleroni, 1926	EP
Anopheles (Ano.) maculipennis Meigen, 1818	EP
Anopheles (Ano.) marteri Senevet & Prunelle, 1927	EP
Anopheles (Ano.) melanoon Hackett, 1934	EP
Anopheles (Ano.) petragnani Del Vecchio, 1939	EP
Anopheles (Ano.) plumbeus Stephens, 1828	EP
Anopheles (Cel.) cinereus Theobald, 1901	EP, C
Anopheles (Cel.) multicolor Cambouliu, 1902	EP, C
Anopheles (Cel.) sergentii (Theobald, 1907)	C
Anopheles (Cel.) subalpinus Hackett & Lewis, 1935	EP
Anopheles (Cel.) superpictus Grassi, 1899	EP

4. Santa-Olalla Peralta P, Vázquez Torres MC, Latorre Fandós E, et al. First autochthonous malaria case due to Plasmodium vivax since eradication, Spain, October 2010. Euro Surveill. 2010. 15 (41): pii=19684. Disponible en: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19684

la incubación extrínseca de las diferentes especies de plasmodios implicadas en la enfermedad. En este sentido, para *Plasmodium vivax* se han registrado temperaturas mínimas para completar el ciclo en el interior del mosquito que varían alrededor de los 15 °C. Para *Plasmodium malariae* se estima en 16.5 °C la temperatura mínima exigida y para *Plasmodium falciparum*, la especie más mortífera, ésta sería de 19 °C. En cuanto a *P. ovale,* no parecen existir datos publicados al respecto, probablemente por su baja agresividad y limitada distribución. La actual distribución de *Plasmodium falciparum* parece limitar su presencia a termoclimas veraniegas por encima de 20 °C, mientras que para *P. vivax* y *P. malariae* las restricciones se sitúan por encima de los 16 °C. No obstante, también hay temperaturas por encima de las cuales se produce la muerte del plasmodio, existiendo bastante consenso en afirmar que 45 °C sería el límite térmico superior. Con más detalle, para *P. vivax* la muerte acontecería tras 9 días a 25 °C o bien 44 días a 6 °C. En el caso de *P. falciparum*, el mantenimiento a 23-25 °C durante 14-15 días o bien a 19 °C durante 20 días sería letal. Para *P. ovale* se necesitarían 14 días a 27 °C y para *P. malariae* 25 días a 24 °C o bien 40 días a 19 °C[5].

Pero además, dentro de los cambios globales, existen acciones antropogénicas de constatado efecto positivo para la proliferación de las poblaciones autóctonas de mosquitos, como la mala planificación urbanística y agrícola, la modificación de ambientes, el mal uso de productos insecticidas y también, por supuesto, los escasos sistemas de control vectorial existentes debidamente programados.

2.2. Virosis emergentes en un mundo cambiante

No menos preocupante que el paludismo, son las decenas de arbovirosis de potencial afección humana. Se habla de arbovirus (*arthropod-borne virus*) para referirse a aquellos virus que requieren de la acción hematofágica de un artrópodo para la transmisión entre hospedadores. Pese a la naturaleza mayoritariamente zoonótica que caracteriza a los arbovirus, al menos en un 25% del total catalogado para este grupo se ha podido evidenciar afecciones humanas de diverso grado de gravedad[6] (Tabla 3). A las puertas del recién estrenado tercer milenio la emergencia y/o reemergencia de algunas de las enfermedades infecciosas que provocan estos agentes víricos supone una de las mayores preocupaciones para la salud pública mundial. En este sentido, el estudio de la bioecología y de la dinámica poblacional de los principales vectores, los mosquitos culícidos, se postula de vital importancia para poder predecir escenarios locales de transmisión, y determinar qué especies deben ser objeto de control basándose en su posible participación tanto en la enzootia de la enfermedad como en su llegada, e incluso mantenimiento, en el ser humano. Además, la transmisión transovárica o vertical que tiene lugar en muchas de las arbovirosis, debe ser tenida en cuenta siempre de forma

5. Snow K. Malaria and mosquitoes in Britain: the effect of global climate change. Eur Mosq Bull. 1999; 4: 17-25.

6. Bueno Marí R, Jiménez Peydró R. Situación actual y eco-epidemiología de las arbovirosis transmitidas por mosquitos culícidos (Diptera: Culicidae) en España. Rev Esp Salud Pública. 2010; 84 (Suppl 3): 255–69.

Tabla 3. Información relativa a los principales arbovirus de afección humana transmitidos por mosquitos. a Arbovirus que provocan una viremia significativa en humanos. b Ecología de los ciclos de transmisión en orden de frecuencia: U (urbana), S (suburbana) y R (rural). c Sintomatología en humanos: FS (fiebre sistémica), FH (fiebre hemorrágica) y ME (Meningoencefalitis). d Aislamiento o seroprevalencia humana en España: I (casos importados) y A (casos autóctonos).

Familia / virus	Mosquito vector	Hospedador vertebrado	Ciclos de transmisión[b]	Afección humana[c]	Distribución geográfica	Casos España[d]
Togaviridae						
Chikungunya[a]	*Aedes*	Humanos, primates	U,S,R	FS	África, Asia, Australia	I
Ross River[a]	*Aedes*	Humanos, marsupiales	R,S,U	FS	Australia, Pacífico sur	-
Mayaro[a]	*Aedes*	Aves	R	FS	Suramérica	-
O'nyong-nyong[a]	Anopheles	Desconocido	R,S,U	FS	África	-
Sindbis	*Aedes, Culex,* Culiseta	Aves	R	FS	África, Asia, Australia, Europa	I
Encefalitis equina del Este	*Aedes, Coquillettidia, Culex, Culiseta*	Aves	R	FS,ME	América	-
Encefalitis equina del Oeste	*Aedes, Culex*	Aves	R	FS,ME	América	-
Encefalitis equina de Venezuela[a]	*Aedes, Anopheles, Culex*	Roedores	R	FS,ME	América	-
Flaviviridae						
Dengue 1-4[a]	*Aedes*	Humanos, primates	U,S,R	FS,FH	Mundial (trópicos)	I
Fiebre Amarilla[a]	*Aedes*	Humanos, primates	R,S,U	FS,FH	África, Suramérica	I
Encefalitis japonesa	*Culex*	Aves, cerdos	R,S	FS,ME	Asia, Pacífico	-
Encefalitis del Valle de Murray	*Culex*	Aves	R	FS,ME	Australia	-
Encefalitis de San Luis	*Culex*	Aves	R,S,U	FS,ME	América	-
Usutu	*Aedes, Culex, Culiseta*	Aves	R	FS	África, Europa	-
Virus del Oeste del Nilo[a]	*Aedes, Anopheles, Coquillettidia, Culex, Ochlerotatus*	Aves	R,S,U	FS,ME	África, Asia, Europa, Norteamérica	A
Bunyaviridae						
Inkoo	*Ochlerotatus*	Bóvidos, roedores	R	FS,ME	Norte de Europa	-
Batai	*Aedes, Anopheles, Coquillettidia, Ochlerotatus*	Bóvidos, óvidos	R	FS	África, Asia, Europa	-
Tahyna	*Aedes, Anopheles, Coquillettidia, Culex Ochlerotatus*	Roedores, lacértidos	R	FS,ME	África, Asia, Europa	I
Fiebre del Valle del Rifta	*Aedes, Anopheles, Culex*	Bóvidos, óvidos	R	FS,FH,ME	África	-
Encefalitis de La Crosse	*Aedes*	Roedores	R,S	FS,ME	Norteamérica	-
Encefalitis de California	*Aedes, Culex*	Roedores	R	FS,ME	Asia, Europa, Norteamérica	-

muy cautelosa, ya que puede modificar drásticamente la situación epidemiológica de la enfermedad.

Hablar de arbovirosis emergentes nos obliga a centrarnos, entre otros, en el virus *West Nile*. Este virus afecta fundamentalmente y de manera más severa a las aves, mientras que de forma esporádica puede llegar al hombre, donde los casos exhiben un elevado porcentaje de asintomatismo que suele enmascarar su prevalencia real en la población humana. En general los mamíferos no presentan elevada viremia de forma habitual, de manera que no son óptimos hospedadores para permitir la recirculación del virus a partir de ellos. De hecho el virus solo se mantiene en la sangre de mamíferos entre 3 y 6 días, reduciendo, por tanto, las posibilidades de que una hembra de mosquito obtenga sangre infectada, mientras que en las aves, el virus se multiplica trascurridos entre 1 y 4 días tras la picadura del mosquito, persistiendo la viremia en su organismo entre 20 y 200 días y pudiendo acabar ocasionando la muerte. Aceptando esta coyuntura, los humedales se posicionan como los ambientes ideales para el mantenimiento enzoótico de estas arbovirosis, ya que los niveles hídricos de estas zonas permiten la conjunción de poblaciones elevadas de culícidos con la presencia de numerosas especies avícolas acuáticas. Existen documentados recientes brotes epidémicos en diversos países mediterráneos como Grecia o Italia, algunos de ellos muy virulentos, y la seroprevalencia en la población humana también ha sido revelada en numerosas regiones colindantes a importantes humedales de España, aunque no el aislamiento vírico hasta el momento. Partiendo únicamente de aquellas especies halladas como portadoras del virus *West Nile* en poblaciones naturales, podemos señalar a *Aedes vexans, Anopheles atroparvus, Coquillettidia richiardii, Culiseta annulata, Culex mimeticus, Culex modestus, Culex theileri, Culex pipiens, Culex univittatus* y *Ochlerotatus caspius* como los potenciales vectores de la enfermedad en España. Profundizando más en esta cuestión, podemos adjudicar el mantenimiento de la enzootia a especies comunes en nuestros humedales como son *An. atroparvus, Cs. annulata, Cx. mimeticus o Cx. pipiens pipiens.* Además de sostener la enfermedad en las aves, *Ae. vexans, Cx. modestus, Cx. pipiens molestus, Cx. theileri* y *Oc. caspius*, debido a su elevada antropofilia, son los principales vectores puente de la virosis entre las aves y el ser humano.

Es sumamente importante no ceñirse exclusivamente a la población humana circundante a los humedales para identificar los grupos de riesgo. Al respecto, conviene indicar que algunos de los vectores pueden desplazarse decenas de kilómetros desde sus criaderos larvarios en busca de sus hospedadores preferentes en los que llevar a cabo la acción hematofágica. Además, pese a que la afección por el virus *West Nile* es más habitual en las aves acuáticas, algunas de ellas muy comunes en nuestros humedales, como la focha común (*Fulica atra*) o la polla de agua (*Gallinula chloropus*), lo cierto es que también se ha detectado la presencia del virus *West Nile* en especies avícolas sinantrópicas que suelen desarrollar elevada viremia y son cada vez más frecuentes en nuestras ciudades, como el gorrión común (*Passer domesticus*) o la paloma bravía (*Columba livia*). Sea como fuere, el hecho es que la transmisión urbana de la virosis en Europa ya ha sido constatada, teniendo en *Cx. pipiens*,

también conocido como «mosquito común», al principal agente transmisor. Además, al hablar de mosquitos urbanitas hemos de volver a referirnos a *Ae. albopictus*, ya que la expansión de esta especie en ambientes urbanos abre una nueva y preocupante vía de infección, dado su mayor grado de agresividad con el hombre y su capacidad para transmitir el virus *West Nile*, demostrada tanto en condiciones experimentales, como más recientemente en poblaciones naturales de Estados Unidos, donde el vector está establecido desde el año 1985 y *Cx. pipiens* es quien ha vehiculado la arbovirosis hasta numerosas ciudades.

Dado el carácter migratorio estacional de gran parte de los reservorios de la virosis, cada vez más autores tratan de averiguar los posibles efectos del cambio climático sobre la epidemiologia de la enfermedad a nivel macroescalar. Se sabe que las aves migratorias tienen un papel fundamental en la diseminación del virus a lugares distantes, pudiendo así llegar cepas exóticas de importante poder patógeno para la fauna y/o la población humana autóctona. En este sentido, el cambio climático puede modificar las rutas migratorias de las aves, si bien existe bastante consenso en afirmar que, para hablar con más propiedad acerca de este fenómeno de modificación de itinerarios migratorios, harán falta estudios de un amplio rango temporal, en ningún caso inferior a 30 o 40 años. Sea como fuere, el hecho de que nuestros humedales sean destacados ecosistemas receptores de aves migratorias procedentes del continente africano y norte de Europa, intensifica más, si cabe, la necesidad de establecer una exhaustiva vigilancia.

Sin embargo, la arbovirosis más preocupante en la actualidad es el dengue. Su incidencia se ha acrecentado de manera drástica en las últimas décadas, y en la actualidad puede afectar a dos quintas partes de la población mundial. Si nos ceñimos al actual punto caliente de la enfermedad, el continente americano, hay que destacar que en el año 2007 se informaron de más de 890.000 casos y la situación va en aumento. Claro ejemplo de esta emergencia es el hecho de que hasta 1970 solo nueve países habían experimentado epidemias de la forma hemorrágica de la enfermedad, y hoy en día ese número se ha multiplicado considerablemente, pudiendo hablar de 115 países tropicales y subtropicales endémicos o potencialmente endémicos.

El dengue es la arbovirosis tropical más frecuentemente diagnosticada entre las importadas a nuestro país, suponiendo además, en términos globales, alrededor de un 10% del total de las enfermedades importadas en Europa declaradas a la TropNet-Europ (Red de Vigilancia Europea de Enfermedades Importadas). Las causas de la reemergencia de este virus, que en el pasado protagonizó tantas epidemias en el sur de Europa, no están claras, si bien parece haber una marcada relación con los cambios demográficos y sociales (ejemplificados en su máxima expresión por el incremento migratorio) acaecidos en los últimos 50 años.

Pese a que es posible que estos cambios demográficos y sociales sean las principales causas que explican la globalización de la enfermedad, sin duda, otro cambio de índole antropogénica, la modificación de hábitats, es el que mejor explicaría la diferente y preocupante eco-epidemiología de la enfermedad en los últimos decenios. El dengue es una

zoonosis habitual en diferentes masas selváticas tropicales, que tiene en los primates allí existentes a sus principales reservorios. Sin embargo, la alteración de estos ambientes por parte del ser humano (deforestación, desarrollo urbanístico colindante, aprovechamiento hídrico abusivo, etc.) ha propiciado la aparición de cepas de los vectores de la enfermedad que exhiben comportamientos urbanitas, es decir, que no solo pueden completar su ciclo biológico aprovechando los biotopos hídricos derivados de la acción humana, sino que acaban presentando una clara predilección por ellos. En consecuencia, los ciclos selváticos o salvajes de la enfermedad, han pasado a ser en la actualidad también de tipo urbano, o lo que es lo mismo, la virosis ha pasado de ser una zoonosis casi exclusiva a ser una antroponosis de primer orden mundial. De todos modos, cabe mencionar que este cambio en la eco-epidemiologia de la enfermedad no puede basarse exclusivamente en la transformación ambiental humana, ya que la plasticidad bioecológica de los vectores es un factor crucial al respecto. Como ejemplo de esta situación podemos señalar la actual existencia de vectores urbanos de la enfermedad, como *Aedes aegypti* o *Ae. albopictus*, que destacan por su elevada flexibilidad ecológica (al ovipositar frecuentemente en recipientes domésticos como cubos, bidones, bebederos animales, etc.), mientras que otros vectores también sometidos a destacadas presiones antrópicas, como *Aedes polynesiensis* o *Aedes scutellaris*, siguen exhibiendo un comportamiento exclusivamente agreste y, por tanto, quedan limitados en su distribución mayoritariamente a zonas rurales o salvajes. Pero además de esta flexibilidad ecológica, para la colonización de zonas de clima templado los vectores tropicales deben exhibir una plasticidad fisiológica que permita su hibernación (mecanismo quiescente inexistente en áreas tropicales). Esta capacidad hibernante es claramente mensurable en *Ae. albopictus*, cuya expansión por el continente europeo está siendo constante en los últimos años. En este sentido, pese a que esta limitación climática es el primordial escollo para la expansión en Europa del principal vector a nivel mundial del dengue, *Ae. aegypti*, el calentamiento global puede provocar que el viejo continente acabe siendo un territorio óptimo para la especie[7].

El período de incubación extrínseco ***(n)*** del virus del dengue en el mosquito es de doce días a 30 °C, pero si la temperatura se eleva, alcanzando los 32-35 °C este período se reduce a tan solo siete días. Por tanto, cuanto menor sea el tiempo de incubación extrínseco, menos vectores se requerirán para poder iniciar un brote de transmisión. A 30 °C, un ser humano con dengue debe infectar a seis mosquitos para que se produzca un caso secundario, mientras que a 32-35 °C tan solo necesita infectar a dos mosquitos para que esto se produzca, con lo que se triplica la capacidad vectorial ***(C)*** del mosquito[8].

7. Bueno Marí R, Jiménez Peydró, R. ¿Pueden la malaria y el dengue reaparecer en España? Gac Sanit. 2010; 24 (Suppl 4): 347–53.

8. Rogers DJ, Packer MJ. Vector-borne diseases, models and global climate change. Lancet. 1993; 342: 1282-4.

Tabla 4. Información relativa a las principales invasiones o colonizaciones por parte de mosquitos vectores debidas a factores antrópicos. * Especies invasivas ** Especies no invasivas * Cavidades en la vegetación terrestre que albergan agua y larvas de mosquitos (huecos en arboles, bromelias, bambú, etc.)**

Especie (origen)	Región colonizada o invadida	Distribución preferencial	Hábitat larvario	Huevos resistentes desecación	Autogenia	Estado hibernante	Enfermedad
**Aedes aegypti* (África)	Trópicos	Urbana	Recipientes antrópicos	Sí	Poco frecuente	No	Dengue, Fiebre amarilla
**Aedes albopictus* (Asia tropical)	América, Europa, África, Oceanía	Urbana, periurbana	Recipientes antrópicos, ***phytotelmata	Sí	Poco frecuente	Huevos	Dengue, Fiebre amarilla, Chikungunya, West Nile
**Ochlerotatus atropalpus* (Norteamérica)	Europa	Rural	Recipientes antrópicos, agujeros en roca	Sí	Sí	Huevos	West Nile, Encefalitis de La Crosse y San Luis
**Ochlerotatus japonicus* (Asia templada)	Norteamérica, Europa	Rural, periurbana	Recipientes antrópicos, agujeros en roca	Sí	No	Huevos	West Nile, Encefalitis japonesa
**Ochlerotatus notoscriptus* (Australia)	Nueva Zelanda	Urbana, periurbana, rural	***Phytotelmata, agujeros en roca	Sí	No	Huevos, larvas	Encefalitis Valle Murray, Ross River, Barmah Forest
**Culex pipiens* (Viejo Mundo)	Norteamérica	Urbana, periurbana, rural	Recipientes antrópicos, canales, charcas	No	Sí	Adultos	Encefalitis San Luis, West Nile, Sindbis, Usutu, Tahyna, Filariasis
**Culex pipiens* quinquefasciatus (África)	América, Asia Nueva Zelanda	Urbana, periurbana,	Recipientes antrópicos, canales, charcas	No	Frecuente	No	Encefalitis San Luis, West Nile, Rift Valley, Chikungunya, Filariasis
**Anopheles darlingi* (Centroamérica y Amazonia)	Perú	Rural	Márgenes fluviales, lagunas	No	No	No	Malaria
**Anopheles gambiae* (África)	Brasil, Islas Mauricio	Periurbana, rural	Charcas, lagunas	No	No	No	Malaria, Filariasis
***Aedes neopandani* (Islas Marianas del Norte)	Islas Marianas del Sur	Periurbana, rural	***Phytotelmata	Sí	No	?	?
***Aedes rotanus* (Islas Marianas del Norte)	Islas Marianas del Sur	Periurbana, rural	***Phytotelmata	Sí	No	?	?
***Aedes saipanensis* (Islas Marianas del Norte)	Islas Marianas del Sur	Periurbana, rural	***Phytotelmata	Sí	No	?	?

Tabla 4. (continuación)

Especie (origen)	Región colonizada o invadida	Distribución preferencial	Hábitat larvario	Huevos resistentes desecación	Autogenia	Estado hibernante	Enfermedad
**Aedes vexans* (Cosmopolita)	Islas Marianas del Sur	Rural	Charcas, canales, lagunas	Sí	No	Huevos	Encefalitis equina del este, West Nile, Usutu, Tahyna, Batai
***Ochlerotatus australis* (Australia)	Nueva Zelanda	Rural (costas marinas)	Agujeros en roca	Sí	Sí	Larvas	?
*** Ochlerotatus camptorhynchus* (Australia)	Nueva Zelanda	Periurbana, rural	Charcas, lagunas salobres	Sí	No	?	Ross River, Murray Valley
*** Ochlerotatus vigilax* (Nueva Caledonia)	Islas Fiji	Periurbana, rural	Charcas, lagunas salobres	Sí	Sí	?	Ross River, Murray Valley Barmah Forest
*** Ochlerotatus bahamensis* (Bahamas)	Norteamérica	Urbana, periurbana, rural	Recipientes antrópicos, ****phytotelmata*	Sí	Sí	No	?
*** Ochlerotatus togoi* (Asia templada)	Norteamérica	Rural (costas marinas)	Agujeros en roca	Sí	Sí	Larvas	Encefalitis japonesa, Filariasis
***Aedeomyia catasticta* (Región Oriental)	Islas Marianas del Sur	Rural	Charcas, lagunas	No	?	No	?
*** Mansonia uniformis* (Trópicos del Viejo Mundo)	Islas Marianas del Sur	Rural,	Charcas, lagunas	No	?	No	Ross River, Murray Valley Kunjin, Filariasis
***Culex fuscanus* (Región Oriental)	Islas Marianas del Sur	Rural	Charcas, canales, lagunas	No	?	No	?
***Culex fuscocephala* (Asia tropical)	Islas Marianas del Sur	Rural	Arrozales, charcas	No	?	No	Encefalitis japonesa
*** Culex tritaeniorhynchus* (Viejo Mundo)		Periurbana, rural	Arrozales, charcas	No		Adultos	Encefalitis japonesa West Nile, Sindbis
*** Culex sitiens* (Trópicos del Viejo Mundo)	Islas Marianas del Sur	Rural, (costas marinas)	Charcas, salobres	No	?	No	Ross River,
***Anopheles indefinitus* (Región Oriental)	Islas Marianas del Sur	Rural, (costas marinas)	Charcas, salobres	No	?	No	Malaria

Tabla 4. (continuación)

Especie (origen)	Región colonizada o invadida	Distribución preferencial	Hábitat larvario	Huevos resistentes desecación	Autogenia	Estado hibernante	Enfermedad
***Anopheles barbirostris* (Vietnam)	Islas Marianas del Sur	Rural	Arrozales, márgenes fluviales	No	?	No	Malaria, Filariasis
***Anopheles litoralis* (Filipinas, Borneo)	Islas Marianas del Sur	Rural (costas marinas)	Charcas salobres, recipientes antrópicos	No	?	No	Malaria
***Anopheles subpictus* (Región Oriental)	Islas Marianas del Sur	Periurbana rural	Charcas lagunas, recipientes antrópicos	No	?	No	Malaria Filariasis, Encefalitis japonesa, West Nile
***Anopheles vagus* (Región Oriental)	Islas Marianas del Sur	Periurbana rural	Charcas canales, recipientes antrópicos	No	?	No	Malaria
***Armigeres subalbatus* (Región Oriental)	Islas Marianas del Sur	Periurbana rural	Recipientes antrópicos	No	?	No	Filariasis, Encefalitis japonesa
***Wyeomyia mitchellii* (Caribe, Florida)	Hawái	Rural	Bromelias	No	No	No	?

3. Vectores y cambio global

3.1. Globalización de vectores e invasiones de mosquitos exóticos

La introducción de especies exóticas invasoras de mosquitos es una de las causas que provocan el cambio global. En general, hablamos de invasiones biológicas de mosquitos para referirnos a especies alóctonas que consiguen establecerse y propagarse rápidamente en un territorio causando algún tipo de daño, habitualmente de tipo sanitario, pero también económico[9] (Tabla 4).

Es interesante señalar la trayectoria divergente en España de los dos vectores invasores más importantes del mundo en la actualidad: *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus.* Estas especies son, respectivamente, el vector principal y secundario a nivel mundial, de arbovirosis de primera magnitud sanitaria, como el dengue o la fiebre amarilla. *Ae. aegypti* fue una especie relativamente común en nuestro país hasta la primera mitad del siglo XX. Su infructuosa búsqueda en todo el territorio español, desde su última cita peninsular en el año 1956, nos permite suponer su erradicación, siendo probable que su ubicuidad fuese debida a continuas introducciones portuarias, fundamentalmente desde el norte del continente africano. Por tanto, ya existen pruebas que relacionan acciones humanas y cambios en la distribución de los vectores en nuestro país a principios del siglo pasado. Pero además, el siguiente paso, es decir, la aparición de enfermedades tropicales asociada a la llegada de sus vectores, también ha sido evidenciado en el pasado. Las continuas introducciones portuarias de *Ae. aegypti* provocaron la ocurrencia de numerosos brotes epidémicos de fiebre amarilla registrados en el siglo XIX, que llevaron a la muerte a miles de personas en importantes ciudades marítimas españolas como Alicante, Barcelona, Cartagena o Cádiz. Es más que previsible que *Ae. aegypti* encontrara importantes barreras climáticas para su establecimiento definitivo en nuestro país. No obstante, un tema de incesante actualidad, el cambio climático, puede propiciar escenarios favorables para el asentamiento de esta especie tropical en nuestro territorio. El otro factor necesario, la llegada de la especie, está prácticamente asegurada debido al fenómeno de la globalización, tal y como ya se ha evidenciado en múltiples países de nuestro entorno europeo. En consecuencia, la diseminación de *Ae. aegypti* puede acabar permitiendo un incremento de los procesos de selección y/o adaptación de diversas cepas de la especie a ciertas regiones del sur de Europa, donde el establecimiento definitivo es ya un hecho desde hace unos años en territorios como por ejemplo el archipiélago de Madeira. De forma reciente, la presencia de *Ae. aegypti* en el norte del continente europeo (Países Bajos) también ha sido evidenciada en rutinarios controles llevados a cabo en empresas dedicadas a la importación de neumáticos[10].

En contraposición a esta desaparición de *Ae. aegypti*, el otro principal vector, *Ae. albopictus,* está expandiéndose

9. Bueno Marí R, Jiménez Peydró R. La creciente amenaza de las invasiones biológicas de mosquitos sobre la salud pública española. Enf Emerg. 2009; 11 (Suppl 1): 30–5.

10. Scholte EJ, Den Hartog W, Dik M, et al. Introduction and control of three invasive mosquito species in the Netherlands, July-October 2010. Euro Surveill. 2010; 15 (45): pii=19710. Disponible en: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticleaspx?ArticleId=19710

extraordinariamente en los últimos años en todos los continentes. Este cosmopolitismo de *Ae. albopictus* también va íntimamente ligado a la acción comercial y turística humana, más aún teniendo en cuenta el bajo rango de vuelo del imago, habiéndose determinado en los 16 países europeos donde ya se ha detectado la especie, dispersiones mediante la presencia de huevos en neumáticos usados y productos de jardinería asociados al bambú, así como el transporte accidental de adultos en el interior de vehículos (Tabla 5). Desde su detección en España en el año 2004, concretamente en la localidad barcelonesa de Sant Cugat del Vallès, la ampliación de su distribución en provincias mediterráneas de nuestro país también ha sido constante. La reciente captura de *Ae. albopictus* en el municipio de Torrevieja, supone la confirmación del establecimiento de la especie en el sur de Alicante. Este hecho, lejos constituir simplemente una cita más en nuestro país, implica además el asentamiento en el área europea donde las estimaciones por parte del European Center of Disease Control (ECDC) prevén que la especie puede presentar un mayor periodo de actividad intranual[11]. La actividad, entendida como el número de semanas transcurridas entre la eclosión larvaria de los huevos hibernantes en

Tabla 5. Principales rutas de entrada de Ae. albopictus en los diferentes países europeos donde la especie ha sido detectada.

País	Primer hallazgo	Rutas de entrada
Albania	1979	Importada desde China
Italia	1990	Neumáticos usados importados desde EEUU
Francia	1999	Neumáticos importados, tráfico terrestre (Riviera francesa) y marítimo (Italia a Córcega)
Bélgica	2000	Neumáticos usados importados
Montenegro	2001	Tráfico terrestre desde Albania y marítimo desde Italia
Suiza	2003	Tráfico terrestre desde Italia
Grecia	2003	Tráfico marítimo desde Albania e Italia
España	2004	Tráfico terrestre desde Italia
Croacia	2004	Tráfico terrestre desde Albania y marítimo desde Italia, así como neumáticos desde Italia
Holanda	2005	Transporte de 'bambú de la suerte' (*Dracaena sanderiana*) desde el sur de China
Bosnia-Herzegovina	2005	Tráfico terrestre desde Italia
Mónaco	2006	Tráfico terrestre desde áreas circundantes de Francia y directamente desde Italia
Eslovenia	2007	Tráfico terrestre desde Italia
Alemania	2007	Tráfico terrestre desde Italia y Suiza
San Marino	2007	Tráfico terrestre desde áreas circundantes de Italia
Vaticano	2007	Tráfico terrestre desde áreas circundantes de Italia
Malta	2009	Tráfico marítimo desde Grecia e Italia

11. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). 2009: 1-44. Disponible en: http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0905_TER_Development_of_Aedes_Albopictus_Risk_Maps.pdf

primavera (en respuesta a termo-fotoperiodos igual o superiores a 11,25 horas de luz y 10,5 °C de temperatura media) y la aparición de la temperatura media crítica (igual o inferior a 9,5 °C) en otoño que provoca la muerte de las poblaciones adultas, se estima en 46 semanas al año para las zonas costeras del sureste peninsular. Llegados a este punto, es conveniente indicar que si estas predicciones se cumplen, este elevado periodo de actividad puede acabar acelerando la expansión de la especie, así como amplificar la circulación de arbovirus y prolongar e intensificar las molestias derivadas de su acción hematofágica; situación esta última cada vez más frecuente entre los pacientes que se dirigen a las consultas de atención primaria de numerosos centros de salud catalanes.

La expansión de *Ae. albopictus* en Europa ya ha comenzado a tener consecuencias en la salud humana. Si bien el papel vectorial constatado de las poblaciones europeas de *Ae. albopictus* quedaba restringido a diversas filarias caninas, lo cierto es que recientemente también ha mostrado su lado más temido en el viejo continente, participando en ciclos de transmisión activa de virosis de afección humana como la ocurrida por el virus *Chikungunya* en 2007 en Italia, país donde *Ae. albopictus* llegó en el año 1990 y hoy en día ocupa más de dos tercios de su territorio nacional. Concretamente, como ejemplo de explosión epidémica típica de las arbovirosis urbanas, en la provincia de Rávena se detectaron 205 casos en apenas dos meses y medio, centrándose en dos pequeñas poblaciones de menos de 3.000 habitantes donde aproximadamente el 5% de la población cayó enferma y verificándose la infección de *Ae. albopictus*. El origen de este brote parece radicar en un inmigrante procedente de India, país que sufrió una fuerte epidemia en 2006 con más de un millón de casos, que recordó presentar síntomas febriles dos días después de su llegada a la población transalpina donde comenzó el episodio epidémico y cuyos análisis clínicos evidenciaron presencia de anticuerpos frente al virus *Chikungunya* y, por consiguiente, niveles presumiblemente altos de viremia coincidiendo con el inicio del brote. Los análisis filogenéticos secundan esta hipótesis, ya que la cepa viral aislada en Italia es muy similar a otras detectadas e investigadas en el subcontinente indio, y además parecen adaptarse mejor a *Ae. albopictus* que otras cepas o variedades gracias a una sustitución aminoacídica en la glicoproteína E1, comprobándose al respecto una capacidad replicativa extremadamente veloz que permite la llegada del virus a las glándulas salivales del mosquito en apenas 48 horas tras la picadura.

No obstante, los datos más preocupantes en referencia a la transmisión de enfermedades por parte de *Ae. albopictus* en Europa provienen de finales de verano del año 2010 y se relacionan con los primeros casos de dengue autóctonos en casi un siglo. En septiembre de 2010 se comunicó el diagnóstico de dos pacientes con dengue en el sur de Francia[12] y otra persona afectada en Alemania[13] (presuntamente infectada en Croacia

12. La Ruche G, Souarès Y, Armengaud A, et al. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. Euro Surveill. 2010; 15 (39): pii=19676. Disponible en: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19676

13. Schmidt-Chanasit J, Haditsch M, Schöneberg I, et al. Dengue virus infection in a traveller returning from Croatia to Germany. Euro Surveill. 2010; 15 (40): pii=19677. Disponible en: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19677

durante el disfrute del periodo vacacional, apenas dos semanas antes del diagnóstico). La posible transmisión transovárica del virus obliga a mantener cierta vigilia ante la reemergencia de futuros casos en las zonas afectadas.

Las invasiones de mosquitos vectores en Europa no quedan ceñidas en exclusividad a *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. Recientemente se ha capturado a las especies *Ochlerotatus atropalpus* y *Ochlerotatus japonicus* en países como Francia, Italia, Suiza o Países Bajos. Estos mosquitos son importantes vectores del virus *West Nile* y de encefalitis víricas como La Crosse, San Luís o la encefalitis japonesa. Dado que sus costumbres ovipositorias son similares a las de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, la implantación de sistemas de vigilancia ante la posible llegada de cualquiera de estas cuatro especies en nuestro país debe ser una prioridad irrenunciable. Cabe destacar que, en el caso de *Oc. japonicus*, sus primeras observaciones en Europa están sorprendiendo ampliamente a los investigadores por la velocidad que está exhibiendo el vector en su expansión, incluso claramente por encima de la exhibida por *Ae. albopictus*.

3.2. Las garrapatas y otros vectores olvidados

Las garrapatas (*Arachnida, Metastigmata*) son excelentes vectores de enfermedades. Se trata de arácnidos hematófagos, con multiplicidad de hospedadores (ciclos monohospitálicos, dihospitálicos y trihospitálicos), que pueden llegar a vivir hasta dos o tres años y que presentan la posibilidad de transmisión transovárica y transestadial de numerosos agentes patógenos humanos y animales. Precisamente esta última facultad obliga a prestar especial atención a estos vectores, ya que las garrapatas pueden vehicular agentes infecciosos aún en la ausencia de reservorios naturales, incluso hasta tres generaciones tras la ingestión inicial. Tanto los adultos como las larvas y las ninfas son hematófagas, sin embargo son estas últimas las que contribuyen en mayor medida a la transmisión de enfermedades a los humanos desde los reservorios animales, puesto que suelen presentarse en mayor abundancia y las larvas, a diferencia del resto de estados hematófagos, parecen mostrar cierta preferencia por alimentarse sobre pequeños vertebrados.

La extensa capacidad vectorial de las garrapatas engloba la transmisión de enfermedades bacterianas como la borreliosis o enfermedad de Lyme, la ricketssiosis (Fiebre de las Montañas Rocosas, Fiebre Botonosa Mediterránea y Fiebre Q) o la Tularemia, y también víricas como la Fiebre hemorrágica del Congo y Crimea o la Encefalitis rusa de primavera y verano.

En España, las garrapatas más difundidas son *Rhipicephalus sanguineus,* también conocida como la «garrapata común del perro» e implicada en la transmisión de la Fiebre Botonosa Mediterránea, e *Ixodes ricinus* importante vector de la enfermedad de Lyme. En general, la mayoría de garrapatas huyen de ambientes excesivamente cálidos y secos, mostrando una clara tendencia a desarrollarse en zonas húmedas (requerimiento básico para la viabilidad de los huevos) y templadas. Así por ejemplo en el caso de *I. ricinus*, especie que se encuentra en la

actualidad ampliamente distribuida por el norte peninsular, el cambio climático limitaría aún más su presencia en nuestro país, desapareciendo las ubicuas poblaciones que hay en el centro (Sierra de Guadarrama y norte de Cáceres) y quedando circunscrita su ocurrencia a reductos poblacionales ubicados, fundamentalmente, en las regiones de Asturias y Cantabria. Situaciones similares se están observando en países del norte del continente europeo como Suecia, donde la presencia de *I. ricinus* se ha incrementado sustancialmente desde mediados de los años ochenta y en la actualidad está ampliando su distribución hacia zonas aún más norteñas donde jamás se había encontrado la especie[14]. Por tanto, se trata de un ejemplo contrario a lo visto hasta el momento, en el que el cambio climático mantendría aún más alejados los focos de la enfermedad de Lyme en España.

Sin embargo, otras especies como *R. sanguineus* no son tan restrictivas en cuanto a las necesidades climáticas. Esta especie es muy común en nuestro país, tanto en el ámbito peninsular como insular, y su creciente incidencia sobre el ser humano en los últimos años parece estar relacionada con el incremento de la urbanización en zonas rurales y los escasos e ineficientes programas de saneamiento en zonas urbanas ajardinadas y solares. Desde mediados de los años noventa está observándose, en Europa, una expansión de *R. sanguineus* hacia zonas más norteñas, colonizando incluso el sur de Suiza, donde se ha evidenciado la parasitación de la especie por parte de diversas rickettsias. De igual modo, este mismo fenómeno de calentamiento global, por supuesto coadyuvado por la diseminación antrópica, puede propiciar la llegada y establecimiento de especies africanas como *Hyalomma marginatum* o *Hyalomma anatolicum,* ambas implicadas en la transmisión de la Fiebre viral hemorrágica del Congo y Crimea.

También conviene repasar la situación de una enfermedad parasitaria transmitida por flebótomos (*Diptera, Psychodidae*), claramente endémica en España, como es la leishmaniosis. Puede trazarse cierto paralelismo entre la finalización de los programas de control que posibilitaron la erradicación del paludismo en Europa con la reemergencia de la leishmaniosis en la Cuenca Mediterránea desde los años sesenta. En España, los tres vectores más prevalentes son *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus ariasi* y *Phlebotomus papatasi*, si bien la primera especie parece ser el principal agente transmisor. En zonas de clima Mediterráneo, cada vez de manera más frecuente están observándose solapamientos en la dinámica estacional bifásica (caracterizada por un pico de densidad hacia principios de julio y otro más marcado en septiembre) tradicionalmente descrita para *P. perniciosus*. De forma similar a lo descrito anteriormente para el paludismo, puede aumentar considerablemente la densidad relativa de los flebótomos **(m)** y acortarse el periodo latente del patógeno **(n)** como consecuencia del cambio climático. Pero existe una importante consideración a remarcar, ya que, a diferencia de la malaria, la leishmaniosis presenta una gran cantidad de reservorios animales. A

14. Lindaren E, Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. Lancet. 2001; 358: 16-8.

principios del siglo XX ya se sabía de la importancia epidemiológica del perro como principal reservorio de la enfermedad, conociéndose también, posteriormente, la relación de zorros, ratas, gallinas, gatos, corderos y hurones en los ciclos de *Leishmania sp*.

La leishmaniosis se encuentra muy asociada a condiciones de inmunosupresión de la población humana. El carácter oportunista de *Leishmania infantum*, principal protozoo flagelado implicado en la enfermedad en Europa, queda claramente reflejado en el gran porcentaje de personas que presentan una coinfección con el virus del sida, llegando incluso a ser el culpable de que la leishmaniosis ocupe en la actualidad el cuarto lugar entre las enfermedades más frecuentes en personas afectadas por el virus de la inmunodeficiencia humana. Diversos estudios revelan que es altamente probable que la distribución de la incidencia de *L. infantum* en el continente europeo se amplíe hacia el Norte, como consecuencia del calentamiento global del clima, a partir de los límites de distribución actuales de la enfermedad. En este sentido, el primer paso, es decir la llegada y establecimiento de flebótomos en zonas europeas alejadas del ámbito de influencia mediterránea ya ha sido evidenciado recientemente. En el último decenio se ha detectado por primera vez, no solo la presencia de flebótomos en países como Bélgica, Alemania e, incluso, en la cara norte de los Alpes, sino también un auge en el número de casos importados de la parasitosis en Europa central[15]. Pero además, existe también un alto riesgo de que la leishmaniosis cutánea antroponótica causada por *Leishmania tropica*, en la actualidad circunscrita casi en exclusividad al norte de África y Oriente Medio, pueda emerger en cualquier momento por el sur de Europa.

4. Estrategias de prevención y paliación

Los efectos de los cambios provocados por acciones humanas directas (globalización de mercados, turismo, inmigración, etc.) y variaciones climáticas sobre la distribución e intensidad de los ciclos de transmisión de las enfermedades vectoriales son evidentes y se encuentran en exponencial crecimiento. La diseminación sinantrópica de los vectores, el establecimiento de los mismos en áreas a priori adversas por el cambio climático y la importación de las enfermedades por el turismo y la inmigración, son las pruebas más evidentes de la necesidad de adquirir una perspectiva cada vez más global en relación a estas enfermedades. En este sentido, desde la perspectiva de la salud pública nacional, la reacción debe pasar por la adaptación a esta situación cambiante. Únicamente de este modo nuestro sistema de salud puede tomar consciencia de la gravedad de esta coyuntura, y así implantar las estrategias de prevención necesarias.

Las maniobras de prevención son evidentes. Es prioritaria la implantación de sistemas de vigilancia de vectores en nuestro país. Las zonas de elevado trasiego de personas y materiales,

15. Aspöck H, Gerersdorfer T, Formayer H, et al. Sandflies and sandfly-borne infections of humans in Central Europe in the light of climate change. Wien Klin Wochenschr. 2008; 120 (Suppl 4): 24–9.

como puertos marítimos, aeropuertos o puestos fronterizos terrestres, son lugares que requieren una especial atención. El establecimiento de estos sistemas de vigilancia exige de una fuerte formación en el campo de la Entomología por parte de los técnicos responsables de su diseño. Solo así pueden determinarse parámetros esenciales para la consecución de óptimos resultados, como por ejemplo los métodos de muestreo más efectivos en cada caso (trampeo pasivo de adultos o huevos, búsqueda activa de larvas, etc.), empleo de atrayentes específicos en función de la especie o especies que se pretende o se sospecha capturar (ácido láctico para mosquitos antropofílicos, dióxido de carbono para mosquitos zoofílicos, etc.), emplazamiento concreto de cada estación de muestreo en base a los hábitos de los vectores (rango de vuelo, preferencias de refugio, etc.), etc. Además de la vigilancia de vectores exóticos, tal y como ya se ha postulado con anterioridad, es de vital importancia extender dicha vigilancia también a los vectores autóctonos. Por tanto, como puede inferirse, en este punto la necesidad de una potente base entomológica es, todavía si cabe, mayor. Debe examinarse con detalle la dinámica poblacional de los vectores para deducir la posible estacionalidad en la aparición de brotes de las enfermedades asociadas. Para ello es imprescindible una intensa labor de estudio de campo. Desgraciadamente, en los últimos años estamos asistiendo, con cierto desánimo, a una importante mengua en el número de especialistas capaces de llevar a cabo estos estudios en nuestro país. La evidente pérdida de la transmisión del conocimiento del cómo, cuándo y dónde detectar la presencia de vectores, en clara divergencia con el reciente auge acaecido con otras disciplinas de incuestionable interés y practicidad como la Biología Molecular de Vectores, puede provocar una precariedad de conocimientos en el personal encargado del estudio de vectores en nuestro país a medio o largo plazo. En definitiva, debe fomentarse e implementarse la formación entomológica para no tener que recurrir de manera obligatoria y apresurada, en un futuro cercano, a la importación de especialistas en vectores procedentes de otros países.

En otro orden de cosas, es imprescindible que médicos de atención primaria y epidemiólogos adquieran una perspectiva global y, en el caso concreto de las enfermedades de transmisión vectorial, también integradora de todos los factores intervinientes en las mismas. En consecuencia, las Unidades de Medicina Tropical, con mayor apoyo en especialistas en Entomología Médica, deben potenciar las acciones formativas sobre estos colectivos pertenecientes a nuestro Sistema de Salud. Para ejemplificar esta necesidad, bien vale señalar las sospechas entre gran parte de la comunidad médica y científica en general, acerca del infradiagnóstico en España de arbovirosis como el dengue o chikungunya. Tal y como se ha expuesto anteriormente, desde la llegada y establecimiento en nuestro país del vector *Ae. albopictus*, estas enfermedades exóticas importadas deben ser vigiladas exhaustivamente. Los médicos de atención primaria deben estar sensibilizados sobre la necesidad de remitir a unidades especializadas, a turistas e inmigrantes con clínica compatible con estas virosis por esenciales razones de salud pública. Igual que sucede con otras enfermedades importadas de obligada declaración por la presencia de

vectores de las mismas, como por ejemplo el paludismo, el diagnóstico etiológico o serológico del dengue debe ser prioritario en nuestro país. Resulta poco inteligible que virosis como la fiebre amarilla, que comparte los mismos vectores con el dengue pero presenta una menor morbilidad a nivel mundial, sea una EDO en España y no se tipifique del mismo modo al dengue. En consecuencia, hay que adquirir una visión holística dejando en muchas ocasiones de lado el paradigma totalitario de las "enfermedades tropicales".

La paliación de los efectos de los cambios globales sobre la salud están en clara relación con la prevención, ya que, a medio o largo plazo, las medidas atenuantes solo serán exitosas si están precedidas por la implantación de un fuerte sistema preventivo. Las estrategias de prevención requieren del establecimiento de programas integrales de control de los vectores. Estos programas de control integral deben abogar por el empleo conjunto y racional de todas las técnicas de control actualmente existentes, priorizándose en todos los casos un control específico derivado del conocimiento minucioso de la biología del vector en cuestión. Es decir, una vez más la formación del colectivo encargado del control de vectores es un punto clave para la lucha contra estas enfermedades. Ha de conocerse la fase del ciclo del vector más susceptible a los posibles tratamientos y debe saberse con certeza también cuáles son los criaderos preferentes para las especies. Además de impulsar estos objetivos científico-técnicos, también hemos de adquirir y promover unos objetivos sociales, de tanta o más importancia que los primeros. De nada sirven los avances científico-técnicos si el canal de comunicación no acaba en la sociedad. La población debe ser formada e informada, no solo el colectivo de turistas y VFR en relación a las medidas profilácticas a tomar antes y durante sus viajes a zonas endémicas, sino también la población residente sobre la importancia de sus acciones cotidianas en el control de los vectores (evitar pequeños estancamientos de agua en propiedades privadas donde únicamente el propietario es quien puede ejercer las medidas de control oportunas). Sin duda, la comunidad científica, de modo directo (publicaciones, charlas) o indirecto (legislación) tiene la clave y la responsabilidad.

5. Conclusiones

Por todo lo expuesto con anterioridad, podemos extraer diversas conclusiones:

a) La incidencia y distribución de las enfermedades de transmisión vectorial han sufrido drásticas modificaciones en los últimos años, debido a un conjunto de cambios de índole climática y antrópica que podemos definir como cambios globales.

b) Pese a que los efectos de estos cambios pueden analizarse de forma separada (influencia del cambio climático sobre las poblaciones de vectores y/o parásitos, modificaciones en la distribución de los vectores debidas a la globalización, consecuencias de los movimientos migratorios humanos en la importación de enfermedades, etc.), únicamente a través del estudio conjunto y sinérgico de los mismos es posible el entendimiento

de la magnitud del problema y la correcta aplicación de las estrategias de prevención oportunas. Resulta evidente que esta sinergia solo puede alcanzarse con éxito vía la multidisciplinariedad derivada de la participación activa y especializada de médicos, epidemiólogos, entomólogos, parasitólogos y virólogos.

c) Existen numerosas arbovirosis, transmitidas en su mayoría por mosquitos y garrapatas, que suelen pasar desapercibidas para la comunidad médica debido a que habitualmente circulan de manera "silenciosa" a nivel enzoótico e incluso epizoótico. La creciente presencia de reservorios (como por ejemplo el gorrión común o la paloma bravía en el caso del virus *West Nile*) y vectores (*Cx. pipiens* o *Ae. albopictus*) en ambientes urbanos y periurbanos, permite inferir posibles saltos zooantroponóticos en la eco-epidemiología de estas virosis.

d) Si bien las priorizaciones son siempre peligrosas, podemos afirmar sin temor a caer en equívocos, que la expansión de los mosquitos aedinos invasores, fundamentalmente *Ae. albopictus* y *Ae. aegypti*, supone uno de los mayores riesgos a corto o medio plazo para la salud pública europea en lo referente a las enfermedades transmitidas por vectores. En conclusión, arbovirosis como, por ejemplo, el dengue, son una amenaza real en la actualidad para el sur del viejo continente.

e) Las maniobras de prevención y adaptación pasan por el establecimiento de sistemas de vigilancia entomológica y epidemiológica, así como la ejecución de programas racionales de control de vectores. Es necesario implantar redes de detección y seguimiento de vectores exóticos e indígenas, así como fijar unos criterios de actuación entre los profesionales sanitarios de atención primaria para que se derive a pacientes con historial clínico y/o sintomatología sospechosa de algunas de estas enfermedades. El conocimiento minucioso de la prevalencia de estas enfermedades importadas resulta imprescindible para inferir posibles escenarios de transmisión autóctona.

3.1.6. Contaminación atmosférica y cambio climático. Efectos en salud

1.- Introducción

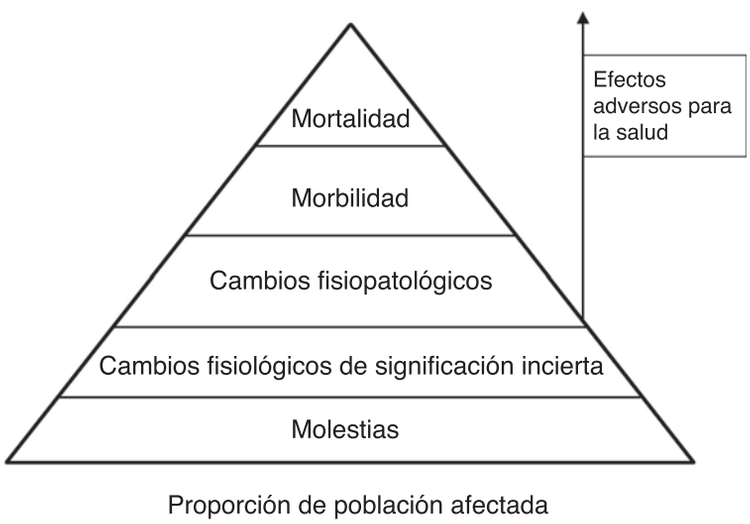
Entre las principales consecuencias que el cambio climático puede causar en el medio ambiente se encuentra su influencia en las concentraciones y alteraciones en la distribución de determinados contaminantes.

La contaminación atmosférica sigue siendo un problema importante de salud pública. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1] se estima que alrededor de dos millones de defunciones prematuras pueden ser atribuidas a la contaminación atmosférica cada año. La mayor parte de dicho impacto ocurre en los países en desarrollo. En los países más desarrollados, dada la reducción de los niveles de SO_2 y de CO por mejoras en los procesos de combustión en industrias, calefacción y automóviles, los contaminantes cuyos efectos sobre la salud preocupan más en la actualidad son las partículas en suspensión, el ozono y el dióxido de nitrógeno [2].

A pesar de los avances en el control de la contaminación atmosférica, el impacto de la exposición a contaminación atmosférica en Europa sigue siendo muy importante. Así, la OMS de la Región Europea [3] estima que:

- las elevadas concentraciones de partículas en suspensión en Europa se asocian con alrededor de 300.000 defunciones prematuras anuales, de manera que disminuyen la esperanza de vida de cada europeo en, al menos, un año como promedio;
- la contaminación por ozono causa irritación al respirar, desencadena síntomas de asma, es causa de enfermedades respiratorias y del corazón, y está asociada con cerca de 21.000 defunciones prematuras al año.

Figura 1. Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Fuente: Tenías y Ballester, 2009 [4].



2.- Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud

Los principales efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud van desde un aumento en el

1. WHO. The World's Health Report 2002. Geneva: WHO; 2002.

2. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. The Lancet 2002; 360, 1233-42.

3. WHO-European Region. Air quality and health. Disponible en: http://www.euro.who.int/air. Consultado el 10 de noviembre de 2010.

4. Tenías JM, Ballester F. Impacto de la contaminación atmosférica en la salud de los ciudadanos. Resumen de los estudios realizados en la ciudad de Valencia. Ecosostenible. 2009; 51: 17-26.

número de defunciones, de ingresos hospitalarios y de visitas a urgencias, especialmente por causas respiratorias y cardiovasculares, hasta alteraciones del funcionalismo pulmonar, problemas cardíacos y otros síntomas y molestias. El efecto de la contaminación atmosférica mantiene una gradación, tanto en la gravedad de sus consecuencias, como en la población en riesgo afectada (Figura 1). Así, a medida que los efectos son menos graves, el porcentaje de población afectada es mayor.

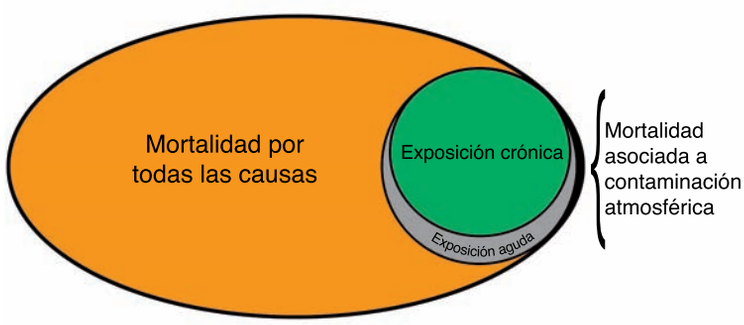
En los últimos años ha habido un importante avance en el conocimiento y comprensión de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Dicho avance ha sido posible por los resultados obtenidos en un gran número de trabajos científicos en todo el mundo. Estos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la calidad del aire en la salud de la población y han permitido identificar los principales mecanismos de acción por los cuales la exposición a contaminación atmosférica causa daños en la salud.

A finales de los años 70 y durante la década siguiente, la mayoría de expertos pensaban que, con los niveles que se registraban en la mayoría de ciudades de los países más desarrollados, la contaminación atmosférica no representaba un peligro importante para la salud. Hoy en día, unos 30 años después, las principales agencias encargadas de la protección de la salud y del medio ambiente -como la OMS, la Agencia Europea de Medio Ambiente o la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA)-, reconocen que la inhalación de contaminantes, especialmente de partículas finas, representa un aumento de riesgo de defunción prematura. Este cambio tan importante, comenzó con el análisis de los efectos agudos, o a corto plazo, de los incrementos de la contaminación atmosférica. Con el tiempo, y los resultados de estudios posteriores, se sabe que los efectos debidos a la exposición crónica (efectos a largo plazo), pueden ser considerablemente más importantes en términos de reducción de la esperanza de vida y morbilidad crónica (Figura 2).

3.- Estudios de los efectos agudos o en el corto plazo

Entre los diseños epidemiológicos más utilizados para el análisis de los efectos agudos (es decir, los que ocurren en el corto plazo después de la exposición), destacan los estudios de series temporales. En ellos se analizan las variaciones en el tiempo de la exposición a contaminación atmosférica y su relación con el indicador de salud en una población (número de defunciones, ingresos hospitalarios, etc.). En Europa, el proyecto APHEA [5] (Air Pollution and Health: a European Approach) y en Estados Unidos el estudio NMMAPS[6]

Figura 2. Representación esquemática de la magnitud de la mortalidad asociada a exposición crónica en relación con la mortalidad asociada a exposiciones agudas, es decir efectos a corto plazo, de la contaminación atmosférica. Fuente: Ballester y Boldo, 2010[15].



(National Mortality and Morbidity Air Pollution Study) se encuentran entre los estudios de series temporales que han aportado más al conocimiento del impacto agudo de la contaminación en la salud. En España, el proyecto EMECAM-EMECAS (Estudio Multicéntrico Español sobre la relación entre la Contaminación Atmosférica y la Mortalidad - Estudio Multicéntrico Español de Contaminación Atmosférica y Salud) ha estudiado la relación a corto plazo de la contaminación atmosférica en la población de 16 ciudades españolas [7] [8].

Cuantitativamente la relación se puede expresar como que, a incrementos diarios de 10 µg/m^3 en los niveles de PM10 (partículas con diámetro aerodinámico menor de 10 micras) le sigue un aumento en el número de defunciones diarios de alrededor del 0,6% en los estudios europeos; algo menor en el estudio estadounidense NMMAPS. La magnitud de dicha relación es mayor para la mortalidad por causas cardiovasculares y por causas respiratorias. Para los ingresos hospitalarios por causas respiratorias en personas mayores de 65 años los resultados indican un incremento entre el 1 y el 1,5 % [9] [6] por un incremento de 10 µg/m^3 en los niveles de PM10. En España se ha descrito un incremento de 1,5 % en el número de ingresos por causas cardiacas para dicho incremento en las PM10 [8].

Los resultados para el ozono en los estudios APHEA y NMMAPS muestran una asociación de los incrementos de este contaminante con el riesgo de morir por todas las causas, y en mayor medida para los grupos de causas respiratorias y cardiovasculares [10] [11]. Los efectos encontrados para el ozono se han mostrado independientes del ajuste por los otros contaminantes. Este no es el caso para el NO_2 o el SO_2 en los que sus estimaciones son sensibles a la introducción en los modelos de otros contaminantes, indicando que quizás el efecto encontrado se deba a su relación con las partículas. En el caso del NO_2 su importancia para la salud podría derivar de su papel como precursor de O_3 y por su contribución a la formación de partículas secundarias [9].

4.- Estudios de los efectos a largo plazo

Los estudios de series temporales aportan pruebas sólidas respecto a la relación entre incrementos de los

5. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopolis Y 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; 12:521-31.

6. Samet JM, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW et al. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. Health Effects Institute: Boston; 2000.

7. EMECAM. El proyecto EMECAM: Estudio español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Rev Esp Salud Pública. 1999; 73:165-314.

8. Ballester F, Rodríguez P, Iñíguez C, Saez M, Daponte A, Galán I et al. Air pollution and cardiovascular admissions in Spain: results within the EMECAS project. J Epidemiol Community Health. 2006; 60:328-36.

9. Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM et al. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions, Results from APHEA2 project. Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Respir Crit Care Med. 2001; 164:1860-6.

10. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J et al. Acute effects of ozone on mortality from the "Air Pollution and Health: A European Approach" Project. Am J Respir Crit Care Med. 2004; 170:1080-7.

11. Bell ML, McDermott A, Zeger SL, Samet JM, Dominici F. Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000. JAMA. 2004; 292:2372-8.

niveles de contaminación atmosférica y efectos agudos. Sin embargo, la cuestión que quedaba por resolver era si dichas asociaciones representaban un riesgo de pérdida de la esperanza de vida, así como si las exposiciones crónicas causaban otros riesgos adicionales para la salud. Para poder contestar a estas preguntas es necesario llevar a cabo un tipo de estudios conocidos como 'de cohortes', en los que se sigue a las personas estudiadas a lo largo del tiempo y se compara el riesgo de enfermar, o morir, en relación al grado de exposición. Dado su diseño este tipo de estudios es complejo y costoso. Sin embargo, cada vez se dispone de más resultados de este tipo de estudios en los que se evalúa el impacto a largo plazo de la contaminación en la salud. El primero de ellos, es conocido como el estudio de las 'seis ciudades' de la Universidad de Harvard, en EEUU. En él se siguieron, desde 1974, a 8.111 adultos de 6 ciudades de los Estados Unidos [(12)]. Sus resultados indican que, una vez controlado por el hábito de fumar y otros factores de riesgo, las tasas de mortalidad están asociadas con la contaminación del aire. El riesgo de morir en las ciudades más contaminadas fue un 26 % más alto comparado con las menos contaminadas. En otro estudio, Pope y colaboradores [(13)] evaluaron los efectos de la contaminación atmosférica por partículas sobre la mortalidad en los participantes el estudio de seguimiento de la Sociedad Americana del Cáncer. En total se recogieron datos sobre factores de riesgo y contaminación atmosférica para unos 500.000 adultos de 151 áreas metropolitanas de los Estados Unidos y desde 1982. En marzo de 2002 se publicaron los resultados del seguimiento de dicha cohorte hasta el año 1998 [(14)]. Las partículas finas (PM2,5) y los óxidos de azufre se asociaron con la mortalidad por todas las causas, por causas cardiovasculares y la mortalidad por cáncer de pulmón. Por cada incremento de 10 µg/m^3 en las partículas finas la mortalidad se incrementó en un 4%, 6% y 8%, respectivamente. También se ha asociado la exposición crónica con una morbilidad cardiorrespiratoria incrementada y con una disminución de la función pulmonar, tanto en niños como en adultos.

En Europa, los primeros resultados de un estudio de cohortes sobre efectos por exposición a contaminación atmosférica corresponden a una cohorte holandesa de 5.000 adultos. En los siete primeros años de seguimiento se ha descrito una asociación entre vivir cerca de vías con tráfico intenso y el riesgo de morir por causa cardiorrespiratoria, pero no se encuentra asociación significativa con los niveles de contaminantes [(16)]. Estos resultados son consistentes con otros estudios europeos en los que vivir cerca de vías con elevada intensidad de tráfico se asocia con mayor riesgo de enfermedades respiratorias [(17)] o cardíacas [(18)].

12. Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. N Engl J Med 1993; 329:1753-9.

13. Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. Am J Respir Crit Care Med 1995; 151:669-74.

[14. Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 2002; 287:1132-41.

15. Ballester F, Boldo E. Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de las personas y las poblaciones. En: Observatorio DKV de Salud y Medio Ambiente en España 2010, DKV Seguros; 2010. p. 21-33.

16. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S et al. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. Lancet 2002; 360:1203–9.

En un estudio realizado en 24 áreas de 7 ciudades francesas los resultados fueron consistentes con los de las cohortes de EE.UU.; un incremento de 10 µg/m^3 en los niveles de humos negros se asoció con un aumento del 7% de la mortalidad por causas orgánicas [19]. En algunos casos la información de los efectos a largo plazo proviene de estudios de cohortes que se iniciaron con otros propósitos, como el estudio EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition), cuyo objetivo era valorar la relación de la dieta y los estilos de vida y el riesgo de cáncer. Combinando la información en dicho estudio con la de registros de niveles de NO_2 en el aire los investigadores de EPIC han estimado que entre el 5 y el 7% de los cánceres de pulmón en no fumadores serían atribuibles a la contaminación atmosférica [20]. Con todo lo anterior, se considera prioritario llevar a cabo un estudio multicéntrico amplio de cohortes bien planificado en Europa que evalúe los efectos a largo plazo en la población europea.

Como resultado de los centenares de estudios epidemiológicos que evalúan los efectos de la contaminación atmosférica en la salud se dispone de una serie de estimaciones sobre la asociación entre las exposiciones a contaminantes y diferentes efectos en salud. Las partículas en suspensión son el contaminante más comúnmente utilizado como indicador de contaminación, especialmente las PM10, para efectos a corto plazo, y las PM2,5 o partículas finas (con diámetro inferior a 2,5 micras) como indicadores de la exposición a largo plazo. La relación entre ambos tipos de partículas difiere según las fuentes, la meteorología y la estación del año, pero, en general, se acepta que aproximadamente un 50% de las PM10 corresponde a las PM2,5. Siguiendo dicha equivalencia, un incremento de 10µg/m^3 en PM10 se correspondería con un incremento de 5µg/m^3 en PM2,5. En la Tabla 1 se resumen los resultados de estudios internacionales respecto a los efectos de la exposición, aguda y crónica, a las partículas en suspensión. Como puede observarse en los resultados los efectos de la exposición crónica superan en magnitud a los efectos agudos debidos a exposiciones en el corto plazo (Figura 2).

5.- Influencia del cambio climático en la contaminación atmosférica

En el apartado anterior hemos visto cómo la contaminación atmosférica representa un riesgo ambiental con consecuencias perjudiciales para la salud. Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos, no solo directamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos, sino, de

17. Bayer-Oglesby L, Schindler C, Hazenkamp-von Arx ME, Braun-Fahrländer C, Keidel D, Rapp R et al. Living near main streets and respiratory symptoms in adults: the Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. Am J Epidemiol. 2006; 164:1190-8.

18. Hoffmann B, Moebus S, Stang A, Beck EM, Dragano N, Mohlenkamp S et al. Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. Eur Heart J. 2006; 27:2696-702.

19. Filleul L, Rondeau V, Vandentorren S et al. Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. Occup Environ Med 2005; 62:453-60.

20. Vineis P, Hoek G, Krzyzanowski M et al. Lung cancers attributable to environmental tobacco smoke and air pollution in non-smokers in different European countries: a prospective study. Environ Health. 2007 15;6:7.

manera inmediata, por los efectos directos de los contaminantes sobre la salud.

Los contaminantes atmosféricos de los que se dispone de pruebas más claras respecto a su impacto en salud y que podrían tener mayor significación en un escenario de cambio climático son las partículas en suspensión y el ozono. La predicción del posible impacto de la contaminación atmosférica asociada al cambio climático sobre la salud está sometida a muchas incertidumbres. Entre ellas se encuentran los distintos escenarios de emisiones para el futuro, la sensibilidad y vulnerabilidad de las poblaciones y la posible interacción

Tabla 1. Resumen de los efectos en salud asociados a exposición a partículas en suspensión en estudios epidemiológicos. Adaptado de Pope and Dockery, 1999[21], y revisado con los resultados de otros estudios: [a]Dominici *et al*, 2002[22]; [b]Katsouyanni *et al*, 2001[5]; [c]Stieb *et al* 2002[23]; [d]Samet *et al* 2000[6]; [e]Biggeri *et al*. 2001[24]; [f]Atkinson *et al*[9], 2001; [g]Le Tertre *et al*, 2002[25]; [h]Samet *et al*, 2000[6]; [i]Pope *et al*, 2002[14]; [j]Samoli *et al*, 2008[26].
EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
VEF_1: Volumen espiratorio forzado (o FEV1 por sus siglas en inglés).

Efectos en salud	Exposiciones agudas	Exposiciones crónicas
	Cambio porcentual en el indicador de salud por incremento de 10µg/m³ en PM10	Cambio porcentual en el indicador de salud por incremento de 5µg/m³ en PM2,5
Aumento de la mortalidad*	*Estudios de series temporales	*Estudios de cohortes
•Todas las causas menos las externas (accidentes, etc.)	según estudios: 0,2[a,j] -0,6[b,c,j] -1,0	2[i] - 3
•Cardiovascular	entre 0,7[c,d] y 1,4	3[i] - 6
•Respiratoria	entre1,3[c] y 3,4	
•Cáncer de pulmón		4
Incremento en ingresos hospitalarios		
•Todas las enfermedades respiratorias	entre 0,8 y 2,4[e]	
•EPOC	entre 1,0[f] y 2,5	
•Asma	entre 1,1[f] y 1,9	
•Enfermedades cardiovasculares	entre 0,5[g] y 1,2[h]	
Enfermedades: bronquitis		7
Disminución de la función pulmonar (FEV1)		
•Niños	0,15	1
•Adultos	0,08	1,5

21. Pope CA 3rd, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. N Engl J Med. 2009; 360:376-86.

22. Dominici F, Zeger SL, Zanobetti A, Schwartz J, Samet JM. 2002. Health effects of particulate matter in 10 U.S. cities: a combined analysis of morbidity and mortality outcomes. Biostatistics 1:1-17.

23. Stieb DM, Judek S, Burnett RT. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. J Air Waste Manag Assoc. 2002; 52:470-84.

24. Biggeri, A, Bellini, P, Terracini, B (editores). Metaanalysis of the Italian Studies on Short-term Effects of Air Pollution. Epidemiologia & Prevenzione 2001; 25[Supl 2]: 1-71.

25. Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A et al. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. J Epidemiol Community Health. 2002; 56: 773-9.

26. Samoli E, Peng R, Ramsay T, Pipikou M, Touloumi G, Dominici F et al. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. Environ Health Perspect. 2008;116:1480-6.

entre distintos fenómenos, como la temperatura y los niveles de ozono.

6.- Meteorología, clima y contaminación atmosférica

A pesar de los importantes esfuerzos internacionales por comprender y estimar los cambios climáticos globales y su impacto en los procesos meteorológicos a escala regional, la evolución de la composición de la atmósfera en un clima cambiante está lejos de ser conocida [27]. En particular, la evolución futura de la concentración de los contaminantes atmosféricos que pueden afectar a la salud humana es un tema de investigación que dista de estar resuelto.

Las concentraciones de contaminación atmosférica son el resultado de las interacciones entre los patrones climáticos locales, las características de la circulación atmosférica, el viento, la topografía, las actividades humanas (es decir, el transporte, la industria, la generación de energía), las respuestas humanas a los cambios climáticos (es decir, que el inicio de las temporadas de frío o de calor pueden incrementar las necesidades de calefacción o refrigeración y por ende las necesidades de energía), así como otros factores. Algunas localidades, por su situación climática y topográfica en general, están predispuestas a tener una mala calidad del aire debido a que el clima da lugar a reacciones químicas que producen una transformación de las emisiones, y la topografía restringe la dispersión de los contaminantes [28].

Ciertas situaciones climáticas facilitan las condiciones meteorológicas que se requieren para que ocurran episodios de contaminación. Con frecuencia los episodios de contaminación atmosférica van asociados a sistemas anticiclónicos o de alta presión estacionarios o de migración lenta que reducen la dispersión, la difusión y la sedimentación de la contaminación(28). Las condiciones meteorológicas también influyen en los procesos químicos y físicos que intervienen en la formación de contaminantes secundarios tales como el ozono. El cambio climático podría afectar directamente a la calidad del aire a través de cambios en los índices de reacción química, de la altura de las capas fronterizas (es decir, la capa de aire cercana a la tierra que se ve afectada por el calor diurno, la humedad y la transferencia de momento hacia o desde la superficie) que afectan la mezcla vertical de los contaminantes, y a través de cambios en los patrones de circulación sinóptica del aire que determinan el transporte de la contaminación [28]. El aumento o la disminución de las emisiones antropogénicas mediante cambios en el comportamiento humano, o las alteraciones de los niveles de emisiones biogénicas debidas a temperaturas más elevadas y a cambios de cobertura terrestre pueden tener efectos indirectos.

Con el fin de evaluar las posibles influencias de los factores climáticos en la calidad del aire se han desarrollado una serie de métodos, que van desde análisis estadísticos de observaciones empíricas recogidas en los registros al desarrollo de modelos

27. Vautard R, Hauglustaine D. Impact of global climate change on regional air quality: Introduction to the thematic issue; Comptes Rendus Geoscience 2007;339 (11-12):703-8.

28. Ebi K, McGregor G. Climate change, tropospheric ozone and particulate matter, and health impacts. Environ Health Perspect. 2008; 116:1449-55.

integrados sofisticados de previsiones para la calidad el aire como consecuencia del cambio climático.

La correlación observada entre ozono troposférico y temperatura en las zonas contaminadas apunta a un efecto perjudicial del calentamiento en las concentraciones de ozono. Los modelos integrados encuentran que el cambio climático, por él solo, incrementará la concentración de ozono entre 2 a 20 µg/m^3 en las próximas décadas, observándose el máximo efecto en las grandes áreas metropolitanas y durante episodios de contaminación por estancamiento del aire [29]. Parece claro que el cambio climático contribuye a incrementar los niveles de ozono. Los resultados de un estudio en Alemania confirman esta tendencia [30]. En dicho estudio los modelos predijeron un aumento en las concentraciones horarias máximas de ozono de 4 a 12 µg/m^3 (del 6 al 10%) entre 1990 y 2030. Dicho incremento pasaba a ser de cuatro veces más a niveles por encima de 90 µg/m^3.

Los estudios sobre la influencia del cambio sobre otros contaminantes son más escasos. Respecto a las partículas en suspensión los pocos resultados existentes varían según las zonas a estudio. En un estudio en el noreste y en la región central de los Estados Unidos se estimó que la gravedad y la duración de los episodios de contaminación ambiental regional durante el verano (por monóxido de carbono y partículas carbonosas) se incrementarían para los años de 2045–2052 debido a las reducciones en la frecuencia de los ciclones superficiales inducidas por el cambio climático [31]. Por su parte, un estudio realizado en el Reino Unido predijo que el cambio climático ocasionaría una gran disminución de los días con concentraciones altas de partículas en suspensión como consecuencia de cambios en las condiciones meteorológicas [32]. Por el contrario, en el Proyecto de Nueva York sobre el Clima y la Salud, Hogrefe C y cols [33] han estudiado la influencia del cambio climático sobre las partículas finas (PM2,5). Los resultados mostraron que las partículas se incrementarán con el cambio climático debido al incremento de sulfatos y partículas de origen primario. Sin embargo, los nitratos y el componente orgánico disminuirían debido a su naturaleza volátil junto con el aumento de temperatura. En definitiva las previsiones para PM2,5 serían inciertas, con resultados contradictorios en los pocos estudios hasta la fecha[34].

Otro aspecto que se ha valorado ha sido el posible impacto de los incendios forestales. Los ascensos de la temperatura podrían relacionarse con un incremento del riesgo de incendios y la consiguiente liberación de partículas en

[29] Jacob DJ, Winner DA. Effect of climate change on air quality Atmospheric Environment 2009; 43: 51–63.

[30] Forkel R, Knoche R. Regional climate change and its impact on photooxidant concentrations in southern Germany: simulations with a coupled regional climate-chemistry model. J Geophys Res 2006;III:D12302.

[31] Mickley LJ, Jacob DJ, Field BD, Rind D. Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States. Geophys Res Lett 2004; 31: L24103.

[32] Anderson HR, Derwent RG, Stedman J. Air pollution and climate change, En: Health effects of climate change in the UK. Report of the Institute for Environmental and Health, London (UK): The Institute; 2001, p. 219-49. Disponible... en http://www.doh.gov.uk/airpollution/climatechange02. Consultado 14 de abril de 2004.

[33] Hogrefe C, Werth D, Avissar R et al. Analyzing the impacts of climate change on ozone and particulate matter with tracer species, process analysis, and multiple regional climate scenarios. En: Borrego C, Renner E, eds. Air Pollution Modeling and Its Application XVIII: 28th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modeling and Its Application, 15–19 Mayo, 2006. Leipzig, Alemania: Elsevier, 2006.

suspensión y otros contaminantes al aire. Sin embargo, en el ámbito de un país concreto, el cambio climático puede también comportar una disminución de las masas boscosas y, por tanto, una disminución de las zonas potencialmente en riesgo de incendio. Los impactos sobre la calidad del aire de los posibles futuros incendios relacionados con el cambio climático no han sido aún debidamente evaluados[34].

Por otro lado, las emisiones desde las plantas de generación de energía se incrementan de manera notable durante las olas de calor, cuando los sistemas de aire acondicionado son utilizados de manera generalizada. En estudios en California se ha demostrado que las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) de las plantas generadoras de energía se duplicaba en cuando la temperatura pasaba de 24 °C a 35 °C [35].

En un número limitado, hasta ahora, de trabajos se ha tratado de evaluar los posibles impactos de la contaminación atmosférica en relación al cambio climático (Tabla 2). Con este fin se han elaborado modelos predictivos de niveles de contaminantes en el futuro junto con la evaluación del riesgo a partir de los resultados de estudios epidemiológicos anteriores[36] [37]. Knowlton y cols[36]. estimaron los incrementos absolutos y porcentuales de las muertes diarias relacionadas con el ozono durante el verano en la región metropolitana de la ciudad de Nueva York en los años 2050 en comparación con los años 1990. Los incrementos de la mortalidad relacionada con el ozono como resultado del cambio climático oscilaban entre el 4 y el 60% dependiendo de los escenarios de incremento en las emisiones de CO_2 y de incremento de la población. Por su parte, Bell y cols[37]. extendieron el análisis a 50 ciudades del este de los EEUU y examinaron tanto la mortalidad como los ingresos a hospitales. La predicción fue de un incremento de 9,6 µg/m^3 (4,8 ppb, incremento porcentual de 7,4%) para el promedio de las concentraciones de 8 horas de ozono para los años 2050; el rango fue de 0,8–13,7%. Además, los días de alerta de ozono (valores octohorarios por encima de 210 µg/m^3) podrían incrementarse en un 68%. Se proyectó que estos cambios darían como resultado un incremento del 0,11 al 0,27% de la mortalidad no accidental y a un incremento promedio del 0,31% de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares. Según las estimaciones de estos autores, los ingresos respiratorios aumentarían entre un 0,8 a un 2,1%, correspondiente este mayor aumento a los ingresos hospitalarios por asma.

Otros autores, también en EEUU[38], han utilizado modelos para la predicción de ozono pero han calculado los riesgos relativos directamente de datos más recientes. Esta aproximación solo permite predecir el posible impacto a corto plazo, es decir, el daño de presentación aguda, de la contaminación relacionada con el cambio climático. En su estudio en 19

[34] Kinney PL. Climate change, air quality, and human health. Am J Prev Med 2008 Nov;35(5):459-67.

[35] Drechsler DM, Motallebi N, Kleeman M. Public health-related impacts of climate change in California (2006) White paper.

[36] Knowlton K, Rosenthal JE, Hogrefe C, Lynn B, Gaffin S, Goldberg R et al. Assessing Ozone-Related Health Impacts under a Changing Climate. Environ Health Perspect 2004; 112: 1557-1563.

[37] Bell ML, Goldberg R, Hogrefe C, Kinney PL, Knowlton K, Lynn B et al. Climate change, ambient ozone, and health in 50 US cities. Climatic Change 2007 82:61–76.

áreas urbanas del sureste de EEUU, Chang y cols[38] llevaron a cabo modelos para predecir los niveles de ozono en la década 2040-2050. Posteriormente, los autores utilizaron esos datos para calcular, ajustando por temperatura, humedad y estacionalidad, el riesgo relativo asociado a la exposición de ozono en verano. Se predijo un incremento de 0,86 µg/m^3 en los promedios de ozono en 2040 comparados con los de 2020. Este incremento se correspondería con un aumento de 0,01% en la tasa de mortalidad atribuible al incremento futuro de los niveles de ozono.

En el ámbito europeo, dentro del programa "Aire limpio para Europa" (Clean Air for Europe, CAFE[39]) se han realizado predicciones, por países y para el conjunto de la Unión Europea (UE), a partir de las emisiones previstas en distintos escenarios climáticos o energéticos, en los que si se llevan a cabo las estrategias planteadas habrá una reducción de los niveles de partículas y de ozono. Así si se cumplen los objetivos planteados en España la reducción de los niveles de partículas finas (PM2,5) se traduciría en un aumento de la esperanza de vida de casi dos meses de vida para el 2020. Para la población europea la mejora en la esperanza de vida sería de algo más de 3 meses. En el caso del ozono, la reducción de ozono debida a las emisiones se traduciría en unas 60 defunciones prematuras menos al año causadas por ozono en España y unas 5.500 para el conjunto de la UE. Sin embargo, especialmente en el caso del ozono, se debería tener en cuenta el posible aumento de sus niveles debido al aumento de temperatura relacionado con el cambio climático. Si comparamos las predicciones del posible impacto en salud realizadas por el programa CAFE con las realizadas en otros estudios, podemos darnos cuenta de la falta de consistencia de algunas de las estimaciones. Así, en un estudio realizado por Anderson *et al*[32] se evaluó el impacto potencial del cambio climático en salud en el Reino Unido.

Entre los elementos cruciales para dicha evaluación se encuentra la duda, aún no resuelta, de si se puede asumir la existencia de un umbral de daño para el ozono, es decir un valor por debajo del cual no existe un impacto en salud. Dicho valor, de existir, podría situarse alrededor de los 60-70 µg/m^3. Para el caso de las partículas se asume que no existe un umbral dado que la forma de la relación concentración-respuesta es lineal[40]. Por último, deberían llevarse a cabo evaluaciones que contemplaran la posible interacción entre contaminación del aire y temperatura, ya que en diversos estudios se ha descrito la interacción entre los dos factores de riesgo. En el estudio de Anderson y cols[32] para el Reino Unido los resultados para partículas fueron en el mismo sentido que los del grupo CAFE, es decir, cierta reducción en el impacto de las PM2,5 sobre la mortalidad. Sin embargo, en el caso del ozono estos autores, incluso teniendo en cuenta los cambios en las emisiones de especies precursoras de ozono de Europa, estimaron, en el

[38] Chang HH, Zhou J, Fuentes M. Impact of climate change on ambient ozone level and mortality in southeastern United States. Int J Environ Res Public Health. 2010 Jul;7(7):2866-80. Epub 2010 Jul 14.

[39] Amann M, Bertok I, Cofala J, Gyarfas F, Heyes C, Klimont Z et al. Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Final Report. http://europa.eu.eu.int/comm/environment/air/café/index.htm. Consultado 20 de marzo de 2004.

[40] Schwartz J, Ballester F, Saez M, Perez-Hoyos S, Bellido J, Cambra K et al. The Concentration-Response Relation between Air Pollution and Daily Deaths. Environ Health Perspect 2001;109:1001-6.

modelo sin considerar umbral para los efectos de ozono, un incremento de unas 1.200 defunciones prematuras al año debidas a ozono, frente a la reducción de 400 defunciones prematuras anuales que se predecía en el programa CAFE. Cuando los autores supusieron umbrales para los efectos del ozono sobre la salud, el incremento de los efectos sobre la salud debido al ozono era relativamente pequeño. Como se observa en la tabla las estimaciones muestran una gran variabilidad, siendo a veces, incluso contradictorias, como se ve en las estimaciones del impacto del ozono referidas al Reino Unido.

Por su parte, Casimiro y Calheiros[41] han realizado una estimación del posible impacto que los distintos escenarios de cambio climático tendrían sobre la salud de los portugueses. En su evaluación cualitativa los autores concluyen que el incremento previsto de los niveles de ozono troposférico podrían contribuir a la exacerbación del asma y de otras enfermedades respiratorias.

Por último, en un estudio a escala mundial se predijo que ocurrirían aproximadamente 500.000 muertes prematuras en exceso para el año 2030 debido a los impactos de de las concentraciones de ozono y al crecimiento de la población en 10 regiones del mundo bajo el escenario del IPCC, SRES A2[42]. En esta investigación el riesgo relativo de mortalidad aguda por exposición a ozono se tomó de un estudio de 95 ciudades en los Estados Unidos[11]. Suponiendo un umbral de concentración bajo de 50 $\mu g/m^3$ y tomando en consideración la legislación aprobada para controlar los precursores de ozono, se calcula que se evitarían 191.000 muertes globalmente (0,2% del número total de muertes previsto para 2030). Se calcula que se evitarían 458.000 muertes (0,5% del número total de muertes previsto para 2030), especialmente en el sureste de Asia, utilizando todas las tecnologías y esfuerzos para el control de emisiones. Los análisis de sensibilidad demostraron que los resultados se veían afectados significativamente por el umbral supuesto y por el riesgo relativo de mortalidad diaria aguda por ozono utilizado[42].

En definitiva, existe cierto consenso en considerar que el cambio climático tiene el potencial de incrementar las exposiciones a concentraciones elevadas de ozono y otros contaminantes como las partículas finas debido a cambios en los patrones climáticos. En general, existe un consenso en esperar que las concentraciones medias de ozono constituirán el problema más importante a la hora de evaluar el impacto en salud de la contaminación atmosférica asociada al cambio climático. No obstante, existe una gran incertidumbre respecto a las proyecciones futuras. Entre las fuentes de la incertidumbre se incluyen no solo el cambio climático futuro sino también las emisiones futuras de gases de efecto invernadero, precursores del ozono y otros contaminantes, así como el modo en que la vulnerabilidad y los patrones de actividad de la población pueden diferir en el futuro. En el contexto europeo, como consecuencia

41. Casimiro E, Calheiros JM. Human health. En: Santos FD, Forbes K, Moita R, eds. Climate change in Portugal: scenarios, impacts, and adaptation measures – SIAM project. Lisboa: Gradiva; 2002; pp.241–300.

42. West JJ, Szopa S, Hauglustaine DA. Human mortality effects of future concentrations of tropospheric ozone. CR Geoscience. 2007; 339:775–83

Tabla 2. Predicciones de impactos en salud asociados a contaminación atmosférica en distintos escenarios.
↑: incremento; ↓ disminución; - sin datos
***Estas estimaciones se basan en las proyecciones energéticas del documento European Energy and Transport –Trends to 2030[43]**

Estudio	Ámbito territorial	Contaminante	Año de referencia	Impacto en salud evaluado	Método y predicción de cambio climático (SRES)	Año de predicción	Predicción de impacto en salud
Knowlton et al, 2004[36]	Región Metropolitana de Nueva York (EEUU)	Ozono	Población: 2000 Emisiones: 1996	Mortalidad prematura (0/00 de defunciones atribuibles a ozono)	Modelos de circulación general y predicción A2 + evaluación impacto en salud. /	2050	↑Incremento medio del 4,5%
					Idem + cambios en emisiones de los gases precursores de ozono. /	–	↑Incremento medio del 4,4%
					Idem + proyección crecimiento población.	–	↑Incremento medio del 59.9%
Bell et al, 2007[37]	50 ciudades (EEUU)	Ozono	1990	Mortalidad prematura	Estimaciones de Ozono aplicando mediciones actuales	–	↑0,11 a 0,28%
				Ingresos respiratorios	y predicción A2 (incremento de 1.6-3.2 °C)		↑ 0,8-2,1%
Chang et al, 2010[38]	19 comunidades urbanas del sureste de EEUU	Ozono	2000	Mortalidad prematura (0/00 de defunciones atribuibles a ozono)	Predicción de niveles de ozono con modelos utilizando datos del Programa de Evaluación de Cambio Climático de EEUU + estimación de riesgo relativo utilizando datos de series temporales.	2040	↑Incremento del 0,01% (mortalidad a corto plazo)
CAFE[39] REPORT, 2004*	Unión Europea	PM2,5	2000	Esperanza de vida (EV) perdida por exposición a PM2,5	Proyecciones de emisiones en la Unión Europea	2020	↓Se perderán 3,2 meses menos por persona (se pasaría de 8,6 a 5,4 meses de EV perdidos)
	España					2020	↓Se perderán 1,9 meses menos por persona (se pasaría de 5,1 a 3,2 meses de EV perdidos)
	Reino Unido					2020	↓Se perderán 2,4 meses menos por persona (se pasaría de 6,9 a 4,5 meses de EV perdidos)

Tabla 2. (continuación)

Estudio	Ámbito territorial	Contaminante	Año de referencia	Impacto en salud evaluado	Método y predicción de cambio climático (SRES)	Año de predicción	Predicción de impacto en salud
CAFE[39] REPORT, 2004*	Unión Europea	Ozono	2000	Mortalidad prematura (nº de defunciones atribuibles a ozono)	Proyecciones de emisiones en la Unión Europea	2020	↓Se pasaría de 21.938 (2000) a 16.291 (2020)
	España					2020	↓Se pasaría de 1.369 (2000) a 1.311 (2020)
	Reino Unido					2020	↓Se pasaría de 1.926 (2000) a 1.468 (2020)
Anderson et al, 2001[32]	Reino Unido	Partículas (PM10)	1990	Mortalidad prematura Ingresos hospitalarios por causa respiratoria	Modelos de circulación general + evaluación impacto en salud.	2030	↓Descenso notable
		Ozono	1990	Mortalidad prematura Ingresos hospitalarios por causa respiratoria	Ídem sin umbral	2030	↑Se pasaría de 12.240 (1990) a 13.550 (2030) ↑Se pasaría de 10.450 (1990) a 11.570 (2030)
		Ozono	1990	Mortalidad prematura Ingresos hospitalarios por causa respiratoria	Ídem con umbral	2030	↑Pequeño incremento
Casimiro y Calheiros[41], 2002	Portugal	Ozono	–	Exacerbaciones de asma y enf. respiratorias	Cálculo de días con ozono alto a partir de las predicciones meteorológicas de los modelos climáticos	2020	↑
West et al[42], 2007	Mundial, dividido en 10 regiones	Ozono	2000	Mortalidad prematura	Distintos escenarios: a) predicción A2; b) cumplimiento de la legislación actual; c) máxima reducción factible	2030	Defunciones prematuras según escenarios: a) 500.000 b) 190.000 c) 40.000

de las políticas energéticas de reducción de emisiones[43] es previsible una reducción de los niveles de partículas[39].

Cabe esperar controles más estrictos de las emisiones de precursores de ozono, partículas finas y otros contaminantes a medida que crece la evidencia de los impactos adversos de estos contaminantes ambientales sobre la salud. Por lo tanto, la medida en la que el cambio climático afecta la calidad del ambiente dependerá parcialmente del control regulatorio del ozono y las PM2,5.

7.- Vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y la contaminación atmosférica

Los efectos que el cambio climático cause sobre la salud dependen en gran medida de una serie de condiciones que modulan la vulnerabilidad frente a las agresiones ambientales. Así, la vulnerabilidad de la población frente al cambio climático depende de tres grupos de factores:

a) factores individuales (Tabla 3)

b) factores comunitarios, como la existencia de sistemas de abastecimiento de agua, de distribución de alimentos, de sistemas de alerta y de servicios de salud pública, y

c) factores geográficos: poblaciones en zonas costeras bajas, poblaciones en los límites de las enfermedades trasmitidas por vectores, poblaciones rurales alejadas de asistencia sanitaria, poblaciones urbanas sometidas al efecto de isla térmica, etc.[44].

Tabla 3. Grupos de personas con mayor vulnerabilidad a la contaminación atmosférica y al cambio climático

Personas con peor salud:	los que padecen enfermedades cardiovasculares o respiratorias son más vulnerables a los efectos directos de las olas de calor o de la contaminación atmosférica.
Personas alérgicas o atópicas	que presenten una sensibilidad especial a los contaminantes atmosféricos o a determinados alérgenos que puedan verse alterados por el cambio climático.
Los ancianos	corren más riesgo de padecer enfermedades respiratorias y cardiovasculares y presentan, en general, peores condiciones físicas o, incluso, menor capacidad de adaptación o respuesta.
Los niños y adolescentes	presentan un mayor riesgo de enfermedad o muerte debido a la falta de madurez de algunos sistemas, a su mayor actividad y su menor tamaño; por ello corren más riesgo de padecer enfermedades respiratorias o alérgicas relacionadas con la contaminación atmosférica.
Grupos con menores ingresos:	la pobreza aumenta el riesgo pues, entre otras razones, se tiene menos acceso a sistemas adecuados de acondicionamiento de aire, se vive en zonas urbanas más contaminadas, se posee menos información para evitar exposiciones a situaciones extremas.

43. CEC. European energy and transport. Trends to 2030. KO-AC-02-001-EN-C. European Commission, Directorate General for Energy and Transport, Luxemburg 2003.

8.- Grupos de población más vulnerables a la contaminación atmosférica

Dos poblaciones especialmente susceptibles a los efectos de la contaminación atmosférica son los niños y las mujeres embarazadas. En comparación con los adultos, los niños pequeños presentan una vulnerabilidad especial a los tóxicos ambientales. Esto se debe, principalmente, a inmadurez fisiológica y a diferencias en la exposición. Además, hay que tener en cuenta que, por ser la exposición en edades tempranas, los posibles efectos en salud van a tener más tiempo de vida para manifestarse y, caso de ocurrir, el daño será mayor en términos de años de vida perdidos o años con incapacidad. En el caso de los contaminantes atmosféricos, en que la exposición ocurre vía inhalación, la vulnerabilidad es mayor debido a que las vías aéreas y los alvéolos se están desarrollando todavía. Junto a lo anterior, los mecanismos de defensa son todavía inmaduros. Por otro lado, el niño suele pasar más tiempo en el exterior que los adultos y, además, hay que tener en cuenta que los niños, en términos relativos, inhalan el doble de aire que los adultos[45].

Un trabajo llevado a cabo con el objeto de proporcionar información de base para el desarrollo del Plan de acción sobre medio ambiente y salud infantil en la Región Europea[46] informa que en Europa, entre el 1,8 y el 6,4% de las muertes en niños de 0 a 4 años son debidas a contaminación atmosférica en ambiente exterior y un 3,6% a la contaminación atmosférica interior. Aunque el impacto es mayor en los países de Europa Oriental, los autores destacan que el efecto de los riesgos ambientales en la salud de los niños es detectable en todos los países de Europa.

Respecto al embarazo, estudios epidemiológicos han demostrado la asociación de la exposición prenatal a contaminación atmosférica con diversos efectos relacionados con el desarrollo fetal. Para el bajo peso al nacer y retraso en el crecimiento intrauterino los resultados son compatibles con una relación causal. Para el parto pretérmino es necesario contar con mayor número de estudios, aunque las pruebas existentes sugieren que podría existir un vínculo causal. Para las malformaciones congénitas no existen pruebas concluyentes que indiquen causalidad de la contaminación atmosférica[47]. Existe suficiente evidencia que indica que la exposición a contaminación atmosférica durante el primer año de vida se ha asociado con un incremento del riesgo de mortalidad infantil de magnitud mayor que el riesgo encontrado para adultos[48] [47].

En una monografía de la OMS[49] se ha revisado la literatura científica sobre el impacto de la contaminación atmosférica en diferentes aspectos de la salud de los niños. Los trabajos

44. IPCC 2001. Climate Change 2001. The Scientific Basis. [Edited by J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden and X, Dai]. Cambridge (UK): Cambrige University Press.

45. Schwartz J. Air pollution and children's health. Pediatrics 2004;113(4 Suppl):1037-43.

46. Valent F, Little D, Bertollini R, Nemer LE, Barbone F, Tamburlini G. Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe. Lancet 2004; 363:2032-9.

47. Sram RJ, Binkova B, Dejmek J, Bobak M. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: a review of the literature. Environ Health Perspect 2005; 113:375-82.

científicos revisados indican que existe evidencia suficiente para inferir causalidad en la relación entre la contaminación atmosférica y un aumento en la prevalencia e incidencia de tos y bronquitis. Existe menos evidencia para poder asegurar una relación causal entre incidencia de asma y contaminación del aire en general, sin embargo sí existen pruebas más consistentes respecto a su relación con el aumento en la frecuencia de urgencias e ingresos por asma. También existen pruebas suficientes para la relación causal de la contaminación con la exacerbación de síntomas como las sibilancias y la tos. La mayoría de estos efectos se relacionan con contaminantes derivados de las emisiones del tráfico, como las partículas y el dióxido de nitrógeno, así como con el ozono.

En España, el Proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente. www.proyectoinma.org) es una red de grupos de investigación que pretende, mediante una metodología en común, relacionar las exposiciones pre y postnatales a contaminantes ambientales, en el aire, el agua y los alimentos, con los posibles efectos en la salud de los niños, incluyendo su crecimiento y desarrollo. El proyecto consiste en un estudio de cohortes de base poblacional con unos 4.000 pares de mujeres y sus hijos, a los que se sigue durante la gestación y la infancia de los niños (Figura 8). Las mujeres se reclutan en varios lugares, formando un conjunto de cohortes, lo que permite tener representación de diferentes puntos de la geografía española. Las áreas que participan con cohortes de madres y niños son: Flix (Ribera de L'Ebre), Menorca, Granada, Valencia, Sabadell, Asturias y Gipuzkoa. De todas ellas, las tres primeras ya se habían formado en el momento de iniciar la Red INMA (cohortes previas), mientras que el resto comenzó con posterioridad (cohortes nuevas). Entre las exposiciones ambientales a estudio en el proyecto se encuentra la evaluación de la exposición a contaminantes atmosféricos durante el embarazo y la infancia y su posible repercusión sobre la salud[50]. Los primeros resultados sobre los efectos de la contaminación atmosférica indican que la exposición a contaminación atmosférica durante el embarazo se asocia con un menor peso al nacer[51], así como con un retraso en el crecimiento fetal[15].

Junto a los niños y las mujeres embarazadas existen otros grupos de población que tienen un riesgo mayor de padecer los efectos causados por la contaminación atmosférica. Entre ellos se encuentran las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, la bronquitis crónica o el enfisema, los que padecen enfermedades cardiovasculares o diabetes, y, en general, las personas de edad avanzada que padezcan alguna enfermedad crónica. También se ha encontrado un riesgo mayor frente a la contaminación del aire de las personas que trabajan en el exterior o en lugares donde se está expuesto a emisiones de

48. Lacasaña M, Esplugues A, Ballester F. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. Eur J Epidemiol. 2005; 20:183-99.

49. WHO-European Region. Effects of air pollution on children's health and development - a review of the evidence. Copenhagen: WHO-European Region, 2005.

50. Esplugues A, Fernandez-Patier R, Aguilera I, Iniguez C, Garcia Dos SS, Aguirre AA et al. Exposición a contaminantes atmosféricos durante el embarazo y desarrollo prenatal y neonatal: protocolo de investigación en el proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente). Gac Sanit. 2007; 21:162-71.

51. Aguilera I, Guxens M, Garcia-Esteban R, Corbella T, Nieuwenhuijsen MJ, Foradada CM et al. Association between GIS-based exposure to urban air pollution during pregnancy and birth weight in the INMA Sabadell Cohort. Environ Health Perspect. 2009; 117:1322-7.

contaminantes, como por ejemplo, en calles muy contaminadas o determinadas industrias. Por otro lado, diferentes estudios han descrito que las personas de nivel económico más bajo padecen más los efectos de la contaminación atmosférica. No está totalmente dilucidado si dicho mayor riesgo se debería a una mayor exposición (por el trabajo, por vivir en zonas más contaminadas, por características de la vivienda), o si se debería a un mayor efecto debido a una interacción con otros factores como una peor alimentación u otros hábitos de vida (actividad física, alcohol, tabaco).

En el ámbito de la **salud laboral** algunas profesiones o puestos de trabajos estarán más expuestos a los efectos de la contaminación atmosférica en relación al cambio climático:

a) personas que trabajen al aire libre en lugares con alta exposición solar y en zonas cercanas a emisiones de contaminantes atmosféricos (exposición por ozono);

b) puestos de trabajos en interiores o exteriores expuestos a emisiones de partículas finas;

c) trabajadores con enfermedad crónica de tipo cardiovascular, respiratoria o renal.

Hasta la fecha se había tenido poco en cuenta el posible impacto del cambio climático en la salud ocupacional. En la actualidad se esta desarrollando el programa Hothaps para la investigación y prevención de los problemas relacionados con las exposiciones laborales a altas temperaturas relacionadas con el cambio climático[52]. El programa pretende proporcionar nuevas pruebas científicas de evaluación de los posibles impactos negativos sobre la salud laboral a escala local, regional y mundial. También pretende identificar y evaluar las intervenciones preventivas en diferentes contextos sociales y económicos. En el programa Hothaps se incluyen diferentes partes del mundo en los que la exposición a la temperatura excede los límites de estrés fisiológico que podrían afectar a los trabajadores. Esto ocurre habitualmente a temperaturas por encima de 25 °C. Los trabajadores de los países tropicales con rentas bajas o medias son especialmente vulnerables ya que a la temperatura elevada se debe sumar un trabajo intenso, la radiación solar y ausencia de ambientes climatizados cuando se trabaja en interiores. Si la intensidad del trabajo se mantiene, cuando las condiciones ambientales son adversas puede llevar a un golpe de calor o, incluso a la muerte. Por ello, se deben establecer medidas preventivas que eviten el riesgo para la salud de los trabajadores y también para su productividad. Los resultados del programa Hothaps pueden ser de gran utilidad para la evaluación de la exposición al calor relacionada con el cambio climático en los lugares de trabajo y su impacto en la salud laboral y la productividad, que podrán ser utilizados en la próxima evaluación del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) del año 2013.

52. Kjellstrom T, Gabrysch S, Lemke B, Dear K. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. Glob Health Action. 2009 Nov 11;2.

9.- Acciones para prevenir el impacto de los efectos de la contaminación atmosférica relacionada con el cambio climático: beneficios conjuntos de las políticas de mitigación

Las principales respuestas en materia de salud pública a los posibles impactos del cambio climático sobre la salud son la mitigación y la adaptación. Hay que recordar que los mecanismos fisiológicos para disminuir la susceptibilidad al ozono y a otros contaminantes ambientales son limitados[28]. Por lo tanto, si los estudios con modelos avanzados continúan previendo concentraciones más altas de ozono en el aire ambiente, se requerirán medidas de adaptación o prevención de los efectos, tales como los sistemas de información y alerta a la población y al sistema sanitario. Pero, fundamentalmente, se requerirán reducciones rápidas de las emisiones generadas por la quema de combustibles fósiles para proteger la salud de las generaciones actuales y futuras.

Los gases que causan el calentamiento global provienen principalmente de emisiones causadas por actividades humanas. Dichos gases proceden en una parte importante del uso de la energía para el trasporte, la industria, de la construcción de edificios y su mantenimiento, y de la agricultura y usos del suelo. Las acciones para reducir la emisión de gases con efecto invernadero, así como para obtener la energía de fuentes renovables y más limpias comportaran beneficios para la salud al reducir el impacto, tanto de la contaminación atmosférica, como del cambio climático[53].

La reducción de emisiones de gases contaminantes, al tener un origen común al de los gases con efecto invernadero, tendría un efecto beneficioso sobre la emisión de CO_2 y otros gases a la atmósfera. Ello redundaría en una ralentización del calentamiento global. El uso más eficiente de la energía y la introducción progresiva de energías limpias comportará una reducción en la utilización de combustibles fósiles y, por consiguiente, una reducción en la emisión de SO_2, CO y NO_2[54]. Las acciones para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero pueden conducir muy probablemente a mejoras en la salud de la población.

En un artículo que apareció en la revista *Lancet* durante las discusiones acerca del contenido del tratado de Kyoto[55] se realizó una evaluación del impacto en salud que tendría la adopción de políticas de control de las emisiones sobre la salud de las poblaciones, en el corto plazo, es decir, sin esperar a ver las consecuencias de la mitigación del cambio climático. En dicho trabajo se comparaba lo que ocurriría, por lo que respecta a los efectos relacionados con la exposición a partículas en suspensión, si las políticas energéticas mundiales continuaban como hasta 1997 o cambiaban a un escenario de políticas de control de las emisiones para evitar el calentamiento mundial.

[53] Younger M, Morrow-Almeida HR, Vindigni SM, Dannenberg AL. The built environment, climate change, and health: opportunities for co-benefits. Am J Prev Med. 2008 Nov;35(5):517-26.

[54] Ballester F. Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. Rev Esp Salud Publica. 2005 Mar-Apr;79(2):159-75.

[55] Working Group on Public Health and Fossil-Fuel Combustion. Short-term improvements in public health on fossil-fuel combustion: an interim report. Lancet 1997;350:1341-49.

Según las estimaciones obtenidas en ese trabajo, desde el año 2000 al 2020, el impacto relacionado con la diferencia de exposición a partículas podría ser de una reducción de 700.000 muertes anuales.

Más recientemente, como vimos antes[42], West *et al*. han estimado que la implementación de las tecnologías más avanzadas junto con los esfuerzos para limitar las emisiones de precursores de ozono podría ahorrar más de 450.000 defunciones prematuras en todo el mundo.

Estos resultados ilustran los beneficios que a escala local y cercana en el tiempo tendrían las políticas de reducción de las emisiones de gases que provocan el calentamiento global. Estas cifras, sin embargo, deben ser valoradas con precaución y tomadas únicamente como indicativas, dadas las asunciones y dudas existentes a la hora de realizar las estimaciones. No obstante, queda demostrado que el uso de fuentes renovables de energía puede ayudar en el proceso de reducción de las emisiones al tiempo que pueden constituir una fuente asequible de energía para un número importante de población que ahora no tiene acceso a energías limpias[56].

Las estrategias de transporte, medio ambiente y salud con la promoción del uso de la bicicleta y caminar como medio de trasporte comportará un incremento del ejercicio físico moderado en un gran segmento de la población con hábitos de vida sedentarios, que tendrá una repercusión favorable sobre su salud. La actividad física tiene efectos beneficiosos para la salud a todas las edades tanto en hombres como en mujeres, reduciendo el riesgo de enfermedad cardiovascular, diabetes, ciertos cánceres, la obesidad y la hipertensión[57] [58]. El efecto beneficioso de la actividad física se puede obtener por hacer ejercicio físico específico o en las actividades de la vida cotidiana como ir andando o en bicicleta al trabajo, o a las actividades de ocio[59]. Esto es porque este beneficio se obtiene ya al realizar aproximadamente 30 minutos de actividad física moderada. Si se tuviera en cuenta este impacto beneficioso en salud en términos de coste-beneficio en las políticas de transporte, andar e ir en bicicleta podría llegar a cambiar las decisiones en estas políticas.

10.- Necesidades de investigación

El estudio de los posibles efectos del cambio climático requerirá un gran esfuerzo que ya ha comenzado en todo el mundo. En el campo concreto de los posibles efectos de la contaminación atmosférica relacionados con el cambio climático las necesidades fundamentales van desde las de ámbito internacional hasta las aplicables a nivel nacional.

56. McMichael AJ, Githeko AK. Human health. En: McCarthy JJ et al, eds(2001). Climate change. IPCC, WG II, TAR, 9.7.1.

57. Gutiérrez-Fisac JL, Royo-Bordonada MA, Rodríguez-Artalejo MA. Riesgos asociados a la dieta occidental y al sedentarismo: la epidemia de la obesidad. Gac Sanit 2006; 40(supl 1);48-54.

58. Haines A, McMichael T, Anderson R, Houghton J. Fossil fuels, transport, and public health. Policy goals for physical activity and emission controls point the same way, BMJ 2000;321: 1168-9.

59. Matthews CE, Jurj AL, Shu XO, Li HL, Yang G, Li Q, Gao YT, Zheng W. Influence of exercise, walking, cycling, and overall nonexercise physical activity on mortality in Chinese women. Am J Epidemiol. 2007;12:1343-50.

En el ámbito internacional es imprescindible avanzar en la modelización de la calidad del aire en el futuro en un clima cambiante con métodos que permitan capturar el rango de incertidumbres en el futuro impacto. Los potentes sistemas de computación actual permiten obtener en un día lo que hace 5 años costaba una semana[34]. Estos avances permitirán el análisis en una escala temporal y espacial más fina, de manera que se puedan estudiar las interacciones de los cambios del clima y la calidad del aire sobre poblaciones concretas. El desarrollo de sistemas de vigilancia que incluyan los componentes de salud, meteorología, calidad del aire, pólenes y otros aeroalérgenos deberían utilizarse para examinar los posibles impactos en el futuro del cambio climático y las alteraciones que produzca en la calidad del aire.

Más concretamente en el ámbito español las necesidades de investigación son:

- Establecer sistemas de vigilancia y monitorización que incluyan información meteorológica, de calidad del aire, de salud y sociodemográfica adecuadas con el fin de detectar cambios tempranos y poder obtener datos para otros estudios.

- Llevar a cabo estudios epidemiológicos para valorar el impacto del ozono, partículas finas y otros contaminantes relacionados con la variabilidad climática y sus tendencias sobre la salud. Dichos estudios deberían aportar pruebas sobre los efectos de dichos contaminantes incluyendo la relación dosis-respuesta y los factores que pueden modificar su efecto (mayor susceptibilidad en unos grupos de personas, factores protectores, como por ejemplo el aumento de la capacidad antioxidante por medio de la dieta).

- También sería necesario llevar a cabo estudios epidemiológicos, o de evaluación de impacto en salud, que valoraran los posibles beneficios de las acciones para mitigar el cambio climático.

- Desarrollar modelos para la predicción de los posibles efectos en salud de los cambios previstos en cuanto al clima y la calidad del aire. Dichos modelos deberían incluir previsiones en cuanto a las tendencias futuras en contaminación atmosférica, cambios en las características de la población y variaciones en los fenómenos meteorológicos y climáticos. Estas predicciones deberían ser validadas de manera continuada, mediante su confrontación con los datos del sistema de vigilancia.

- Otro aspecto importante a investigar debe ser la valoración del diferente impacto en subgrupos de la población dependiendo de las características demográficas o socioeconómicas.

- Por último, se debería considerar la eficiencia de los sistemas de vigilancia o de alerta en la prevención del impacto de los cambios meteorológicos o de calidad del aire.

3.1.7. Polen y cambio climático. efectos en la salud

1.- Introducción

El polen y las esporas aerovagantes son en el momento actual un problema de salud, sobre todo en las áreas urbanas de los países desarrollados, donde cada vez son más frecuentes las reacciones alérgicas con distintos grados de severidad: desde rinitis y conjuntivitis hasta crisis asmáticas. La estrecha relación existente entre la producción y emisión de polen por las plantas con las condiciones meteorológicas y su dispersión en la atmósfera, nos dan idea a la hora de identificar la probable alteración de estos procesos naturales, como uno de los principales efectos indirectos del cambio climático en la salud pública.

El aumento de la temperatura de la superficie terrestre, tal como pronostican los escenarios del cambio climático, favorecería el crecimiento de las plantas, del mismo modo que la mayor presencia de dióxido de carbono en la atmosfera podría actuar como fertilizante de las mismas. Estas condiciones podrían alterar las emisiones polínicas, elevándose las concentraciones máximas atmosféricas, así como producirse periodos de polinización más duraderos, como consecuencia del adelanto de las fechas de inicio de la polinización. Además, los inviernos más suaves posibilitarían mayor presencia atmosférica de los tipos polínicos invernales. Por otra parte, no solo se incrementaría la producción polínica sino que también se acrecentaría la capacidad alergénica de los granos de polen, según muestran algunos estudios.

El reino vegetal está especialmente dotado para la adaptación y colonización de medios desfavorables, por lo que los cambios climáticos regionales conllevarían la posibilidad de cambios en la distribución geográfica de las plantas productoras de polen alergénico, cambiando los mapas de exposición de la población sensible a alérgenos y tipos polínicos no habituales en su medio.

La contaminación atmosférica es otro efecto indirecto previsto en los escenarios del cambio climático como consecuencia de la mayor emisión de partículas en un clima más seco y con mayores probabilidades de incendios emisores de partículas. En un escenario en que se pronostican mayores concentraciones de ozono, un contaminante secundario que requiere de radiación solar y altas temperaturas para su generación, podría producirse un aumento de la sensibilización de estos pacientes. La literatura especializada ha dejado constancia de la existencia de efectos sinérgicos entre la contaminación química de la atmósfera y la presencia de polen alergénico, exacerbándose el asma y otros trastornos respiratorios.

Todas estas posibilidades son perfectamente plausibles, aunque la escasa disponibilidad de datos de series históricas largas no permita verificarlas. Además, hay muchas variables convergentes que no se han podido evaluar convenientemente, tales como el mayor uso de especies alergénicas como plantas ornamentales, el modo de vida urbano, el efecto combinado con otras exposiciones, etc. Es decir que, pese a que hay diversos estudios que apuntan en este sentido, los resultados en conjunto no se pueden considerar por el momento como concluyentes.

No obstante, el principio de precaución obliga a ser especialmente vigilante con esta amenaza potencial, claramente enunciada en los escenarios del cambio climático.

Una dificultad para ello surge del hecho de que el contenido de polen en la atmósfera no está, ni puede estar, regulado mediante instrumentos legales, como ocurre con la contaminación atmosférica, puesto que se trata de una emisión en gran parte natural. La parte no estrictamente natural como es la de la flora ornamental sí puede ser regulada o reconducida a través de la promoción del uso de especies menos alergénicas. Pero más importante que el control de las emisiones son las medidas de mejora e innovación de los sistemas de información, vigilancia e investigación, en las que se han de centrar los esfuerzos necesarios para combatir los efectos del cambio climático. Para afrontar estas medidas hay que partir del conocimiento que nos aporta la ciencia en el momento presente, que es lo que se analiza con detenimiento en las páginas siguientes antes de definir, posteriormente, qué es lo que se debe y se puede hacer.

2. Evidencia científica sobre el impacto del polen atmosférico en la salud humana

De entre la variedad de partículas biológicas presentes en el aire que respiramos, dos tipos, el polen procedente de las plantas con flores y las esporas generadas por diversos hongos saprófitos (mohos) que degradan la materia orgánica, son los principales responsables de los trastornos alérgicos ocasionados por inhalación de aeroalérgenos. El impacto negativo que su presencia atmosférica tiene en la salud humana es importante, ya que un elevado porcentaje de la población, sobre todo en los países desarrollados, sufre afecciones alérgicas causadas por ellos.

Las dos principales afecciones alérgicas asociadas con la exposición a polen y esporas de hongos son la rinitis alérgica y el asma, que suponen un importante problema de salud con un gran coste económico. Según datos publicados en su web por la American Academy of Allergy Asthma & Immunology (AAAAI), en los Estados Unidos la rinitis alérgica afecta a un porcentaje comprendido entre el 10% y el 30% de los adultos y hasta el 40% de los niños. En Europa, según el recientemente publicado informe ARIA (2008)[1], las cifras de prevalencia de la rinitis alérgica, oscilan entre el 17% de Italia y el 28,5% de Bélgica, con valores medios aproximados del 25%.

En España, los resultados del estudio epidemiológico observacional (ALERGOLÓGICA-2005) realizado sobre una amplia muestra de pacientes alérgicos[2,3] pusieron en evidencia que la manifestación más frecuente es la rinitis alérgica (RA), que afecta al 55% de los mismos; en muchos casos la RA

1. Bousquet J, al. -2008- Allergic Rhinitis and its Impacto on Asthma (ARIA) 2008. Allergy 63(Supp.86): 7-160.

2. Navarro A, Colás C, Antón E, Conde J, Dávila I, Dordal MT, Fernández-Parra B, Ibáñez MD, Lluch-Bernal M, Matheu V, Montoro J, Rondón C, Sánchez MC, Valero A & Rhinoconjunctivitis Committee of the SEAIC. -2009- Epidemiology of Allergic Rhinitis in Allergy. Consultations in Spain: Alergológica-2005. J Investig Allergol Clin Immunol 19(Suppl. 2): 7-13.

3. Quirce S. -2009- Asthma in Alergológica-2005. J Investig Allergol Clin Immunol 19(Suppl. 2): 14-20.

Figura 1. Distribución de las concentraciones medias diarias (valor promedio para las 11 estaciones de la Red PalinoCAM) en mayo de 2009, del polen de gramíneas, olivo, plantago y polen total.

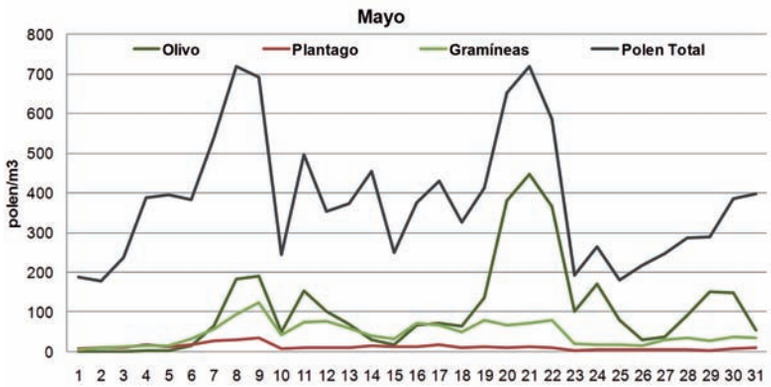


Figura 2. Distribución de las concentraciones medias diarias (valor promedio para las 11 estaciones de la Red PalinoCAM) en febrero 2009, del polen de ciprés y polen total.

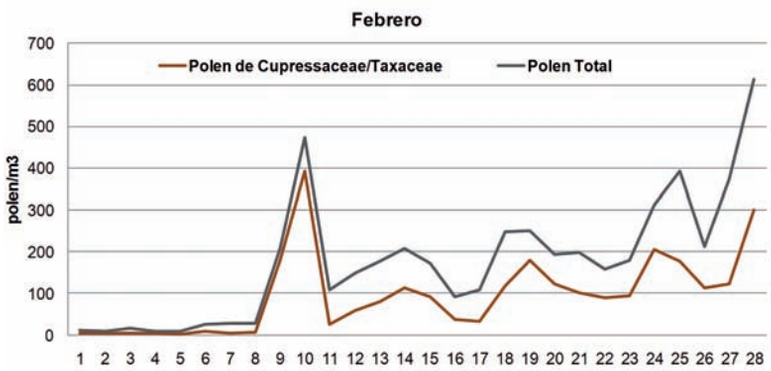
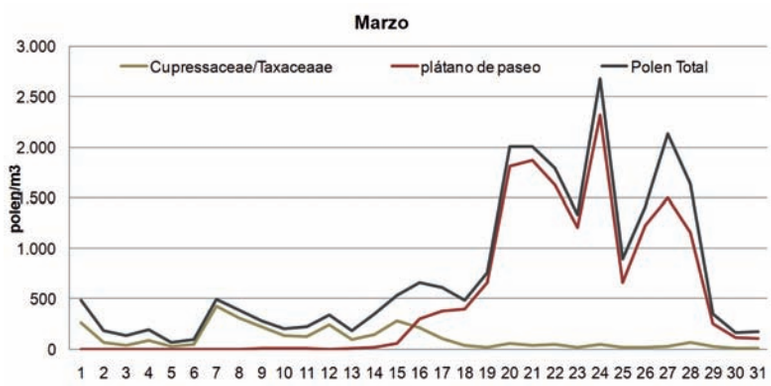


Figura 3. Distribución de las concentraciones medias diarias (valor promedio para las 11 estaciones de la Red PalinoCAM) en marzo de 2009, del polen de ciprés, de plátano de paseo y polen total.



se asociaba a conjuntivitis (65%) y en menor medida a asma (37%). El polen atmosférico fue el principal alérgeno (51%), seguido de los ácaros (42%). La prevalencia del asma fue del 28%, inferior al 35% observada en estudios anteriores (Alergológica 2002). Entre los pacientes asmáticos el porcentaje mayor estaba sensibilizado al polen (43,8%), el 41,4% a ácaros y el 19,6% a epitelios de animales. En ambas enfermedades el polen atmosférico fue el principal agente etiológico. Entre los alérgicos al polen, es más frecuente estar sensibilizado a varios tipos diferentes de polen (polisensibilización, 55%) que a un solo tipo (monosensibilización, 45%).

Considerando diversos factores ambientales, como la zona de procedencia de los pacientes, se encontró una mayor incidencia de la RA en los pacientes de zonas semi-urbanas (60%), que en los de zonas urbanas (55%) o rurales (51%). De los pacientes con asma el 63% residía en zonas urbanas, el 17,8% en zonas semiurbanas y el 19% en zonas rurales. Estos datos vienen a corroborar lo que otros estudios ya habían puesto en evidencia, que la urbanización, los altos niveles de las emisiones producidas por los coches y un estilo de vida occidentalizado están correlacionados con una mayor incidencia de las afecciones alérgicas respiratorias.

En general, los estudios epidemiológicos revelan un fuerte incremento de las afecciones respiratorias causadas por aeroalérgenos en las últimas décadas del siglo XX. Sin embargo en algunos países, como Estados Unidos, parece que las cifras se han estabilizado en los últimos años; o incluso, como evidencia ALERGOLÓGICA-2005 para

España, el porcentaje de asmáticos ha descendido respecto al estudio anterior.

En un reciente estudio[4] se analizaron las sensibilizaciones al polen con pruebas cutáneas (*skin prick test*) en población madrileña de 4-79 años, en las que el principal aeroalérgeno fue el de polen de gramíneas (85,1% de los casos y 47,6% de los controles), seguido por el olivo (82,8% y 49,0%) y el plantago (70,0% y 37,9%). Estos tipos polínicos coinciden simultáneamente en el aire de la España interior y mediterránea durante los meses de mayo y junio principalmente (Figura 1). A continuación se sitúa el polen de ciprés (65,6% y 37,8%), importante aeroalérgeno en el periodo invernal de enero a marzo (Figura 2) y el de plátano (53,7% y 26,6%), durante el mes de marzo o abril, según el año (Figura 3).

Según la Encuesta de Morbilidad Hospitalaria del Instituto Nacional de Estadística, durante el año 2006 se produjeron en España 26.696 ingresos hospitalarios por asma, lo que representa una tasa promedio de 60 ingresos por cien mil habitantes al año. A partir de esta fuente de información se pudo representar la fecha de hospitalización, visualizando la estacionalidad de los ingresos por asma para cada una de las provincias. Destaca el pico estacional de las provincias ubicadas en la zona centro: Guadalajara, Madrid, Toledo, Valladolid, Salamanca y Badajoz. En todas ellas el máximo número de ingresos de 2006 se produjo durante los meses de mayo y junio, en coincidencia con la estación polínica de las gramíneas. Son territorios en cuya vegetación están ampliamente representadas las comunidades con gramíneas (pastizales y herbazales anuales nitrófilos y ruderales) y su clima se caracteriza por la escasa pluviosidad y un paso muy rápido del frío al calor que provoca un periodo de floración muy breve, por lo que la eclosión de polen al medio ambiente se produce muy abruptamente. Estos resultados nos dan una idea de la carga de enfermedad, es decir, de la cantidad de crisis de asma que podría inducir la elevada concentración atmosférica estacional de gramíneas en España.

3. Principales tipos polínicos alergénicos en España

El contenido alergénico de la atmósfera (polen, esporas y sus alérgenos) depende sobre todo de la vegetación (producción y emisión) y del clima (dispersión, sedimentación, resuspensión) y por lo tanto varía con la geografía. En el periodo 1990-2010, se ha producido un gran desarrollo de estudios aerobiológicos sobre aeroalérgenos y de estudios epidemiológicos y clínicos sobre polinosis y alergia a esporas fúngicas, que han proporcionado abundante información sobre la presencia atmosférica y la prevalencia de los tipos polínicos y las esporas fúngicas más alergénicas. Los tipos de polen y esporas fúngicas responsables de sintomatología alérgica son solo unos pocos, de los muchos presentes en el aire que respiramos.

El polen procedente de las gramíneas es la principal causa de polinosis en

4. Galán I, Prieto A, Rubio M, Herrero T, Cervigón P, Cantero JL, Gurbindo MD, Martínez MI, Tobías A. -2010- Association between airborne pollen and epidemic asthma in Madrid, Spain: a case-control study. Thorax 65(5): 398-402.

todo el mundo. En Europa causa síntomas en el 80% de los alérgicos al polen. De los tipos polínicos arbóreos, los más alergénicos son abedul (*Bétula*) en el norte, centro y este de Europa y olivo (*Olea europaea* L) y también ciprés (*Cupressus*) en la región mediterránea[5]. En España el 35% de los pacientes alérgicos al polen lo son a polen de las gramíneas, el 30% al olivo, el 10% achenopodiacéas/amarantáceas, el 9% a cupresáceas/taxáceas, el 8% a *Platanus* (Plátano de sombra o plátano de paseo), y un 7% a otros tipos de polen (*Salsola, Artemisia, Parietaria*) [2,3].

Las esporas fúngicas mas alergénicas son *Alternaria* y *Cladosporium*, presentes en la atmósfera durante todo el año, aunque la primera es más abundante a comienzos del verano, y la segunda presenta dos picos en primavera y verano. En España, el porcentaje de asmáticos sensibilizados a los alérgenos de *Alternaria* y *Cladosporium* es del 8% (Alergológica 2005).

La presencia del polen en la atmósfera está condicionada en gran medida por la época de floración de las plantas productoras, por lo que a lo largo del año varían los tipos de polen presentes en el aire que respiramos y su concentración. En invierno, el alérgeno ambiental más importante es el polen de cupresáceas, sobre todo en los meses de febrero y marzo. En la segunda quincena de marzo o la primera de abril florece el plátano de sombra, y los niveles atmosféricos de este polen aumentan bruscamente. El mes de mayo suele ser el de mayor riesgo para los alérgicos al polen, pues coinciden los tipos polínicos más alergénicos, gramíneas, olivo, plantago, rumex.

A partir de junio o julio, dependiendo de las regiones y de la meteorología, descienden bruscamente los niveles atmosféricos de polen, hasta el otoño, época en la que hace su aparición en la atmosfera el polen procedente de *Chenopodiacea/Amaranthaceae, Artemisia* y *Casuarina* (donde se cultiva), que nunca alcanzan concentraciones muy elevadas, y que pueden ocasionar polinosis otoñales que afectan, en general, a un pequeño porcentaje de los alérgicos al polen.

Tipo polínico *Poaceae* (= Gramíneas)

A esta familia pertenecen cerca de 650 géneros, con casi 9.000 especies, en su mayoría plantas perennes, herbáceas, con tallos generalmente simples, redondos, huecos y divididos en nudos y entrenudos. Muchas son hierbas espontáneas que crecen en los terrenos baldíos y bordes de caminos. Otras se presentan en céspedes regados de parques y jardines, a veces subespontáneas o escapadas de cultivos. Los géneros más importantes como emisores de polen alergénico son: *Agrostis, Alopecurus, Anthoxanthum, Cynodon, Dactylis, Festuca, Holcus, Lolium, Paspalum, Phleum, Poa* y *Trisetum*.

Las gramíneas, en general, son plantas de polinización anemófila que florecen sobre todo durante la primavera y el verano. Producen gran cantidad de polen que en ocasiones se dispersa a largas distancias, pero sobre todo en la atmósfera de la zona próxima al foco de emisión. Su época de presencia

5. D'Amato GL, Cecchi S, Bonini C, Nunes I, Annesi-Maesano H, Behrendt G, Liccardi T, Popov P. van Cauwenberge -2007- Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. Allergy: 62: 976-90.

atmosférica es larga, de febrero a noviembre, pero el periodo de mayor incidencia se extiende de abril a julio. Las concentraciones máximas diarias suelen producirse en mayo o junio, menos en Galicia y la cornisa cantábrica, donde se alcanzan a finales de junio o a lo largo de julio. El polen de gramíneas es más abundante en el noroeste y norte de la península (Extremadura, Lugo), que en el sur y en el este (los mínimos corresponden a Cartagena y Almería). Las concentraciones máximas diarias suelen estar comprendidas entre los 30-500 granos/m^3 aunque excepcionalmente, en algunas localidades y años, se ha superado esta cifra.

Es importante la falta de acuerdo a la hora de fijar la concentración umbral capaz de reactivar a la mayoría de los pacientes polínicos, variando esta entre los 10 y los 50 granos/m^3 de unos estudios a otros. Los esfuerzos por establecer la relación dosis respuesta y detectar un nivel umbral, chocan con una serie de limitaciones que son comentadas ampliamente por algunos autores [(6)].

Tipo polínico *Cupressaceae / Taxaceae*

En este tipo polínico se incluye el polen producido por todas las plantas que pertenecen a las familias *Cupressaceae, Taxaceae, Cephalotaxaceae* y *Taxodiaceae*. Se trata de árboles o arbustos resinosos, siempre verdes, muy utilizados como plantas ornamentales y para la formación de barreras o setos. En nuestro país los taxones cultivados más frecuentes son las diferentes especies de cipreses (*Cupressus sp.*), el híbrido x *Cupressocyparis leylandii* (Jackson & Dallimore) Dallimore, *Thuja orientalis L.* [= Platycadus orientalis (L.), *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin y *Chamaecyparis lawsoniana* (Al. Murray) Parl. Del resto de familias que aportan polen a este tipo, se cultivan *Cephalotaxus fortunei* Hook y *C. harringtonia* (Forbes) Koch, T*axus baccata,* L. y *Torreya nucifera* (L.) Siebold & Zucc; de las taxodiacéas *Cryptomeria japonica,* profusamente utilizada.

Las cupresáceas son de polinización anemófila. En España su polen está presente en la atmósfera durante todo el año, aunque con valores muy bajos durante el periodo de julio a octubre. Las concentraciones mayores se producen durante el mes de febrero y con menos frecuencia en enero o marzo. No es raro que algunos años y en algunas estaciones se registren concentraciones altas ya en los meses de noviembre y sobre todo diciembre, coincidiendo siempre con periodos de tiempo seco y soleado.

A pesar de la diversidad de especies incluidas en el tipo polínico *Cupressaceae*, la mayoría del polen recogido pertenece al género *Cupressus*. La alta incidencia de este tipo polínico en la atmósfera de las ciudades es debida al gran uso que se hace de sus especies con fines ornamentales.

Respecto a las concentraciones atmosféricas capaces de inducir alergia tenemos los siguientes datos [(7)]:

6. Galán Labaca I, Cervigón Morales P. -2009- Epidemiología del asma primaveral por polen de gramíneas. In: Quirce S, Quiralte J. (Eds.). Las bases alérgicas del asma. Capíitulo VI: 67-77. MRA ediciones.

7. Belmonte J, Canela M, Guardia R, Guardia RA, Sbai L, Vendrell M, Cariñanos P, Díaz de la Guardia C, Dopazo A, Fernández D, Gutiérrez M, Trigo MM. -2000- Aerobiological dynamics of the Cupressaceae pollen in Spain 1992-1998. Polen 10: 27-38.

- Concentraciones diarias inferiores a 20 granos de polen/m^3. No se espera que produzcan reacciones alérgicas.

- De 20 a 100 granos de polen/m^3. Podrían ocasionar problemas en pacientes muy sensibilizados.

- Por encima de los 100 granos de polen/m^3. El polen ocasiona claramente una respuesta alérgica.

En las localidades donde abunda el polen de Cupresáceas pueden superarse los 100 granos de polen/m^3 entre 15 y 45 días, dependiendo de los años.

De alergenicidad media o baja, es responsable de polinosis invernales en los países mediterráneos de Europa[5]. Alérgenos de diversos géneros de este tipo polínico (*Cupressus, Juniperus, Thuja, Taxus, Cryptomeria*), presentan reactividad cruzada. En España, los datos de sensibilización a este tipo polínico, varían del 1% en Zaragoza y Vigo, al 35% de Córdoba. Las diferencias obedecerían más a las dificultades de estandarización de los extractos que a diferencias reales de prevalencia de esta polinosis [8].

Los alérgicos al polen de Cupresáceas presentan sobre todo rinitis y conjuntivitis y con poca frecuencia asma. Parece que la sensibilización a este tipo polínico ha sido subestimada, ya que los síntomas, en época invernal, pueden malinterpretarse como infecciones virales o trastornos intrínsecos. Por otro lado, hay evidencias de que el aumento del polen en la atmósfera, lleva aparejado el incremento de la polinosis a Cupresáceas.

Tipo polínico *Olea*

Se incluye en este tipo polínico el polen producido por los olivos, *Olea europaea* L. Tanto el olivo silvestre o acebuche, como el cultivado, viven en todas las regiones del Mediterráneo y zonas próximas. Se encuentran en Baleares y en la Península. Indiferente edáfico, aguanta muy bien el calor, pero es sensible al frío. También se utiliza como árbol ornamental. Parece ser que olivo y acebuche son plantas de polinización mixta, anemófila (predominante) y secundaria por insectos.

El polen de olivo se detecta en la atmósfera de España desde abril hasta comienzos de julio y solo algunos años comienza a aparecer en los últimos días de marzo. El mes de mayor incidencia suele ser mayo, con menos frecuencia junio y raramente abril. El polen de olivo puede alcanzar concentraciones atmosféricas elevadas, sobre todo en las zonas olivareras de Andalucía. En algunas zonas de Córdoba y Jaén las concentraciones medias diarias pueden superar los 1.000 granos de polen por metro cúbico de aire y durante más de treinta días las concentraciones diarias superan los 50 granos/m^3. Las concentraciones atmosféricas de este polen pueden presentar amplias variaciones interanuales.

La alergenicidad del polen de olivo es muy alta. Es uno de los aeroalérgenos más importantes en los países mediterráneos de Europa [5] y presenta reactividad cruzada con el polen de otras oleáceas. En las zonas de alta exposición a este polen el porcentaje de

8. Luengo Sánchez O. -2002- Cupresáceas. Cupressaceae. In: Polinosis. Polen y alergia. MRA ediciones S. L. Laboratorios Menarini S. A. Barcelona (España), pp. 139-42.

sensibilización en los pacientes polínicos suele ser del 30-40%, asociada en un 80% a otros tipos de polen.

Tipo polínico *Platanus*

Al tipo polínico *Platanus* se adjudican los granos de polen producidos por las distintas especies del género que incluye unas 6-7 especies de grandes árboles caducifolios que viven en las zonas de clima templado del hemisferio norte. En nuestras ciudades, la especie más frecuente es *Platanus hispanica* Miller ex Münch "plátano de paseo o plátano de sombra", profusamente cultivado en parques, jardines y formando alineaciones en paseos y carreteras. No se conoce en estado espontáneo, pero puede aparecer asilvestrado en sotos y riberas, sobre suelos frescos y fértiles.

El polen de *Platanus* está presente en la atmósfera de toda España durante un periodo muy corto, que generalmente comprende el mes de marzo y la primera quincena de abril. Algunos años puede hacer acto de presencia en los últimos días de febrero, y en ciudades como Barcelona su época de presencia atmosférica se alarga hasta mayo, junio o incluso más. La información aerobiológica a nivel nacional y regional pone de manifiesto grandes diferencias en la incidencia de este tipo polínico, así en Barcelona, Madrid y Sevilla, es el tipo polínico mayoritario o casi, mientras que en Almería, Cartagena, Cádiz, Málaga, Oviedo, las cantidades son tan bajas, que simplemente nos indican su presencia en la época correspondiente.

Como el periodo de floración del plátano suele ser corto, también lo es su presencia atmosférica.

Generalmente el pico de concentración se registra a los 2-3 días de su aparición. Además, no suele haber más de diez días al año con concentraciones superiores a 100 granos/m^3. Las concentraciones medias diarias durante el periodo de polinización pueden alcanzar cifras muy elevadas, superándose en muchas ocasiones los 1.000 granos de polen/m^3 de aire.

Este tipo polínico ha sido considerado por numerosos autores como moderadamente alergénico. En España, los datos clínicos sobre sensibilización a este polen son muy dispares. En Barcelona es responsable del 3-6% de sensibilizaciones, mientras que en Toledo este porcentaje se eleva al 50%. En Madrid, parece que el 28% de pacientes afectados de polinosis muestra síntomas claramente relacionados con la exposición a este polen.

Tipo polínico *Betula*

Incluye el polen producido por las diferentes especies del género *Betula* (abedules). Los abedules se distribuyen por Asia, casi toda Europa y norte de la Península Ibérica, entre 1.000 y 2.000 metros de altitud. Vive preferentemente sobre suelos ácidos, húmedos y fríos, como bordes de ríos arroyos y torrenteras, trampales y laderas húmedas de zonas montañosas. Los abedules se utilizan en repoblaciones y como plantas ornamentales.

Florecen en primavera, de abril a mayo. El polen de abedul está presente en la atmósfera de España en cantidades siempre bajas, durante los meses de marzo a mayo y alcanza las concentraciones más altas en la segunda quincena de marzo y abril.

Únicamente en Galicia (Santiago de Compostela, Lugo, Orense, Vigo) se alcanzan concentraciones medias diarias superiores a los 100 granos/m^3. En el resto de localidades de la mitad norte las concentraciones diarias en raras ocasiones sobrepasan los 50 granos/m^3 [9]. Los niveles atmosféricos del polen de abedul en el norte de España, comparados con los alcanzados en el norte de Europa, son bajos o muy bajos.

La alergenicidad del polen de *Betula* es alta, ya que concentraciones superiores a los 30 granos/m^3 pueden provocar síntomas y por encima de 80 granos/m^3 el 90% de los alérgicos a este polen presenta sintomatología severa. Se considera la principal causa de polinosis en las regiones del norte y del centro de Europa [5], pero en España solo tiene interés como aeroalérgeno en Galicia y la franja norte de la península. En España entre el 13% y el 60% de los alérgicos al polen dan reacción positiva a los alérgenos del polen de abedul [10].

Tipo polínico *Urticaceae*

Familia de plantas herbáceas, anuales o perennes, representada en España por los géneros *Urtica* y *Parietaria*, cuyas especies son muy frecuentes en fisuras y pie de muros, caminos y terrenos baldíos. Mediterráneas, ruderales y preferentemente de entorno urbano, crecen desde el nivel del mar hasta los 1000 m de altitud.

Las urticáceas presentan un extenso periodo de floración, de febrero a noviembre, por lo que, en consecuencia, su presencia atmosférica es muy prolongada pero las concentraciones diarias son generalmente bajas y no suelen superar los 200 granos de polen/m^3. El polen de *Parietaria* es muy alergénico, mientras que el de *Urtica* tiene escasa importancia en la polinosis [11]. En el área mediterránea, principalmente en las zonas próximas a la costa [12] el polen de *Parietaria* es un relevante aeroalérgeno. El umbral de activación de síntomas parece situarse en los 30 granos de polen/m^3.

4. Origen del polen atmosférico

El polen que llega a la atmósfera procede principalmente de plantas de polinización anemófila. La cantidad de polen presente en el aire depende de la composición, la fenología y la producción polínica de la vegetación local, origen de la emisión del polen, de características propias de los granos de polen que determinan su capacidad para permanecer suspendidos (tamaño, peso, forma) y además, de la dinámica atmosférica y de los factores meteorológicos, que condicionan el transporte y permanencia del polen y por tanto sus niveles de inmisión o concentración en un momento y lugar determinado.

9. Jato V, Aira MJ, Iglesias M I, Alcazar P, Cervigón P, Fernández D, Recio Ruiz L, Sbai L. -2000- Aeropalynology of birch (Betula sp.) in Spain. Polen 10: 39-49.

10. Aira MJ, Ferreiro M, Iglesias MI, Jato MV, Marcos C, Varela S, Vidal C. -2001-Aeropalinología de cuatro ciudades de Galicia y su incidencia sobre la sintomatología alérgica estacional. In: Moreno Grau, S., Elvira Rendueles, B. & Moreno Angosto, J. M. (eds.). Libro de textos completos/Book of complete texts. XIII Simp. APLE. Serv. Publ. Univ. Politéc. Cartagena: 105-14.

11. D'Amato G, Rufilli A, Ortolani C. -1991- 14: Allergenic significance of Parietaria (Pellitory-of-the-wall) pollen. In: D'Amato, G., Spieksma, F. Th. M. & Bonini, S. (Eds.). "Allergenic pollen y pollinosis in Europe", pp. 113-8. Blackwell Scientific Publications.

12. Cvitanovic, S. -1999- Allergy to Parietaria officinalis pollen. Croat. Med. J. 40(1): 42-8.

Casi todas las estaciones de muestreo están situadas en ciudades y en pocos casos en ubicaciones semiurbanas o rurales. En la atmósfera urbana de España, suelen identificarse entre 50 y 70 tipos polínicos diferentes, que podemos agrupar como procedentes de árboles, arbustos o plantas herbáceas. El polen producido por los árboles suele representar alrededor del 80-90% del total de polen anual (*Platanus, Cupressaceae/Taxaceae, Quercus, Olea*), seguido por el procedente de plantas herbáceas (Gramíneas, *Plantago, Rumex*) cuyo porcentaje puede variar entre el 15-5%. El polen procedente de plantas arbustivas (*Ericaceae, Sambucus*) suele ser muy escaso y representa entre un 1-5% del polen total (Fig. 4). Generalmente el polen producido por los árboles ornamentales, es el que alcanza mayores concentraciones atmosféricas en el aire de nuestras ciudades (*Platanus, Cupressaceae/Taxaceae, Acer, Populus, Casuarina*).

La mayor parte del polen recogido en un captador tiene su origen en la flora próxima, lo que explica las diferencias observadas para un determinado tipo polínico en estaciones situadas relativamente cerca (Tabla 1). Se ha estimado que los datos obtenidos en una estación de medición son válidos para un área de 30 kilómetros [13].

Los datos recogidos en las tablas 1 y 2 sugieren que los datos cuantitativos (niveles de concentración), que no los de estacionalidad, no pueden ser extrapolados a regiones amplias, ya que están condicionados por la vegetación próxima al captador y en el medio urbano cobra gran importancia la presencia/ausencia de árboles ornamentales (cupresáceas, plátanos de paseo). Este hecho debe tenerse en cuenta cuando se utilizan datos aerobiológicos de una sola estación para construir modelos de predicción o informar del riesgo de

Figura 4. Red PALINOCAM. Datos del año 2009. Porcentaje de polen procedente de árboles, arbustos y plantas herbáceas. Valores promedio de todas las estaciones de la red (1) y de la estación de situada en el centro urbano de Madrid [2].

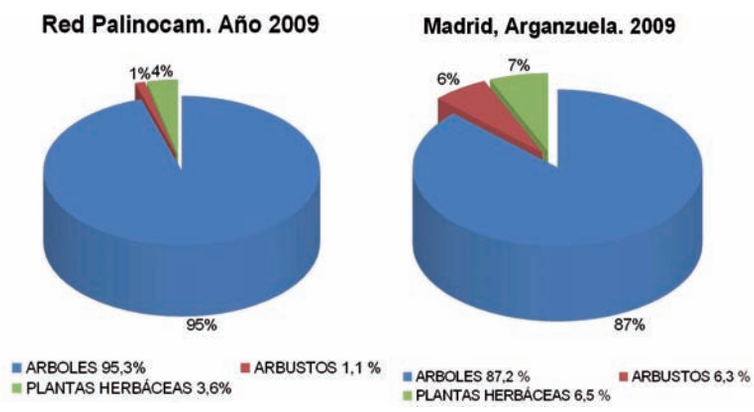


Tabla 1. Total anual, porcentaje de representación, concentración máxima diaria y fecha de registro (Día pico) para el tipo polínico Platanus en las 11 estaciones de la red Palinocam. Datos del año 2009.

ESTACIONES	TOTAL (IPA)	%	[] MAX	DÍA PICO
Alcalá de Henares	90.146	63,13	14.593	24-mar
Alcobendas	671	2,55	150	24-mar
Aranjuez	11.424	21,18	1.876	24-mar
Coslada	1.084	2,02	586	24-mar
Ciudad Universitaria	20.816	43,97	3.720	24-mar
Getafe	24.070	38,19	3.502	20-mar
Leganés	14.071	30,87	2.049	21-mar
Madrid, Arganzuela	2.862	17,86	418	19-mar
Las Rozas	5.386	8,46	801	24-mar
Bº de Salamanca	7.409	22,01	983	21-mar
Villalba	1.082	2,12	138	3-abr

13. Katelaris CH, Burke TV, Byth K. -2004- Spatial variability in the pollen count in Sydney, Australia: can one sampling site accurately reflect the pollen count for a region? Ann Allergy Asthma Immunol 93(2): 131-6.

exposición en áreas mucho más amplias que la de representatividad de los resultados de la estación, ya que existe el riesgo de sobreestimar o subestimar la posible exposición a los alérgenos del polen.

5. Información sobre aeroalérgenos en España (Control de riesgos ambientales)

La evidente relación entre la carga alergénica del aire que respiramos y los episodios alérgicos determina que desde el punto de vista de la Salud Pública interese conocer la concentración atmosférica de aeroalérgenos y su evolución estacional, como indicativos del riesgo de exposición de los pacientes alérgicos. Esto ha determinado un notable incremento de la demanda de información aerobiológica, por parte de la población afectada y de los profesionales sanitarios implicados en su diagnóstico y tratamiento.

Tabla 2. Valores extremos y medios de polen total anual (PTA), % de representación y valores extremos de concentración máxima diaria, para el tipo polínico Platanus en las estaciones de la Red Palinocam (Años 1994-2009)

Incidencia ALTA	PTA min.-PTA max.	Promedio	%	[ ] min.-max.
Alcalá de Henares	1.731-53.273	22.811	35,30	320-12.917
Ciudad Universitaria	912-28.196	10.536	23,37	156-4.936
Barrio de Salamanca	1.702-17.400	9.426	22,81	75-4.265
Aranjuez	1.395-22.219	9.255	23,30	279-3.757
Incidencia MEDIA				
Getafe	851-14.550	6.356	18,90	103-2.043
Leganés	681-8.210	3.457	14,59	142-1285
Incidencia BAJA				
Coslada	184-3.901	1.744	3,99	28-708
Alcobendas	212-5.953	1.576	4,06	23-1.246
Villalba	52-1.490	519	1,38	9-233

La atención a esta demanda ha sido uno de los motivos del considerable incremento de las estaciones de muestreo de aeroalérgenos, que analizan diariamente el polen atmosférico en casi todas las ciudades importantes de Europa y que se han organizado en redes de ámbito regional, nacional e internacional.

Los datos de presencia atmosférica de polen y esporas se obtienen de la siguiente manera. Cada estación aerobiológica, equipada con un captador volumétrico tipo Hirst, realiza un muestreo continuo de las partículas atmosféricas. Para cada día obtenemos una muestra, que es una preparación microscópica, que un técnico debe analizar al microscopio óptico (M.O.), identificando y contando, tanto los granos de polen como las esporas fúngicas presentes en la muestra. La identificación se basa en la morfología de estas partículas, que es específica de determinados grupos de plantas u hongos productores; como resultado del análisis de cada muestra obtenemos una relación de tipos morfológicos de polen o esporas (espectro diario) cuantificados mediante el valor medio diario de estas partículas por metro cúbico de aire. Es un análisis costoso, que no puede realizarse de forma automática y que requiere cada día varias horas de trabajo de un técnico de laboratorio con formación específica.

España es, en este momento, uno de los países europeos con más estaciones de control aerobiológico de polen y esporas de todo el continente (Figura 5). En algunas regiones, la administración (consejerías de Sanidad, de Medio Ambiente, Educación) se ha implicado en atender esta demanda, promoviendo y financiando el desarrollo de redes de control de alérgenos en sus respectivos territorios.

En 1992 la Consejería de Sanidad, de la Comunidad de Madrid, puso en marcha el Programa de Prevención y Control del Asma, cuyo subprograma de vigilancia de la contaminación atmosférica se planteó como objetivo la creación de una red de control de aeroalérgenos en la Comunidad. Para ello se puso en marcha la Red PalinoCAM que comenzó a generar datos en 1993, y fue la primera red en España que se desarrolló inserta en una estrategia de salud pública[14].

6. Determinantes ambientales de la salud relacionados con la vulnerabilidad ante la contaminación polínica. Delimitación de la población en riesgo y los colectivos especiales

Una vez conocido el efecto en la salud de la población, es necesario considerar la importancia, a la hora de establecer determinantes ambientales, de la existencia de sistemas integrados, de vigilancia y control de las concentraciones polínicas por un lado y de difusión efectiva de la información aerobiológica generada por otro.

Dado que en cualquier territorio, la vegetación y el espectro polínico atmosférico están directamente relacionados, parece fundamental si se quiere planificar una buena estrategia desde el punto de vista de salud pública, considerar la variabilidad regional en nuestro país, tanto aerobiológica (diversidad y estacionalidad del polen atmosférico), como epidemiológica, es decir población alérgica de cada región e identificación de la población potencialmente sensible a los alérgenos ambientales en cada época del año.

La necesidad de difusión de la información generada por las redes aerobiológicas se hace indispensable en cualquier estrategia de salud pública, en su doble papel: información y prevención. La información generada debe ser puesta a disposición de dos sectores fundamentales, que son:

- El sistema sanitario para conocer de primera mano el impacto de los valores de polen ambiental en la salud poblacional, que deberá tener sus propios canales de difusión de la información:

Figura 5. Estaciones aerobiológicas integradas en la Red Española de Aerobiología (REA)

14. Aránguez Ruiz E, Ordóñez Iriarte JM. -2001- La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid. Documentos Técnicos de Salud Pública nº 70: 37-48. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad. CAM.

- asistencia primaria, primer nivel de atención, directamente accesible para el paciente.

- asistencia especializada

- hospitales, servicios diana que son alergología, neumología y urgencias, como principales receptores de la información

○ La población diana, los pacientes afectados de polinosis, que deben conocer dichas concentraciones polínicas para adoptar las medidas individuales necesarias.

○ La difusión al público en general es de gran valor, siendo Internet el canal que más posibilidades ofrece junto con el envío de información por correo electrónico y de sms. Además de la difusión a las sociedades y asociaciones científicas y profesionales, los medios de comunicación representan un canal de información, que bien empleado es de gran utilidad para difundir la información aerobiológica.

No obstante, en relación a los aspectos aquí considerados, nos encontramos con algunas dificultades o puntos críticos:

- Establecimiento de escalas o niveles de polen, para cada tipo polínico alergénico y región peninsular, basadas en las series de polen locales y establecidas según criterios aerobiológicos.

- Categorización de tipos polínicos teniendo en cuenta la alergenicidad de cada uno de ellos, considerando la mayor o menor incidencia en la población alérgica, y basándose en los datos de prevalencia epidemiológica.

- Identificación de la población de riesgo y colectivos especiales. La población especialmente sensible es aquella con asma alérgico diagnosticado, con polinosis, rinitis/rinoconjuntivitis, con enfermedades respiratorias previas.

- Conocer y predecir los niveles de polen en el aire. La utilización de la predicción de las concentraciones diarias de polen debe ser una herramienta más a la hora de dar información aerobiológica, empleando modelos estadísticos basados en las propias series de polen, los factores meteorológicos y sus predicciones, junto con otros modelos geoestadísticos, sistemas de información geográfica y modelos de dispersión y dinámica atmosférica.

7. Cambio climático en España e impacto en el polen atmosférico

Los impactos del cambio climático en las enfermedades alérgicas respiratorias como el asma y la rinitis alérgica, a través de los aeroalérgenos inductores, polen y esporas de hongos, podría ser uno de los principales efectos indirectos del cambio climático en la salud pública.

Investigaciones recientes muestran que las plantas, como fuente de alérgenos clínicamente importantes, son particularmente sensibles al cambio climático. El incremento del CO_2 atmosférico parece que actúa como un fertilizante que favorece el crecimiento de las plantas. Esto unido al incremento de las temperaturas, podría ocasionar un aumento en la producción polínica y en la cantidad de alérgenos de los granos de polen, siempre que no se produzcan restricciones en la disponibilidad de

agua por el calentamiento y la disminución de las precipitaciones. Además, la elevación de la temperatura podría dar lugar a estaciones polínicas más largas, con las consiguientes variaciones en las fechas de inicio y finalización de la presencia atmosférica de los diferentes tipos polínicos.

Los cambios climáticos regionales, podrían originar cambios en la distribución de las plantas productoras de polen alergénico y modificaciones en la circulación atmosférica de partículas, entre ellas, el polen y las esporas presentes en el polvo atmosférico. Esto podría dar lugar a su presencia en nuevas áreas, donde la población quedaría expuesta a nuevos alérgenos. El cambio climático también parece tener incidencia en la concentración de los contaminantes

Tabla 3. Resultados del análisis estadístico de la evolución temporal del Indice de Polen Anual (IPA).

Tipo de polen	Estación	Años	IPA	SD	slope	SE	p	R2
Cupress Taxaceae./	Alcobendas	1994-2009	9.345	5.606	-117,37	313	0,713	0,010
	Alcalá	1994-2009	5.666	256	316,93	116	0,016	0,348
	Aranjuez	1994-2009	4.946	2.778	351,28	124	0,010	0,363
	C. Universitaria	1994-2009	8.765	5.276	-506,55	263	0,075	0,209
	Coslada	1994-2009	9.591	5.618	-97,30	314	0,760	0,007
	Getafe	1994-2009	5.396	3.447	312,79	131	0,031	0,290
	Leganés	1994-2009	4.039	2.763	312,79	131	0,031	0,290
Olea	Alcobendas	1994-2009	2.640	1.856	-157,48	95	0,121	0,163
	Alcalá	1994-2009	2.070	1.147	55,08	63	0,395	0,052
	Aranjuez	1994-2009	3.079	1.334	19,43	75	0,213	0,799
	C. Universitaria	1994-2009	1.685	1.116	-98,98	57	0,103	0,178
	Coslada	1994-2009	1.861	1.386	68,29	76	0,382	0,055
	Getafe	1994-2009	2.272	1.129	28,03	63	0,663	0,014
	Leganés	1994-2009	1.864	1.322	75,76	71	0,306	0,074
Platanus ssp.	Alcobendas	1994-2009	1.545	1.375	8,06	77	0,918	0,001
	Alcalá	1994-2009	27.019	24.852	2.616,09	1.207	0,048	0,251
	Aranjuez	1994-2009	9.508	6.537	-822,48	294	0,014	0,359
	C. Universitaria	1994-2009	11.172	7.611	-524,60	404	0,215	0,328
	Coslada	1994-2009	1.595	1.022	-70,36	54	0,215	0,107
	Getafe	1994-2009	7.463	5.949	776,54	262	0,010	0,386
	Leganés	1994-2009	4.120	3.513	329,67	176	0,083	0,200
Poaceae incl. cerealia	Alcobendas	1994-2009	3.602	2.090	-121,03	113	0,301	0,276
	Alcalá	1994-2009	3.240	1.142	38,04	63	0,557	0,159
	Aranjuez	1994-2009	2.674	1.110	18,01	62	0,776	0,077
	C. Universitaria	1994-2009	3.289	2.319	-120,14	126	0,357	0,061
	Coslada	1994-2009	3.787	2.384	-223,21	120	0,083	0,446
	Getafe	1994-2009	3.674	1.533	35,46	86	0,685	0,012
	Leganés	1994-2009	3.024	1.865	72,32	103	0,494	0,034
Urticaceae	Alcobendas	1994-2009	463	295	-37,25	13	0,014	0,361
	Alcalá	1994-2009	836	216	-0,06	12	0,996	0,000
	Aranjuez	1994-2009	878	709	-84,69	33	0,022	0,323
	C. Universitaria	1994-2009	471	219	-25,39	10	0,027	0,303
	Coslada	1994-2009	527	357	-44,90	16	0,014	0,358
	Getafe	1994-2009	771	281	15,80	15	0,317	0,072
	Leganés	1994-2009	393	215	-0,89	12	0,943	0,000

atmosféricos, que en conjunción con los aeroalérgenos puede exacerbar el asma y otros trastornos respiratorios.

Las evidencias y detalles sobre estos impactos han sido revisados recientemente por Beggs [15], que señala como principales los cambios en la producción de polen y por consiguiente en sus concentraciones atmosféricas; cambios en la estacionalidad, es decir en las fechas de inicio y final de la estación polínica, y en su duración total; cambios regionales determinados por cambios en la distribución espacial de las plantas productoras; cambios en la alergenicidad del polen inducidos por la interacción con otros contaminantes atmosféricos. Los impactos sobre las esporas fúngicas serían similares.

Respecto a los cambios en la producción de polen, muchos estudios se centran en el análisis de la evolución temporal del "índice de polen anual (IPA)"un parámetro de uso general por los aerobiológos que se define como la suma de las concentraciones medias diarias de polen durante todo el año. Recientemente [16] hemos realizado el análisis de tendencias del IPA, para los principales tipos polínicos alergénicos, en siete estaciones de la Red PalinoCAM, durante el periodo 1994-2009 (16 años). Los resultados (Tabla 3) muestran que la tendencia a aumentar o disminuir el IPA solo fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en once casos de los 35 analizados. Para el polen de ciprés se observa una clara tendencia a aumentar en cuatro de las siete estaciones, la cantidad anual de polen de olivo y gramíneas se muestra estable en todos los casos, y el polen de urticáceas muestra tendencia negativa en cuatro de las siete estaciones. El polen de plátano tiende a aumentar en dos estaciones y a disminuir en una. Las variaciones afectan por tanto al polen procedente de los árboles ornamentales y al polen de urticáceas.

También los resultados de otros estudios similares muestran una gran variabilidad en las tendencias del índice de polen anual, aunque generalmente tiende a aumentar en el polen de procedencia arbórea y menos el procedente de las plantas herbáceas. Es importante considerar para valorar estos resultados, la procedencia del polen, de la vegetación natural o de la flora ornamental y el entorno, rural, semirural o urbano. En los últimos tiempos, algunos árboles (por ejemplo, *Cupressaceae*) han sido muy utilizados como plantas ornamentales en las ciudades, y por lo tanto su tendencia a aumentar estaría determinada principalmente por esto.

La estación polínica, o época de presencia atmosférica de un determinado tipo polínico, depende principalmente de la fenología de la floración de las plantas productoras. La fenología de las plantas, el calendario de las sucesivas fases de su ciclo de vida (por ejemplo, inicio del desarrollo vegetativo, floración) es generalmente sensible a la temperatura y, siempre que no haya limitaciones en la disponibilidad de agua, suele responder claramente al calentamiento global. Diversos autores han tratado de poner en evidencia cambios temporales en el transcurso

15. Beggs PJ. -2010- Adaptation to Impacts of Climate Change on Aeroallergens and Allergic Respiratory Diseases. Int. J. Environ. Res. Public Health 7: 3006-21.

16. Luján Núñez C, Gutiérrez Bustillo AM, Cervigón Morales P. -2010- Pollen season severity variations in the region of Madrid, Spain (1994-2009). The 9th International Congress on Aerobiology "Expanding Aerobiology" Buenos Aires (Argentina). Abstracts p. 78.

de la estación polínica, analizando las series de datos aerobiológicos disponibles y observando, con distinto grado de significación, las respuestas de los diferentes taxones a las situaciones particulares de cada área de estudio. Para describir la estación polínica se utilizan generalmente, las fechas de inicio y final, la concentración máxima diaria alcanzada y el día que se produce (día pico) del periodo de polinización principal (PPP), que puede calcularse con diferentes criterios, lo que puede influir en los resultados obtenidos.

En un reciente artículo[17], que analiza el inicio, el día pico y la severidad de la estación polínica de las gramíneas en Andalucía, con datos de ocho estaciones y un número de años que varía según la estación, pero que comprende el periodo 1982-2008, los resultados mostraron un adelanto en el inicio y en el día pico de la estación polínica y un aumento en el índice anual de polen y en la severidad de la estación (nº días que se superan los 25 granos de polen/m^3 polen).

En general, no se observa el adelanto esperado en los períodos de polinización, sino que observamos en algunos casos adelanto y en otros retraso, con poca significación. Es necesario hacer notar que en España las series temporales de datos aerobiológicos disponibles no son todavía suficientemente largas (veinte años o algo más, en el mejor de los casos) para que los resultados de estos análisis sean significativos.

Por el momento, en España no tenemos evidencias de que se hayan producido cambios importantes en la diversidad del espectro polínico nacional, ni de la aparición de tipos polínicos hasta ahora ausentes de nuestra atmósfera, en cambio sí existen evidencias de episodios aislados de elevadas concentraciones de polen de *Fagus* (haya) en Cataluña ocasionados por el transporte a larga distancia[18]. El estudio retrospectivo de lo sucedido esos días mediante modelos de dispersión y fuente-receptor, mostró que la zona más probable de las emisiones responsables de los picos de polen en Cataluña se situaba en un área de Europa que comprende desde el norte de Italia hasta el centro de Alemania.

También en Canarias se ha realizado un estudio sobre transporte de polen a largas distancias[19] cuyos resultados evidencian varios tipos de episodios de transporte de pólenes extra-regionales hacia Tenerife. Los principales orígenes son: 1) desde regiones del Mediterráneo, especialmente desde el sur de la Península Ibérica y desde Marruecos a través de vientos de componente este. Estos episodios se caracterizaron por la presencia de tipos polínicos arbóreos; 2) transporte desde el sector sahariano en la capa límite marina, principalmente de polen procedente de plantas herbáceas; y 3) desde el Sahel, como episodios de baja frecuencia asociados a sistemas de altas presiones sobre el norte de

17. García-Mozo H, Galán C, Alcázar P, Díaz de la Guardia C, Nieto-Lugilde D, Recio M, Hidalgo P, González-Minero F, Ruiz L, Domínguez-Vilches E. -2010- Trends in grass pollen season in southern Spain. Aerobiologia 26:157-69.

18. Belmonte J, Alarcón M, Ávila A, Scialabba E, Pino D. -2008- Long range transport of beech (Fagus sylvatica L.) pollen to Catalonia (north-eastern Spain). Int. J. Biometeorol. 52(7): 675-87.

19. Izquierdo R, Belmonte J, Ávila A, Alarcón M, Cuevas E, Alonso-Pérez S. -2011- Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands). Int J Biometeorol 55, 67-85.

África y caracterizados por concentraciones bajas de los tipos polínicos transportados. Algunos de estos tipos polínicos extra-regionales están entre los que causan las alergias más comunes, por lo que estos episodios esporádicos de transporte de polvo de largo alcance deberían ser considerados como factor de riesgo.

Por último mencionar los numerosos estudios que evidencian que la urbanización, los niveles elevados de contaminantes procedentes del tráfico y el estilo de vida occidental se correlaciona con una mayor incidencia de las afecciones alérgicas. Parece demostrado que los contaminantes pueden depositarse sobre los granos de polen e interactuar con los alérgenos, aumentando su alergenicidad. Además, el daño inducido por la contaminación atmosférica en las vías respiratorias y la alteración en la depuración mucociliar, puede facilitar el acceso de los alérgenos inhalados a las células del sistema inmunológico favoreciendo lo reacción alérgica. Además parece que los alérgenos liberados por el polen pueden unirse a las partículas de carbono procedentes de combustión y penetrar en las vías respiratorias de este modo.

8. Indicadores de vigilancia y propuestas de investigación e intervención

En la actualidad, se mencionan como principales diferencias entre el polen y las esporas fúngicas, respecto a los contaminantes, su influencia directa e inmediata en la salud pública y la limitación en la posibilidad de adoptar medidas de mitigación para disminuir el impacto negativo, ya que la emisión de estas partículas a la atmosfera es un fenómeno natural indisolublemente unido a la reproducción de plantas y hongos.

La ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, define «Contaminación atmosférica» como "la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza", pero excluye de su ámbito de aplicación a los "contaminantes biológicos" entre los que cabría incluir al polen. Es decir, en lo que se refiere al polen y las esporas atmosféricas, en ningún sitio existe una normativa que fije unos valores límite, objetivo o umbrales de alerta, por lo tanto las propuestas de investigación e intervención deberán ir dirigidas a posibilitar estrategias o medidas de adaptación, como:

- Vigilancia de aeroalérgenos, garantizando el funcionamiento continuado de las redes aerobiológicas que generan la información por dos razones importantes: una, para poder disponer de series temporales de datos suficientemente largas, que permitan realizar predicciones, analizar tendencias y evidenciar los posibles impactos del cambio climático en los alérgenos atmosféricos y dos, como sistema de información en salud a pacientes y profesionales sanitarios.
- Desarrollo y aplicación de sistemas de predicción local, a corto y medio plazo de diversos parámetros aerobiológicos como puede ser el inicio de la estación polínica o las concentraciones medias diarias, para los

tipos polínicos y las esporas fúngicas de mayor relevancia clínica (gramíneas, olivo, plátano, cupresáceas, *Alternaria, Cladosporium*) que permitan identificar situaciones de riesgo antes de que estas se produzcan y diseñar sistemas de alerta.

- Desarrollo y aplicación de modelos de dispersión y procedencia del polen y las esporas atmosféricas, para intentar conocer la trayectoria seguida por estas partículas desde su producción y emisión a la atmósfera, y su posterior dispersión y transporte. Este conocimiento es útil para conocer el riesgo de que se produzcan situaciones extremas como elevaciones bruscas o no habituales de la concentración atmosférica de determinados tipos polínicos ocasionadas por el trasporte desde otras regiones y que pueden constituir un riesgo de exposición para la población, a nuevos alérgenos.

- Desarrollo de estudios de epidemiología ambiental sobre las afecciones alérgicas respiratorias inducidas por polen y esporas, que consideren también factores meteorológicos y aeroalérgenos, para poner en evidencia que el cambio climático predicho puede ejercer su influencia en los aeroalérgenos y en las alergias respiratorias.

- Acciones encaminadas al control de las plantas productoras de polen alergénico, principalmente en dos direcciones:

  - limpieza y erradicación de los espacios urbanos de plantas herbáceas productoras de polen alergénico;

  - habida cuenta del importante aporte polínico de la flora ornamental a la atmosfera y el impacto que tiene en la calidad del aire y en la salud de un porcentaje elevado de la población, desarrollar iniciativas para que los responsables de la gestión de los espacios verdes urbanos consideren esto a la hora de planificarlos, modificarlos y mantenerlos.

- Estudios encaminados a mejorar la información y su difusión a pacientes y sectores asistenciales, sobre los riesgos ambientales debidos a los aeroalérgenos.

Agradecimientos:

A todos los coordinadores, vocales, dirección técnica, comité de expertos y becarios que, con gran profesionalidad, han trabajado desde sus comienzos en la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid.

3.1.8. Radiaciones ultravioletas y cambio climático. efectos en la salud

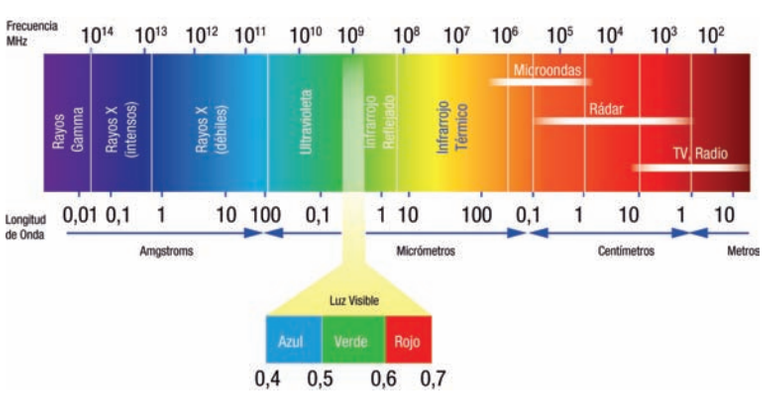
1.- La radiación ultravioleta

Los ecosistemas, al igual que los organismos, dependen del suministro de energía para su funcionamiento, que es lo mismo que decir para la vida. Prácticamente toda la energía necesaria para el desarrollo de la vida procede del sol. Esta energía solar viaja en forma de radiación electromagnética, es decir, como ondas o como partículas (fotones)[1].

A cada longitud de onda va asociada, en relación inversa, cierta energía y en el espectro solar, a la radiación comprendida entre las longitudes de onda de 0.4 a 0,7 µm, le corresponde el 42 % de la energía total; el 9 % pertenece al dominio ultravioleta y el restante 49 % al infrarrojo. La radiación de longitud de onda comprendida entre 0.4 y 0,7 µm es lo que se denomina luz solar o espectro visible[1] (Figura 1).

La radiación solar es un factor natural de gran importancia debido a que es necesaria para la fotosíntesis y porque modula el clima terrestre. Una de las regiones del espectro solar lo constituye la radiación UV.

Figura 1.-Espectro electromagnético. Fuente: Margalef[1]



La radiación UV pertenece a la parte de las radiaciones no ionizantes del espectro electromagnético y presenta un rango de longitud de onda entre 100 nm y 400 nm. La radiación UV se clasifica en tres bandas espectrales o regiones: UV-A (> 315-400 nm), UV-B (> 280-315 nm) y UV-C (> 100-280 nm). La radiación UV-C es absorbida totalmente en la parte alta de la atmósfera por el oxígeno y por moléculas de ozono. La mayor parte de la radiación UV-B es absorbida en la estratosfera por el ozono. Por tanto, a la superficie terrestre llega radiación UV compuesta en su mayoría por radiación UV-A y solo una parte pequeña de la radiación UV-B, que es la biológicamente perjudicial para el hombre[2].

La intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre depende de varios factores entre los que el ozono estratosférico es el más importante ya que es el principal absorbente de la radiación UV-B. Otros factores son la elevación solar que es el ángulo que define el horizonte con la dirección del sol: cuanto más alto está el sol en el cielo, más intensa es la radiación UV; la altitud, ya que la radiación UV aumenta con la altitud debido a que la cantidad de absorbentes en la atmósfera decrece con la altura; las nubes y el polvo, que reducen la cantidad de radiación UV y la reflexión que depende de las propiedades de la superficie: la nieve reciente puede reflejar hasta un 80 % de la radiación UV; la arena seca de la playa el 15 % y la espuma del agua del mar el 25 %[3].

2.- Agotamiento de la capa de ozono y cambio climático: impactos en la radiación UV

La cantidad de radiación UV recibida en la superficie de nuestro planeta tiene importantes implicaciones para la salud, para los ecosistemas terrestres y acuáticos, para los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, azufre…, para la calidad del aire, etc.

El incremento de la cantidad de radiación UV debido al agotamiento de la capa de ozono fue observado durante las décadas de los años 1980 y 1990, sobre todo en las latitudes más altas (por encima de los 60°), donde el agotamiento de la capa de ozono era más acusado, pero también entre los 30 y 60º de latitud, en ambos hemisferios.

A partir de ahí y gracias a la rápida toma de decisiones que se concretaron en el Protocolo de Montreal adoptado en el año 1987 [(4)], se pudo poner coto a las sustancias que agotaban la capa de ozono, lo que provocó no solo que no siguiese debilitándose sino que comenzase, con el paso de los años, a recuperarse y por tanto a evitar importantes incrementos de radiación UV en la superficie terrestre. Sin la aplicación del Protocolo de Montreal, se estima que para el año 2065 los valores máximos de radiación UV podrían haberse triplicado en las latitudes medias del hemisferio norte. Esto habría tenido graves consecuencias para el medio ambiente y la salud humana.

Sin embargo en un escenario de cambio climático, las radiaciones UV podrían verse modificadas por otro conjunto de variables como son los aerosoles, nubes, contaminación atmosférica, superficie de albedo, etc., lo que puede conducir a variaciones a escala regional.

El último informe publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) correspondiente al año 2010 titulado "Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change"[5] elaborado por el Grupo [de expertos] para la Evaluación de Efectos Ambientales (EEAP en sus siglas en inglés) concluye que hay una fuerte interacción entre el debilitamiento de la capa de ozono y cambios en el clima debidos a los gases de efecto invernadero. Además, el informe plantea que las previsiones de cambios a mejor para la capa de ozono y el incremento de nubes, puede llevar a una disminución de las radiaciones UV en las latitudes más altas; sin embargo, habría pequeños incrementos en las latitudes más bajas, donde ya las radiaciones son altas. Por último, el informe alerta de los efectos combinados de las radiaciones UV y el cambio climático, que podrían generar problemas de salud: para una misma exposición a radiaciones UV-B, las altas temperaturas contribuirían a desarrollar más cánceres de piel.

España, por su ubicación geográfica, se encontraría entre los países donde es previsible que aumenten las radiaciones UV[5].

3.- Efectos de las radiaciones UV en la salud

3.1. Beneficiosos para la salud

3.1.1. Síntesis de vitamina D_3

La mayor parte de la vitamina D_3 que necesitan los individuos la obtienen

mediante su síntesis a través de la exposición al sol. Obviamente hay alimentos que también contribuyen a satisfacer la demanda que el organismo necesita; es el caso del hígado, huevos, pescados grasos, margarina, leche…

Recientes estudios han puesto de manifiesto que la síntesis de vitamina D_3 en el verano no tiene efecto acumulador y por ello existe una débil relación con los niveles de esta vitamina en invierno.

La longitud de onda más eficiente para producir la provitamina D_3 es la que se encuentra entre 295 y 300 nm, con una máxima eficiencia en 297 nm y ninguna capacidad de inducir la reacción, por encima de los 315 nm[5].

La vitamina D_3 juega un papel relevante en la prevención del raquitismo en los niños y la osteomalacia y la osteoporosis en adultos. También juega un papel importante en la regulación de las respuestas inmunes y autoinmunes y en la prevención del cáncer colorrectal[5].

3.2. Perjudiciales para la salud

En los humanos, una exposición prolongada a la radiación UV solar puede producir efectos agudos y crónicos en la piel, los ojos y el sistema inmunitario. Las quemaduras solares y el bronceado son los efectos agudos más conocidos de la exposición excesiva a las radiaciones UV; a largo plazo, se produce un envejecimiento prematuro de la piel como consecuencia de la degeneración de las células, del tejido fibroso y de los vasos sanguíneos.

Es frecuente la creencia equivocada de que solo las personas de piel clara deben preocuparse de la exposición al sol. La incidencia de cáncer de piel es menor en personas con piel oscura porque tienen más melanina protectora, pero cuando aparece el cáncer de piel en este tipo de personas, se detecta en estadios más avanzados y por tanto más peligrosos.

Los efectos crónicos comprenden tres grandes problemas sanitarios: los efectos sobre la vista, los cánceres de piel y las afectaciones sobre el sistema inmunológico. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, el 20 % de las cataratas pueden haber sido causadas o agravadas por la exposición al sol. Además, cada año se producen en todo el mundo entre 2 y 3 millones de casos de cáncer de piel no melánico y aproximadamente 135.000 casos de cáncer de piel melánico. Los cánceres de piel no melánicos se pueden extirpar quirúrgicamente y rara vez son mortales; sin embargo los melanomas malignos contribuyen de forma sustancial a la mortalidad en las poblaciones de piel clara[5].

3.2.1. Efectos de la radiación UV solar en los ojos

a.- Cataratas

Los estudios epidemiológicos recientes señalan que existe una asociación entre la exposición a radiación UV-B y los tres tipos principales de cataratas relacionadas con la edad: subcapsular cortical, nuclear y posterior. Así como existen bastantes evidencias que avalan que la radiación UV es un factor de riesgo para el desarrollo de cataratas subcapsular cortical, no existen tantas evidencias en relación a las otras dos, la subcapsular nuclear y posterior[6].

b.- Melanoma ocular

El melanoma ocular es un tumor maligno que se forma a partir de las células melánicas o los melanocitos derivados de la cresta neural y que se encuentra a nivel ocular, de la piel y mucosas. El melanoma ocular afecta a los melanocitos de la conjuntiva (tumores externos) y a los del tracto uveal, esto es, iris, cuerpo ciliar y coroides (tumores intraoculares). El melanoma de coroides es el tumor intraocular más frecuente en el adulto y presenta una incidencia de 6 por millón en personas de piel clara y de 0,3 por millón en personas de piel oscura[6].

3.2.2. Efectos de la radiación UV solar en la piel

La piel es accesible a la radiación solar incidente y tiene una heterogeneidad estructural que permite la absorción de algunas longitudes de onda y la transmisión de otras. En esencia, la piel de los seres humanos está formada por dos compartimentos distintos, la epidermis y la dermis, separadas por una membrana basal.

La epidermis externa es un epitelio escamoso estratificado formada por la capa córnea superficial, el estrato granuloso, el estrato de Malpigio y la capa de células basales. Esta última contiene una población heterogénea de células entre las que se encuentran los queratinocitos y los melanocitos, que son residentes y, entre las células inmigrantes, están las células de Langerhans inmunológicamente activadas, los linfocitos, leucocitos polimorfonucleares, monocitos y macrófagos. La epidermis es un componente fundamental del sistema inmunitario[6].

El segundo componente fundamental de la piel es la dermis, que es relativamente grande y con menor densidad de población celular. Entre sus células hay fibroblastos, células endoteliales y células cebadas. También hay macrófagos y células de la inflamación muy diseminadas. A diferencia de la epidermis, la rica vascularización de la dermis le otorga un importante papel en la regulación térmica.

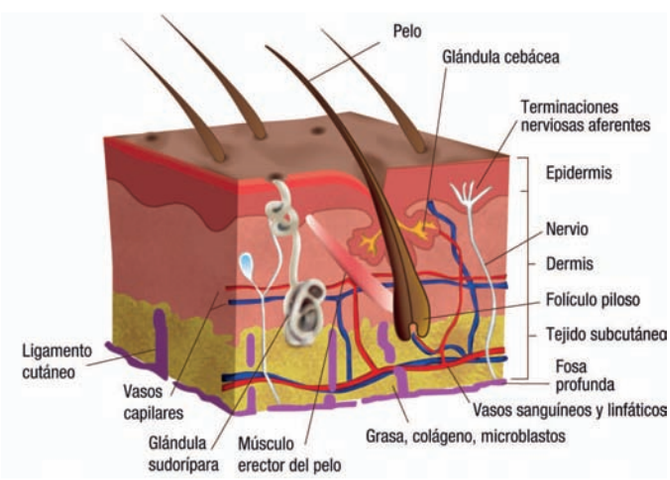
La epidermis y la dermis contienen varios cromóforos (sustancias absorbentes de fotones) capaces de establecer interacciones con la energía solar incidente. Estas interacciones son la reflexión, refracción, absorción y transmisión[6].

Efectos de la exposición solar aguda

a.- Eritema

El efecto agudo más conocido derivado de la exposición excesiva a la radiación UV es el eritema. Además, la mayoría

Figura 2.- Estructura de la piel humana. Fuente: Harrison[6]



de las personas adquirirán un bronceado como resultado de la estimulación de la producción de melanina que tiene lugar tras unos pocos días de exposición a la radiación UV. Otro efecto de adaptación menos evidente es el engrosamiento de las capas más externas de la piel que atenúa la penetración de la radiación UV a las capas más profundas. La duración del eritema está en relación con el tipo de piel[6].

La exposición crónica a la radiación UV ocasiona también varios cambios de tipo degenerativo en las células, el tejido fibroso y los vasos sanguíneos de la piel, como las pecas, nevus y lentigos.

En términos generales, la capacidad de una persona para tolerar la luz solar es inversamente proporcional a la pigmentación melánica. La melanina es sintetizada por células dendríticas epidérmicas especializadas denominadas melanocitos. Un solo melanocito puede proporcionar pigmento melánico a unos 36 queratinocitos y este grupo de células recibe el nombre de unidad melánica epidérmica.

La tolerancia a la exposición solar está en función de la eficiencia de la unidad melánica epidérmica. Dependiendo de esta tolerancia, es posible dividir a la población en seis tipos cutáneos o fototipos, desde el I (siempre se quema, nunca se broncea) al VI (nunca se quema, siempre se broncea) (Tabla 1)[7].

Esta es una clasificación que resulta de gran ayuda a la hora de estimar no solo el riesgo de una persona frente a la radiación solar, sino las medidas preventivas que debe adoptar para minimizar los riesgos de alteraciones agudas o crónicas por exposición a las radiaciones UV.

Tabla 1.-Tipo de piel y sensibilidad a las quemaduras solares. Fuente: Camps M, Aliaga A[7]

Fototipo	Tipo de piel	Color de piel	Riesgo de cáncer de piel	Fofoenvejecimiento
I	Siempre se quema y nunca se broncea	Piel muy clara y con pecas, pelo rubio y ojos claros	Alto	Intenso, prematuro
II	Se quema rápidamente y se broncea lentamente	Piel clara, sujetos rubios de piel sensible	Alto	Intenso, prematuro
III	Se quema moderadamente y se broncea gradual y uniformemente	Tez morena, piel clara de sensibilidad	Moderado	Moderado
IV	Se quema muy poco y se broncea bastante	Morenos de piel clara con ojos oscuros y cabellos oscuros	Bajo	Moderado o ligero
V	Rara vez se quema y se broncea intensamente	Piel poco sensible, tez morena oscura	Mínimo	Lento, gradual
VI	Nunca se quema y siempre se broncea	Raza negra y mulatos	Muy bajo	Lento, mínimo

Efectos de la exposición solar crónica: no malignos

a.- Fotoenvejecimiento

Las manifestaciones clínicas de la piel fotolesionada expuesta al sol consisten en arrugas, manchas, telangiectasias y un aspecto tosco e irregular, como de curtido por la intemperie. No está claro si estos cambios que algunos denominan fotoenvejecimiento o dermatoheliosis, representan una aceleración del envejecimiento cronológico o un proceso distinto. Tanto la epidermis como la dermis se ven afectadas.

Estos cambios morfológicos son característicos de la piel expuesta al sol de forma crónica[6].

b.- Enfermedades por fotosensibilidad

La luz puede causar o agravar muchos procesos cutáneos de origen genético (porfiria, albinismo, xeroderma pigmentosa, fenilcetonuria,…), metabólico (porfiria, pelagra,…), fototóxico (fármacos, plantas, alimentos), fotoalérgico (urticaria solar, fotoalergia medicamentosa, reacción lumínica persistente), idiopático (erupción lumínica polimorfa, hidroa estival,…). También provoca un agravamiento del lupus eritematoso, herpes simple, liquen plano actínico, acné vulgar o dermatitis atópica.

El papel de la luz en la producción de estas respuestas puede depender de las alteraciones genéticas que van desde los defectos bien conocidos en la reparación del ADN en el xeroderma pigmentoso a las alteraciones heredadas de la síntesis del hem que caracterizan a las porfirias. En algunas enfermedades por fotosensibilidad se ha identificado el cromóforo, aunque en la mayor parte siguen sin conocerse las sustancias que absorben la energía [(6)].

Efectos de la exposición solar crónica: malignos

a.- Cáncer no melánico

Dentro de los cánceres denominados no melánicos se incluyen fundamentalmente el carcinoma espinocelular y el carcinoma basocelular. Es el grupo de neoplasias malignas más frecuente en la raza blanca. Aparece generalmente en personas de edad avanzada y su pronóstico es bueno en la mayoría de los casos[8].

Según datos de la International Agency for Research on Cancer (IARC) para el periodo de tiempo desde el año 1978 a 2002, se observa en el mundo un marcado aumento de la incidencia de este tipo de cáncer en mujeres que casi se ha duplicado. En el caso de los hombres, las tasas máximas tienden a estabilizarse. Australia y Brasil son los países que presentan las tasas de incidencia más altas con valores de 167,2 para los varones y 89,3 para las mujeres, en el primero y 198,1 para varones y 177,1 para mujeres, en el segundo. Las tasas están expresadas por 100.000 habitantes[8].

En Europa, se observa también un aumento de la incidencia, sobre todo en mujeres. En mujeres, las tasas estandarizadas más altas se dan en Ginebra con un valor de 113 por 100.000 habitantes. Para los hombres los valores más altos se encuentran en Irlanda: 146,3 por 100.000.

El aumento progresivo de este tipo de cáncer cutáneo puede deberse a una

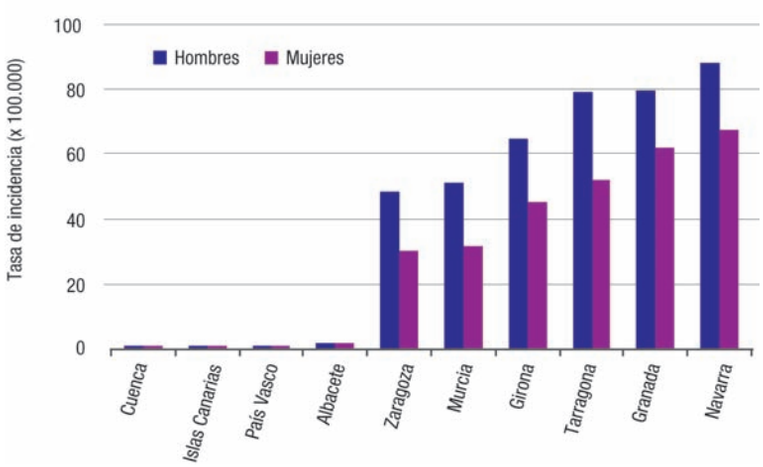
mayor exposición a la radiación UV, a que se desarrollan más actividades al aire libre, cambios en los estilos de vestirse y la mayor esperanza de vida.

En la Figura 3 se recogen los datos de incidencia para España extraídos de los registros de cáncer que recogen este ítem. Como se puede observar, la incidencia es mayor en varones que en mujeres y las tasas de incidencias son mucho mayores que las del cáncer melánico.

b.- Cáncer melánico

El melanoma es un tumor con un aumento anual de las tasas de incidencia que varía entre el 3 y el 7 % en los diferentes países de población caucásica. Con este incremento se estima que cada 10 o 20 años se duplica la incidencia, por lo que se trata de uno de los tumores malignos que más ha aumentado en la población blanca en los años finales del siglo XX. Igualmente es uno de los 10 tumores malignos más frecuentes en el mundo occidental, pero es raro en la mayoría de países de África, Asia y Suramérica[9].

Figura 3.- Tasa de incidencia del cáncer no melánico en los registros españoles (1998-2002). Fuente: Aceituno-Madera P *et al.*[8]



En general, la incidencia del melanoma aumenta en todo el mundo a medida que nos acercamos al Ecuador, de forma inversa a lo que ocurre en Europa. Según algunos autores[9] se puede deber a que tienen fototipos más bajos en el norte de Europa y se someten a exposiciones solares muy intensas en periodos vacacionales.

Según datos del año 2000, las mayores tasas de incidencia se observan en Australia y Nueva Zelanda, seguidas de América del Norte y Europa del norte. Dentro de Australia, Queensland es el estado que presenta las cifras más altas de incidencia de melanoma. Para los hombres la incidencia es de 55,8 por 100.000 habitantes y para las mujeres del 42,9. Con estas incidencias no es extraño que el melanoma en Australia se haya convertido en el cuarto tumor más frecuente en varones y el tercero en frecuencia en las mujeres[9].

Sin embargo, este aumento de incidencia de melanoma tanto en Australia como en otros países desarrollados se está produciendo a expensas de la población mayor de 50 años, mientras que en la población joven está disminuyendo. Los países del este, sur y suroeste de Asia son los que presentan las tasas de incidencia más bajas (Figura 4).

En Europa, se diagnostican aproximadamente 60.000 nuevos casos al año, lo que representa el 1% de todos los cánceres. Las cifras de incidencia son ligeramente superiores en mujeres que en varones. Además existe un gradiente Norte-Sur, de tal forma que las mayores tasas de incidencia corresponden a los países nórdicos. En el año 2000 las cifras, expresadas por 100.000 habitantes y ajustadas por la población europea eran: Suecia 19,6 en varones y 17,4 en mujeres; Noruega 14,3 en varones y

16,1 en mujeres; Finlandia 12,3 y 9,4; Holanda 11,6 y 14,3; Reino Unido 8,9 y 10,8; Irlanda 9,8 y 16,1. Los países del sur presentan cifras más bajas: Grecia 2,8 para varones y 3,9 para mujeres; Portugal 4,7 y 6,5; Italia 8,1 y 7,0.

Según datos publicados por la International Agency for Research on Cancer (IARC) para el periodo 1978-2002, en España se observa un progresivo aumento de la incidencia.

Los datos de los registros de cáncer de las comunidades autónomas y provincias que disponen de ellos, se recogen en la siguiente Figura 5. Las tasas están estandarizadas.

Como puede observarse, las tasas más altas las presentan las mujeres de Tarragona, Navarra, Murcia y País Vasco con unos valores de 8,7, 7,5, 6,6 y 6,6 respectivamente, por 100.000 habitantes. El valor más bajo se encuentra en Cuenca con 2 por 100.000 habitantes. Para los hombres, las cifras más altas se encuentran en Navarra, Murcia y Tarragona con 6,6, 6,5 y 6,4 por 100.000 habitantes. Las tasas de incidencia más bajas se encuentran en Cuenca, 3,3 y Asturias, 3,4.

En cuanto a la tasa de mortalidad de melanoma en España, es todavía una de las más bajas de Europa, probablemente debido al fototipo de pigmentación que presenta la población. Sin embargo, los incrementos que se están dando quizás reflejen cambios en los hábitos de exposición al sol entre la población española[10].

Efectos de las radiaciones UV solar sobre el sistema inmunológico

Cada vez existen más evidencias de que la exposición a las radiaciones UV, tanto a dosis bajas como agudas, provoca un efecto inmunodepresor sistemático. Así, además de su papel iniciador del cáncer de piel, la exposición al sol parece que puede reducir las defensas del organismo que se encargan de limitar el desarrollo de los tumores cutáneos[6].

Figura 4.- Tasa de incidencia mundial de melanoma en el año 2000. Fuente: Sáenz S *et al.*[9]

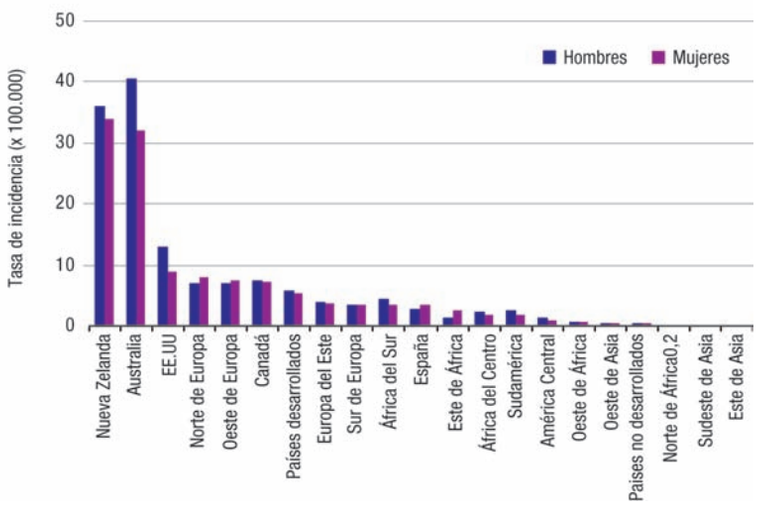
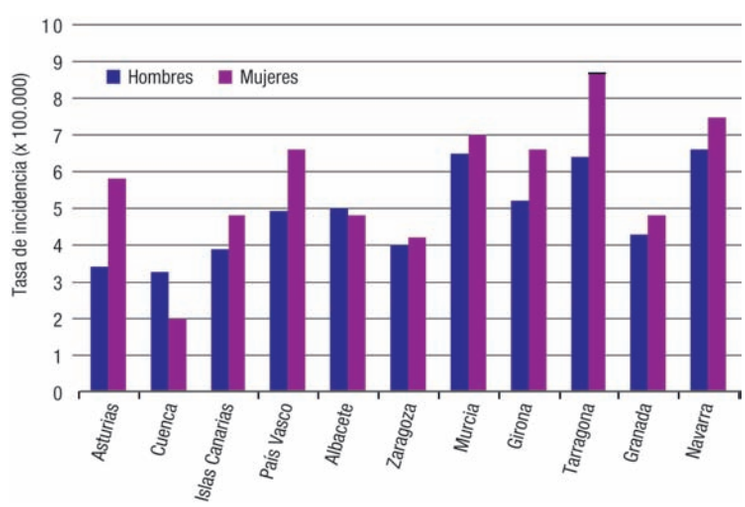


Figura 5.- Tasa de incidencia de melanoma en los registros españoles (1998-2002). Fuente: Aceituno-Madera *et al.*[8]



Por otro lado, también se verían afectadas las células responsables de desencadenar las respuestas inmunitarias en el ser humano. En consecuencia, la exposición al sol podría aumentar el riesgo de infecciones víricas, bacterianas, parasitarías y fúngicas. Una consecuencia relevante sería la reducción de la eficacia de las vacunas, lo que podría tener un gran impacto en términos de salud pública[6].

4.- Vigilancia de la radiación UV

El índice UV solar mundial (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación UV solar sobre la superficie terrestre. El índice se expresa como un valor superior a 0 y con un recorrido que va desde menos de 2 a más de 11; cuanto más alto, mayor es la probabilidad de que se produzcan efectos en salud (Figura 6).

Este índice es fruto del consenso de la Organización Mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Radiación No Ionizante[2].

Figura 6.- Categorías de exposición a la radiación UV. Fuente: O.M.S. Índice UV solar mundial. Guía Práctica[2]

Categoría de Exposición	Intervalo de valores del IUV
Baja	<2
Moderada	3 a 5
Alta	6 a 7
Muy alta	8 a 10
Extremadamente alta	11 +

Como consecuencia del consenso, se acepta no solo la escala sino también los colores indicativos de cada uno de los niveles.

En España, es la Agencia Española de Meteorología (AEMET) la que mide de forma continua el IUV en un total de 59 observatorios que tiene desplegados por todo el territorio.

Según los datos actuales, los hábitos personales de exposición al sol constituyen el factor de riesgo más importante de alteraciones ocasionadas por las radiaciones UV, de ahí que el IUV constituya un vehículo relevante para la salud pública en la medida en que es capaz de aumentar la concienciación de la población sobre los riesgos de la exposición excesiva a la radiación UV y advierte de la necesidad de adoptar medidas de protección.

España es un país que se encuentra en el sur de Europa pero que presenta grandes diferencias entre el norte peninsular y el sur insular; además es un país montañoso y tiene una gran extensión de costa. Todo ello hace que el índice UV a una hora determinada sea muy diferente de unos lugares a otros[3].

La Figura 7 muestra la distribución del IUV para toda España en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente, para cielos despejados y al mediodía. Se observa claramente una distribución latitudinal durante todo el año con valores más altos a medida que nos desplazamos hacia el sur. Esto es debido a dos efectos que se suman: por un lado, en la regiones más meridionales los rayos caen más perpendiculares a la superficie de la Tierra que en las regiones situadas más al Norte, y por otro, el contenido total de ozono en

columna también disminuye al desplazarnos hacia el Sur, siendo por tanto menor la absorción de la radiación UV en la estratosfera. También se puede observar una variación importante de la distribución espacial del IUV a lo largo del año[3].

El IUV más bajo se registra lógicamente en invierno en todas las regiones ya que el sol se encuentra más bajo y los rayos solares tienen que atravesar mayor porción de atmósfera y son más absorbidos. También se da la circunstancia de que el contenido de ozono estratosférico es mayor en invierno que en verano[3].

La variación diaria del IUV difiere según la latitud, la época del año y las condiciones locales (altitud de la estación, contenido de ozono en columna y de aerosoles, y cantidad y tipo de nubes). En las Figuras 8, 9, 10 y 11 se muestra la variación diaria del IUV en cuatro estaciones (A Coruña, Madrid, El Arenosillo -Huelva- e Izaña -Tenerife-), y para cuatro fechas representativas respectivamente de la primavera, el verano, el otoño y el invierno. Los valores de IUV son cero antes de la salida y después de la puesta del sol. Se alcanza el máximo al mediodía solar durante todo el año, y el valor de este máximo cambia a lo largo del año, siendo el más alto en verano y el mínimo en invierno. Estas características comunes se observan en las cuatro estaciones. Sin embargo existen diferencias notables en cuanto a la altura y la anchura de la curva resultante de la variación diaria del IUV en cada estación y época del año. Se observa cómo en Izaña, en verano, se registran valores extremos entre las 12 y las 15 horas, mientras que en invierno en ese intervalo de tiempo no pasan de valores "medios". En A Coruña en verano se alcanzan valores "altos" entre las 13 y las 16 horas, y en invierno los valores son "bajos" durante todo el día. El Arenosillo, al igual que Madrid, presenta características intermedias entre A Coruña e Izaña[3].

El índice ultravioleta presenta una variación a lo largo del año, siendo los meses más cálidos, como es obvio, los que presentan valores más altos. En la Comunidad de Madrid, para la serie 1996-2010, tomando como referencia el valor 6, que es el que define el límite inferior de la categoría “alta”, encontramos que los valores medios del índice presentan cifras iguales o superiores a 6, desde mediados de abril hasta mediados de septiembre (Figura 12).

De igual manera, es en esta época del año cuando se producen a lo largo del día las mayores variaciones del índice, siendo el intervalo comprendido entre las 12 y las 16 horas cuando se alcanzan valores por encima de 6.

Figura 7.- Distribución espacial del IUV modelado para toda España, en primavera, verano, otoño e invierno para cielos despejados y al mediodía. Fuente: Carreño V, Redondas A, Cuevas E[3].

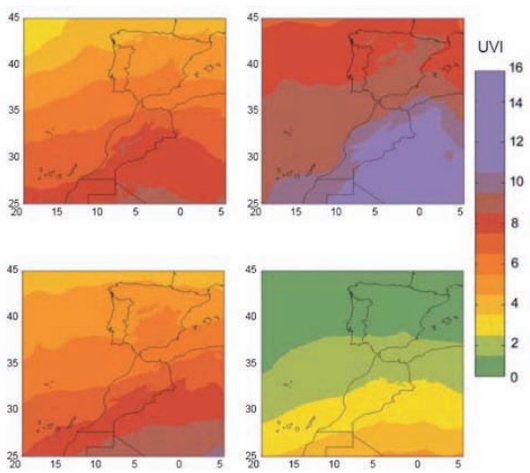


Figura 8.- Variación diaria del IUV observado en A Coruña. Fuente: Carreño V, Redondas A, Cuevas E[3].

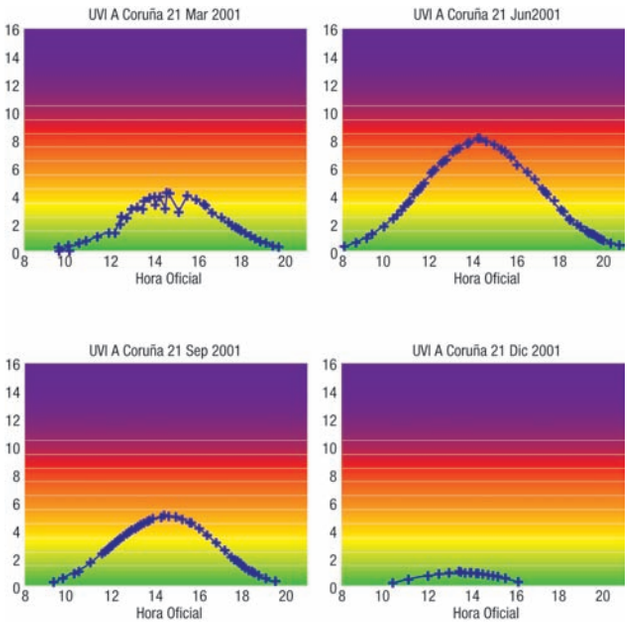


Figura 9.- Variación diaria del IUV observado en Madrid. Fuente: Carreño V, Redondas A, Cuevas E[3].

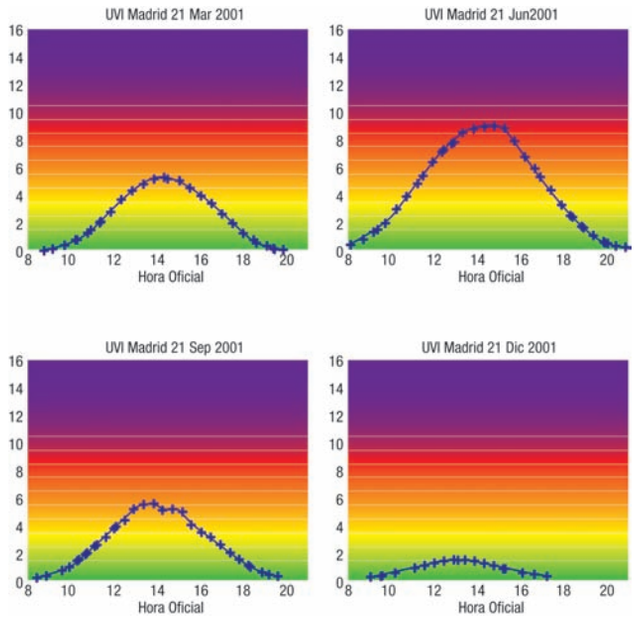


Figura 10.- Variación diaria del IUV observado en El Arenosillo (Huelva). Fuente: Carreño V, Redondas A, Cuevas E[3].

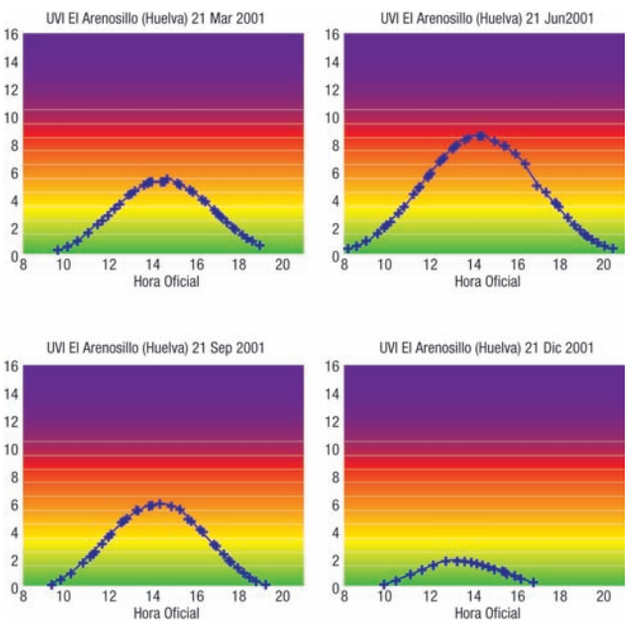
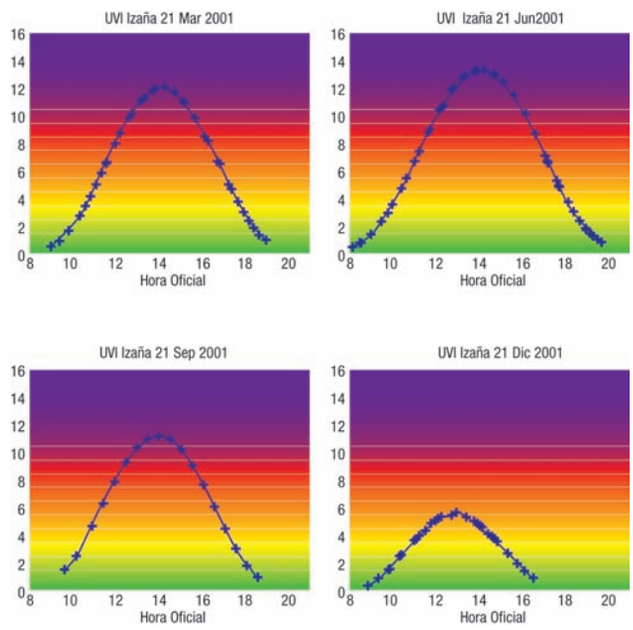


Figura 11.- Variación diaria del IUV observado en Izaña (Tenerife). Fuente: Carreño V, Redondas A, Cuevas E[3].



También en esta Comunidad, para el período 1996-2010, los datos aportados por la Agencia Estatal de Meteorología presentan una cierta homogeneidad. La media anual de días en que el valor del índice UV presenta valores bajos (entre 0 y 2) es de 102, lo que supone el 28 % de los días del año; se alcanzan en los meses de enero y febrero y noviembre y diciembre, es decir en invierno, cuando debido a la inclinación del eje de la Tierra los rayos del sol llegan al hemisferio norte con mayor inclinación y atravesando un mayor filtro atmosférico (Figura 13).

La media anual de días en que el valor del índice se encuentra en la categoría "moderada" (entre 3 y 5) es de 94 días, el 26 % del año. Estos valores se encuentran entre marzo y mediados de abril y entre mediados de septiembre y finales de octubre.

La media anual de días en la categoría "alta" (cuando el valor del índice UV se encuentra entre 6 y 7) es de 60 días, lo que supone el 17 % de los días del año. Esta categoría se encuentra entre mediados de abril y mediados de junio y entre mediados de agosto y mediados de septiembre.

Por último, en la categoría de "muy alta" (valores entre 8 y 10) se encuentran como media anual 107 días, el 29 % de los días del año, que se concentran en los meses de mayor calor, desde mediados de junio a mediados de agosto. También en esta época del año se alcanzan algunos días (21 para todo el periodo de tiempo 1996-2010) valores que son clasificados como "extremadamente altos" (índice UV de 11 y más). El año que más días se alcanzaron estos valores extremadamente altos fue el año 2009, con 11 días.

Si se considera que es a partir de que el índice UV adquiere el valor 6 cuando se deben adoptar medidas protectoras, en la Comunidad de Madrid esto ocurre en un total de 169 días como media, lo que supone el 46,3 % de los días del año.

Figura 12.- Índice ultravioleta. Promedio diario de la serie 1996-2010. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET).

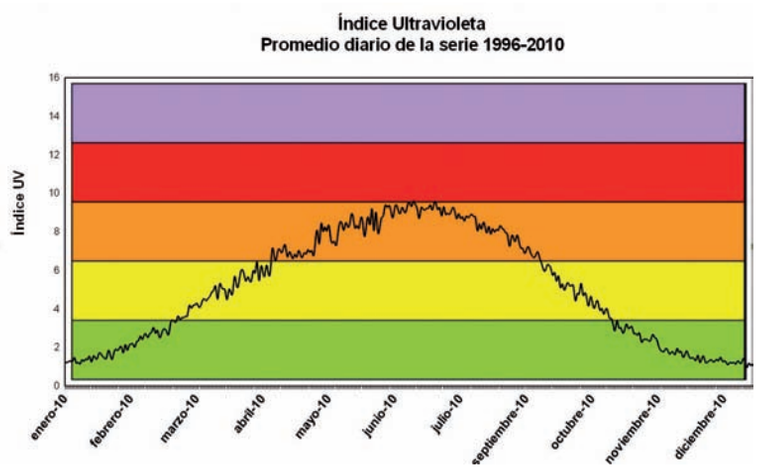
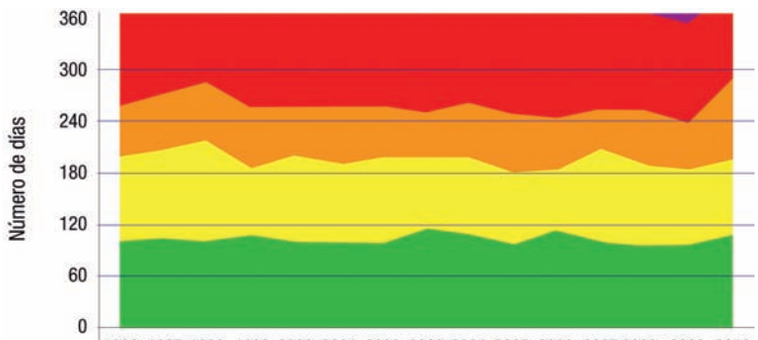


Figura 13.- Evolución del número de días anuales en cada categoría del Índice UV (1996-2010). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET).



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ext. alta	0	1	1	0	2	2	1	0	0	1	0	1	1	11	0
Muy alta	105	93	79	109	109	106	106	114	102	115	120	113	114	115	101
Alta	60	64	66	69	55	65	61	53	63	67	60	45	61	54	93
Moderada	100	103	118	82	101	94	99	83	90	86	74	107	94	89	88
Baja	100	104	101	105	99	98	97	114	107	96	111	99	96	96	108

5.- Propuestas de intervención e investigación

En 2004, la Cuarta Conferencia Ministerial de Medio Ambiente y Salud adoptó el Plan de Acción para Europa de Medio Ambiente y Salud Infantil (CEHAPE en el acrónimo en inglés) que incluye 4 objetivos regionales prioritarios para reducir la carga corporal de las enfermedades infantiles atribuibles a los riesgos ambientales, uno de los cuales plantea la necesidad de "Implementar políticas que incrementen la conciencia para asegurar la reducción de la exposición a radiaciones UV, particularmente entre niños y adolescentes". Entre estas políticas se enmarca la información a la población sobre los valores que alcanza el índice de radiación UV que tiene relación con los efectos sobre la piel humana[11].

Existe una clara evidencia, basada en estudios epidemiológicos y toxicológicos, de que la radiación solar y la radiación UV lejana causan cánceres de piel. Además la tendencia a la exposición a estas radiaciones está creciendo. La playa en verano y las vacaciones en invierno en países soleados son más frecuentes ahora que hace unas décadas.

En el año 2006 se llevó a cabo un estudio sobre los hábitos de la población atendida en la oficina de farmacia respecto al conocimiento que se tiene de la forma de protegerse frente al sol. El cuestionario autocumplimentado alcanzó a todas las farmacias de España a través de su inserción en la revista El Farmacéutico los meses de mayo, junio y septiembre del año 2006, así como a través de una página web[7].

Se recibieron un total de 832 cuestionarios en soporte papel y 170 por vía electrónica. El 76,5 % de ellos fueron contestados por un farmacéutico (titular, cotitular, regente o sustituto) y el 23,5 % restante por los auxiliares. Entre los resultados merecen la pena destacarse que el 51,6 % de la población usuaria de las farmacias carece de conocimiento de cuál es su fototipo y por tanto desconoce qué fotoprotector necesita; el 25,5 % cree que el fotoprotector impide broncearse; hay una evolución positiva en cuanto al uso de los fotoprotectores: la recomendación de aplicarse un fotoprotector sobre la piel seca o media hora antes de exponerse al sol pasó de un 33,9% y un 24% de los encuestados respectivamente en el año 1998 a un 89,8 y 62,6 % en el año 2004. Los autores reconocen que la campaña educacional promovida por el Consejo General de Farmacéuticos que desde el año 1998 mantiene una campaña estival educacional, ha influido en este cambio de hábitos[7]. También perciben los autores una importante demanda de fotoprotección infantil, lo cual es muy relevante en términos de salud pública toda vez que la exposición al sol durante la infancia y la adolescencia parece ser el detonante para la aparición de cánceres de piel, melanomas y no melanomas, en edades más lejanas. La mayor parte de la exposición total a radiaciones UV ocurre antes de los 18 años y los niños tienen además más tiempo por delante para desarrollar enfermedades con largo periodo de latencia, más años de vida a perder y más carga de sufrimiento por pérdida de salud[6,12].

Otro aspecto relevante del estudio es que el farmacéutico debe preguntar si el cliente toma determinadas medicaciones que puedan actuar como sustancias fotoalérgicas o fototóxicas[7].

Un reciente estudio realizado en la Comunidad de Madrid sugiere que la mayor parte de la población, especialmente entre la gente con alto nivel educativo y las mujeres, conoce la relación existente entre la exposición a las radiaciones UV y el cáncer de piel. Sin embargo el conocimiento de que las radiaciones UV artificiales son igual de dañinas no está tan extendido[13].

Algunas recomendaciones sencillas reducen la exposición a las radiaciones UV: usar gafas de sol, utilizar sombrero y camisetas y no tomar el sol en la playa desde las 12 hasta las 16 (Figura 14)[13].

A pesar de conocer los riesgos del sol, en la Comunidad de Madrid la adopción de estas medidas es baja: solo el 60,1 % utiliza ropa adecuada y el 78 % se aplica cremas protectoras contra el sol y el 60 % usa gafas de sol. Como se ve, conocer un riesgo no significa protegerse contra él[13].

Reconociendo que es un indicador de gran relevancia y que ayuda a adoptar medias protectoras, el Índice UV (IUV) no es muy conocido. Desarrollar estrategias de salud pública que posibiliten conocer el IUV, saber cada uno el fototipo que tiene y poder decidir sobre las mejores protecciones a utilizar frente al sol, contribuiría sin duda a una mayor prevención frente a los riesgos solares. En esta estrategia, la protección infantil debería ser prioritaria.

Las autoridades de Salud Pública deberían asumir un programa de vigilancia y control de las radiaciones UV que contenga las siguientes acciones:

1.- Establecer un sistema de información del IUV, con criterio sanitario, dirigido a los dermatólogos, personal de Atención Primaria y oficinas de farmacia.

2.- Mantener activos los registros de incidencia, tanto de morbilidad como de mortalidad, de melanoma, cánceres no melánicos y cataratas para conocer su evolución.

3.- Establecer estrategias de información poblacional para que las personas conozcan su fototipo y sepan identificar las mejores medias protectoras frente a la radiación solar.

4.- Establecer una línea prioritaria de actuación para los niños.

5.- Establecer acuerdos de colaboración con la Organización Farmacéutica Colegial para potenciar el alcance del programa y de las medidas protectoras.

6.- Abrir líneas de investigación para conocer la evolución de IUV en España y su relación con los efectos más perjudiciales para la salud.

7.- Evaluar las acciones emprendidas mediante los indicadores específicos definidos por el

Figura 14.- Algunas pautas de protección en función del IUV. Fuente: OMS. Índice UV solar mundial. Guía Práctica[2]

Environment and Health Information System (ENHIS).

Agradecimientos: Ana Aliaga Pérez, Enrique Cámara Díaz, Patricia Cervigón Morales, Enrique Estrada Vélez

6.- BIBLIOGRAFÍA

1 Margalef R. Ecología. Editorial Planeta. Barcelona, 1981.

2 Organización Mundial de la Salud. Índice UV solar mundial: guía práctica. Recomendación conjunta de la Organización Mundial de la Salud, Organización Meteorológica Mundial, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. OMS, Ginebra, 2003.

3 Carreño V, Redondas A, Cuevas E. Índice UV para la población. España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 2002.

4 Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. PNUMA. Nairobi, 2000. [http://www.unep.org/ozone]

5 United Nations Environment Programme (UNEP). Environmental Effects of ozone depletion: 2010 Assessment. UNEP. Nairoby, 2011.

6 Harrison. Principios de medicina interna. Editorial Intereamericana McGrawn-Hill, 13ª edición. Madrid, 1994.

7 Camps M, Aliaga A. La fotoprotección en la farmacia española. Primer estudio. Monografía de resultados. Ediciones Mayo SA. Barcelona, 2007.

8 Aceituno-Madera P, Buendía-Eisman A, Arias-Santiago S, Serrano-Ortega S. Evolución de la incidencia del cáncer de piel en el periodo 1978-2002. Actas Dermosifiliogr 2010;101(1):39-46.

9 Saénz S, Conejo-Mir J, Cayuela A. Epidemiología del melanoma en España. Actas Dermosifiliogr 2005; 96(7):411-18.

10 López-Abente G, Pollán M, Aragonés N, et al. La situación del cáncer en España. Ministerio de Sanidad y Política Social. Madrid, 2005.

11 World Health Organization. Children's Environment and Health Action Plan for Europe (CEHAPE). Fourth Ministerial Conference on Environment and Health. [http://cehape.env-health.org/]

12 World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. Exposure to Artificial UV radiation and skin cancer. IARC. Lyon, 2005.

13 Galán I, Rodríguez-Laso A, Díez-Gañán L, et al. Prevalence and correlates of skin cancer risk behaviours in Madrid (Spain). Gac Sanit 2011:25(1):44-9.

3.2. Impacto económico del cambio climático sobre la salud

1.- Introducción

1.1. Cambio climático y salud

La salud, según la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es "(...) un estado completo de bienestar físico, mental y social" (OMS, 1996). Así pues, está determinada por una mezcla de factores, efectos biológicos, sociales, económicos, políticos o culturales, que actúan a través de una gran variedad de determinantes. Estos pueden ser de tipo individual, como los estilos de vida, las conductas hacia el consumo, las prácticas sexuales y las tensiones psicosociales, y de tipo ambiental, los cuales pueden ser clasificados en exposiciones (ambientales y tóxicas en el marco del trabajo), en movimientos de la población y en intervenciones de salud pública y de atención sanitaria.

Siguiendo esta definición, la salud puede estar afectada tanto por el clima (regional) como por el tiempo (meteorológico). Mientras que el clima de una región puede definirse como las condiciones atmosféricas promedio a largo plazo (décadas o, incluso, períodos todavía mayores), el tiempo se puede definir como las condiciones atmosféricas a corto plazo (días como máximo). El clima puede influir en determinadas enfermedades al, por ejemplo, determinar hábitats idóneos para sus agentes. El tiempo puede afectar la salud mediante, entre otros, condiciones extremas de temperatura, precipitación o viento (Saez y Lertxundi-Manterola, 2005; Saez y Barceló, 2007).

Se deberían distinguir los términos cambio climático y variabilidad climática. El cambio climático es una variación en los parámetros atmosféricos (por ejemplo, la temperatura media anual), bien de alcance regional, bien global (mundial), en un período relativamente largo (décadas, por ejemplo) (Shindell y Raso, 1997). El término variabilidad climática se refiere a desviaciones del clima promedio de una región en un período que puede alcanzar desde semanas hasta años. De hecho, es la asociación entre esta variabilidad climática y la salud, lo que nos permitirá inferir los posibles efectos del cambio climático sobre la salud.

El problema es que la variabilidad climática puede afectar a la salud a través de numerosas vías. En primer lugar, la salud está afectada por la disponibilidad de alimentos adecuados y nutritivos, por el acceso a una cantidad suficiente de agua potable, por la buena calidad de la vivienda y por otras condiciones higiénicas que, todas ellas, están fuertemente influidas por fuerzas del medio ambiente, entre las cuales el clima es solo una de ellas. En segundo lugar, la exposición a agentes infecciosos, la extensión de su contagio y la inmunización, pueden alterarse por la variabilidad climática. Finalmente, la gente tiene el riesgo de resultar herida e incluso de morir, como consecuencia de sucesos climáticos extremos tales como riadas, grandes vendavales y olas de calor. Por otro lado, la frecuencia creciente o la gravedad cada vez más importante de todos estos sucesos pueden producir determinados impactos directos y medibles en la salud física y mental de las personas. La magnitud de estos efectos, sin embargo, depende en parte de la habilidad para anticiparlos y de la educación y de la planificación de las respuestas de emergencia que podrían reducir los impactos (Balbus y Wilson, 2000). El impacto último en la salud pública, en general, dependerá de si pesan más las tensiones que la variabilidad climática provoca sobre la

salud o, contrariamente, son más importantes las medidas de adaptación diseñadas para proteger a la población de estas tensiones (Saez y Lertxundi-Manterola, 2005; Saez y Barceló, 2007).

1.2. La economía del cambio climático

El Informe Stern (Stern, 2007), realizado a instancias del gobierno británico, se ha convertido en el documento paradigmático de la economía del cambio climático. No solo proporciona una estimación de los costes del cambio climático, sino que resulta ser una aportación fundamental a la evaluación de los datos existentes y al fomento de un mayor conocimiento de los aspectos económicos del cambio climático.

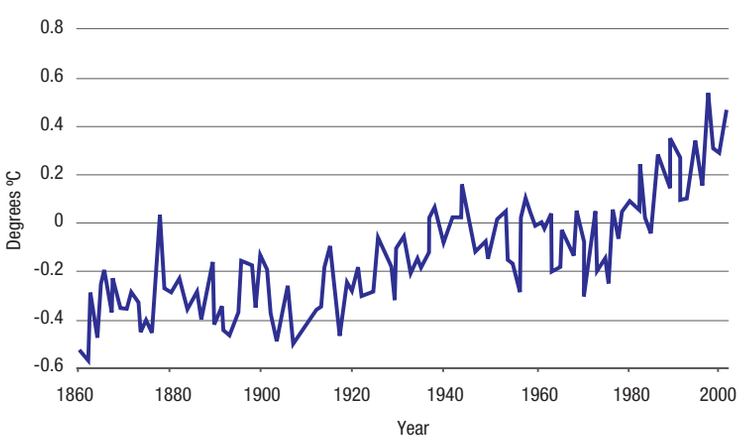
El informe tiene una perspectiva internacional, por cuanto el cambio climático es un problema mundial, tanto en sus causas como en sus consecuencias. La adopción de medidas colectivas en el ámbito internacional es crucial para conseguir una respuesta eficaz, eficiente y equitativa. Así, se insta a la comunidad internacional a actuar con fuerza y de forma inmediata en la toma de decisiones que permitan reducir las emisiones (de CO_2) para que los efectos del cambio climático no comiencen a ser irremediables. De hecho, la principal conclusión del informe es que los beneficios de la adopción de medidas prontas y firmes sobre el cambio climático superarán con creces los costes.

El informe señala que, con una probabilidad del 77% (y quizás del 99%, dependiendo del modelo climático utilizado), existe evidencia de que en los próximos 50 años, se producirá un aumento de la temperatura media global de 2-3 °C (respecto al período pre-(revolución)-industrial, 1750-1850) (Stern, 2007) (véase Figura 1).

Para este rango de incremento de la temperatura, el coste del cambio climático equivaldría a una pérdida permanente del PIB mundial en el rango 0-3%, comparado con el que se habría conseguido sin la existencia del cambio climático. Por supuesto, los países en desarrollo sufrirían incluso mayores costes.

Pero, además, el informe señala que la estimación del aumento de temperatura en 2-3 °C podría ser demasiado optimista. Evidencias muy recientes podrían mostrar que el cambio climático podría ser más brusco y a mayor escala. El problema es que los efectos de estos cambios son mucho más difíciles de cuantificar. El informe sugiere que un calentamiento de 5-6 °C, posible de aquí a un siglo, podría implicar una pérdida del 5% al 10% en el PIB global (Stern, 2007).

Figura 1.- Variación global en la temperatura, 1860-2002 (en relación al promedio de la temperatura en el período 1961-1990). Fuente: Pollution Probe (2004)



Tol (2002) señala que un aumento de 1 °C en la temperatura global media tendría un efecto positivo en la OCDE, China y el Oriente Medio y un efecto negativo para el resto de regiones (considerando el impacto en agricultura, silvicultura, ecosistemas, nivel del mar, mortalidad humana, consumo de energía y recursos hídricos).

Los estimadores globales dependen de la regla de agregación. Una suma simple implicaría que un aumento de 1 °C en la temperatura global conduciría a un aumento del 2% del PIB global (desviación típica del 1%). Utilizando promedios globales, el impacto sobre el PIB global sería negativo, -3% (desviación típica del 1%). Utilizando ponderaciones equitativas el impacto sería del 0% (desviación típica del 1%) (Tol, 2002).

1.3.- Impacto económico del cambio climático sobre la salud

Por su perspectiva, el informe Stern no trata específicamente de los impactos económicos del cambio climático sobre la salud. Sin embargo, indirectamente, sí que proporciona evidencia que, a continuación, se intentará sintetizar.

Siguiendo a Hutton (2010), el análisis económico de estos impactos puede abordarse utilizando diversas perspectivas, a saber, costes de los daños, coste de la adaptación, coste-minimización, coste-efectividad y coste beneficio. De los tres últimos, aún no existen estudios específicos al cambio climático.

Ningún estudio de costes de los daños examina específicamente los costes asociados al cambio climático, pero algunos, no relacionados con el cambio climático, sí que exploran los costes de los daños sobre la salud. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (2008), estima que el cambio climático tendrá un impacto de, como máximo, un 0,4% de la carga de algunas enfermedades seleccionadas. Según Hutton (2010), la estimación de la carga de la enfermedad (globalmente) como consecuencia del cambio climático está en la actualidad en estudio.

Respecto a los análisis de los costes de la adaptación al cambio climático, aunque existen algunos estudios recientes del Banco Mundial y de la UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), son incompletos y tienen el peligro de quedar rápidamente obsoletos (Hutton, 2010). El Banco Mundial estima los costes de las medidas de adaptación en 86 mil millones de dólares USA en el año 2009, de los cuales 2 mil millones en salud, 11 mil millones en suministros de agua, 8 mil millones en nutrición infantil, 3 mil millones en actividades pesqueras y 6.500 millones en sucesos meteorológicos extremos. En total, un 35% del coste de adaptación relacionado directamente con la salud (Banco Mundial, 2009; Hutton, 2010). La UNFCCC estimó en el año 2007 en 73 mil millones de dólares USA anuales el coste de las medidas de adaptación, de los cuales 5 mil millones en salud, 11 mil millones en suministros de agua y 14 mil millones en agricultura, bosques y actividades pesqueras. En este caso un 40% del coste directo (UNFCCC 2007, Hutton, 2010).

Los costes del impacto del cambio climático en ambientes interiores se estiman entre decenas de miles de millones y doscientos mil millones de dólares anuales en 2100 (Mudarri, 2010). Utilizando tasas de descuento

del 3 y del 7%, los costes se sitúan entre quince mil millones y veinte mil millones de dólares.

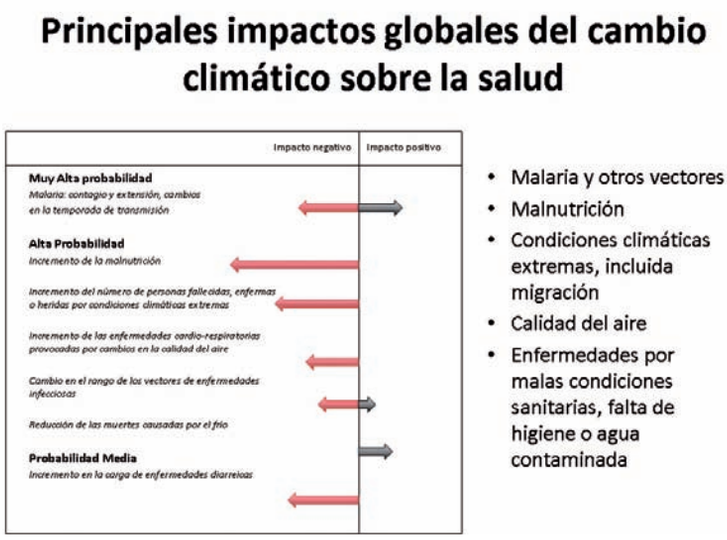
2.- Los impactos del cambio climático sobre la salud

El tiempo y la variabilidad climática pueden afectar a la salud a través de mecanismos directos e indirectos. Los efectos directos incluyen todos los impactos físicos que causan estrés fisiológico (por ejemplo, la temperatura) o daño físico sobre las personas (por ejemplo, tempestades, riadas). Los efectos directos se observan casi a continuación del suceso climático que los ha causado y, por tanto, son más fáciles de modelizar y de entender que los efectos indirectos. Los efectos indirectos, como los impactos de los agentes climáticos sobre la producción de alimentos o el brote de enfermedades infecciosas, pueden operar a través de diversas vías en las que están implicadas muchas variables. Los efectos indirectos, por otro lado, pueden presentar una respuesta no lineal a niveles crecientes de un determinado factor climático (Saez y Lertxundi-Manterola, 2005; Saez y Barceló, 2007). La complejidad de estos efectos implica que la evaluación del impacto del cambio climático sobre la salud debe centrarse en mecanismos parciales, es decir en alguno de los eslabones de la cadena causal. El problema es que pasar del análisis de los mecanismos parciales a la predicción de la incidencia de una enfermedad en una localización específica puede ser inabordable.

De hecho, la evidencia actual muestra que los impactos del cambio climático sobre la salud no tienen igual probabilidad de ocurrencia (véase Figura 2). La mayoría de los impactos a los que el consenso científico actual otorga una mayor probabilidad son, en realidad, efectos indirectos.

Además, se tendría que diferenciar entre sensibilidad y vulnerabilidad climáticas. Un problema de salud puede ser sensible al clima si su gravedad responde de alguna forma a cambios o variaciones en el clima. Por ejemplo, la mortalidad asociada a las olas de calor es, evidentemente, un problema de salud sensible a cambios climáticos. La vulnerabilidad climática de una población o de un grupo de la misma, sin embargo, depende de la capacidad de esta población o grupo para adaptarse o protegerse de esta amenaza para su salud. Siguiendo el mismo ejemplo, la población joven y de clase más favorecida es probable que tenga un acceso más fácil al aire acondicionado y seguirá un estilo de vida que ofrece más protección que la población de más edad y de clase más desfavorecida, siendo

Figura 2.- Principales impactos globales del cambio climático sobre la salud. Fuente: Parry et al., IPCC, (2007), Hutton (2010) y construcción propia.



estos últimos, por tanto, los más vulnerables al cambio climático (Balbus y Wilson, 2000).

2.1.- Los efectos directos

2.1.1.- Aumento de la temperatura media

Según el informe Stern, en regiones de latitud alta, tales como Canadá, Rusia y Escandinavia, el cambio climático podría comportar beneficios netos del 2% al 3% del PIB como consecuencia de mayor producción agrícola, menores requerimientos energéticos por calefacción, un potencial impulso de actividades turísticas y una menor mortalidad invernal (Stern, 2007).

Es sabido que la morbi-mortalidad presenta un claro componente estacional con la mayor mortalidad (con tasas un 10-25% mayores) ocurriendo durante el invierno (Sakamoto-Momiyama, 1977; Khaw, 1995; Laake y Sverre, 1996). Sin embargo, cabe destacar que la mortalidad por debajo de 45 años presenta una conducta opuesta, con el pico de mortalidad en el verano, pero este comportamiento se compensa con creces por el mayor número de muertos entre los mayores de 45 años (Kilbourne, 1998). El pico invernal de la mortalidad se debe, sobre todo, a muertos por neumonía, gripe, enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Kilbourne, 1998). El efecto del cambio climático sobre la mortalidad invernal no se ha estudiado mucho. Kalstein (1993) concluye que, como no es probable que el cambio en el clima afecte a las enfermedades infecciosas que presentan su pico en invierno (por ejemplo, la gripe), un clima más cálido seguramente no reducirá la mortalidad invernal. Langford y Bentham (1995), Martens (1997a) y Guest *et al.* (1999) contrariamente, indican que la reducción de la mortalidad invernal como consecuencia del cambio climático podría ser mayor que el aumento de la mortalidad veraniega. Utilizando un meta-análisis, Tol (2002) estima el número de muertes adicionales por 1 °C de aumento en la temperatura global. Considerando el total de defunciones por malaria, esquistosomiasis, dengue, mortalidad cardiovascular y respiratoria, la mortalidad aumenta únicamente en el sur y sureste asiático (109.700 muertos), África (68.300 muertos), Oriente Medio (3.600 muertos) y Latinoamérica (200 muertos). En el resto de regiones se produciría una reducción de la mortalidad (por orden, OCDE-Europa -90.900 muertos; la antigua Unión Soviética y Europa Central y Oriental -72.300; OCDE-América – excepto México– -50.000; Asia Central -16.000; y OCDE-Pacífico – excepto Corea del Sur– -8.600). Bambrick *et al.* (2008), para Australia, estiman que el aumento de temperatura conducirá a reducciones en la mortalidad asociada al frío (aunque no muy importantes) en las regiones australianas más frías. Sin embargo, a finales del siglo XXI estas reducciones se compensarán por un aumento mucho más importante de la mortalidad asociada al calor en esas mismas regiones.

Martens (1997b) analiza la relación entre la temperatura media mensual y la mortalidad total y por causas específicas, cardiovasculares y respiratorias. Su análisis combinado de varios estudios en el tema concluye con una reducción consistente, sobre todo en la mortalidad cardiovascular, para temperaturas invernales más

cálidas y un brusco aumento de la mortalidad por la mayoría de las causas respiratorias por temperaturas veraniegas crecientes. Por lo que se refiere a la mortalidad total anual, prevé una reducción del 5,6% en los Estados Unidos entre los mayores de 65 años, consecuencia de la reducción en la mortalidad cardiovascular antes comentada. Donaldson *et al.* (2001) prevén una reducción de 20.000 muertos anuales (un 25%) relacionadas con el frío en el Reino Unido sobre 2050. Kalstein y Greene (1997), contrariamente, analizando la relación entre cambios anticipados en el clima y la mortalidad invernal, sugieren una muy pequeña disminución, o incluso un aumento, en la mortalidad invernal en 2020 (dependiendo del modelo utilizado) y muestran un aumento en la mortalidad cuando se combinan datos del verano y del invierno. Por otro lado, la sensibilidad al frío (el porcentaje de aumento de la mortalidad por cada 1 °C de disminución de la temperatura) es mayor en regiones cálidas (Atenas, sur de los Estados Unidos, etc.) que en otras más frías (sur de Finlandia, norte de los Estados Unidos, etc.), quizás como consecuencia de una insuficiencia de ropa de invierno en las primeras (Eurowinter Group, 1997). Por lo que se refiere a la mortalidad cardiovascular, Tol (2002) estima una reducción en la misma (en todas las 9 regiones en que divide el mundo) ante un aumento de 1 °C en la temperatura global, por la compensación entre la importante disminución de la mortalidad cardiovascular asociada al frío y el aumento mucho menos importante de la mortalidad cardiovascular asociada al calor. Sin embargo, por lo que se refiere a la mortalidad respiratoria asociada al calor, Tol (2002) estima, salvo para OCDE-Europa (con una reducción de 2.800 muertos por 1 °C de aumento de la temperatura global), un aumento de la mortalidad con un rango que abarca de 1.000 muertos para OCDE-Pacífico (excluyendo Corea del Sur) hasta 141.200 muertos para el sur y sureste asiático.

En definitiva, no está claro hasta que punto inviernos más cálidos reducirán la mortalidad.

Por otra parte, el umbral de la temperatura a partir del cual aumenta la mortalidad asociada con el calor, la temperatura de confort, depende del clima local, siendo mayor en regiones más cálidas. Por ejemplo, la temperatura de confort se ha descrito en torno a los 14 °C en el sur de Finlandia (Donaldson *et al.*, 2003); 16,5 °C en Holanda (Lawlor *et al.*, 2002); 18 °C en Inglaterra (Kunst *et al.*, 1993); 21 °C en Boston (Curriero *et al.*, 2002); 27 °C en Florida (Peacock *et al.*, 2003) y 28 °C en Taiwan (Pan *et al.*, 1995).

Por lo que se refiere a España, Íñiguez *et al.* (2010), en el marco del proyecto TEMPRO-EMECAS, encuentran temperaturas de confort que varían entre los 13,90 °C de Vigo y los 22,75 °C de Sevilla. Díaz y López (2003) estiman en 30,2 °C la temperatura de confort para Madrid. Para Barcelona la temperatura de confort se ha estimado entre los 20,3 °C (Íñiguez *et al.*, 2010) y los 22,6 °C (Saez *et al.*, 1995) para la mortalidad por todas las causas; y 21 °C para la mortalidad por enfermedades isquémicas del corazón (Saez *et al.*, 2000).

Diversos autores han mostrado cómo la probabilidad de la ocurrencia de una defunción es más grande ante aumentos de la temperatura que ante disminuciones de la misma (Saez *et al.*, 1995; Ballester *et al.*, 1997; Saez *et al.*, 2000; Íñiguez *et al.*, 2010), mayor para causas específicas, en el verano y para

las personas de más edad. Así por ejemplo, un incremento de 5 °C por encima de la temperatura de confort en Barcelona se asociaría con un aumento de 5 muertos diarios (12,6%) (Íñiguez *et al.*, 2010). Recuérdese, sin embargo, las estimaciones en sentido contrario de Tol (2002) para mortalidad cardiovascular.

En un trabajo reciente, Baccini *et al.* (2011) estiman en un 2% de media la fracción de muertes atribuibles al calor durante el verano en 15 ciudades Europeas en la década de los noventa del siglo pasado. El mayor impacto se produjo en tres ciudades mediterráneas (Barcelona, Roma y Valencia) y en dos ciudades continentales (París y Budapest) y en personas mayores de 75 años. En algunas ciudades, sin embargo, las muertes atribuibles al calor se encontraron también en grupos de edad más jóvenes. Pero, además, Baccini *et al.* (2011) encuentran que las muertes atribuibles al calor aumentarán considerablemente en todos los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (baja, media y alta emisión en 2030) contemplados por el IPCC (2007). El impacto bajo estos escenarios será comparable, o ligeramente menor, que el impacto observado durante el año más cálido. Atribuyen este hecho a que, en un futuro, los veranos muy cálidos serán la norma y no una excepción (Baccini *et al.*, 2011).

Para Alemania, Hübler *et al.* (2007) estiman que en el período 2071-2100 el número de muertes asociadas al calor se multiplicará por un factor mayor que 3. Los costes de hospitalización se multiplicarán por 6, sin incluir el tratamiento ambulatorio. Asimismo, estiman una reducción del 0,1% al 0,5% del PIB.

2.1.2.- Temperaturas extremas

Las olas de calor, como la que ocurrió en Europa en el año 2003, serán usuales alrededor de 2050 (Stern, 2007). Como consecuencia de dicha ola de calor murieron alrededor de 35.000 personas (EEA, 2004) y, además, las pérdidas en la agricultura, por los efectos combinados de la sequía, el estrés climático y los incendios forestales, alcanzaron los 15 mil millones de dólares (Munich Re, 2004).

Los efectos de la ola de calor entre el 1 y el 20 de agosto de 2003 son bastante conocidos. En Francia, con 14.800 muertos más que en el mismo período de 2002 (teniendo en cuenta la estructura de edad de la población según el INSEE) (Poumadere *et al.*, 2005; Fouillet *et al.*, 2006); en Italia, entre el 15 de julio y el 15 de agosto, 4.175 defunciones, en el grupo de 65 años o más (Michelozzi *et al.*, 2005; Conti *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2005); de 2.000 a 2.200 en Gran Bretaña, entre el 4 y 13 de agosto (Pirard, 2003; Johnson *et al.*, 2005); 1.316 muertos más en Portugal entre el 31 de julio y el 12 de agosto (Institut de Veille Sanitaire, 2003; Nogueira *et al.*, 2005); 200 muertos en Frankfurt (Heudorf y Meyer, 2005). Además, Bélgica, la República Checa, España, Suiza y Holanda también informaron de un exceso de mortalidad con un total de muertes alrededor de 35.000 muertos en todo el continente.

En España, la ola de calor empezó, de hecho, a mediados de junio de 2003, con temperaturas medias entre 4 °C y 5 °C superiores a las normales (compárese con el aumento promedio de 2,3 °C en Europa, según Munich Re, 2004). Como se sabe, a partir de entonces se batieron todos los récords, hasta

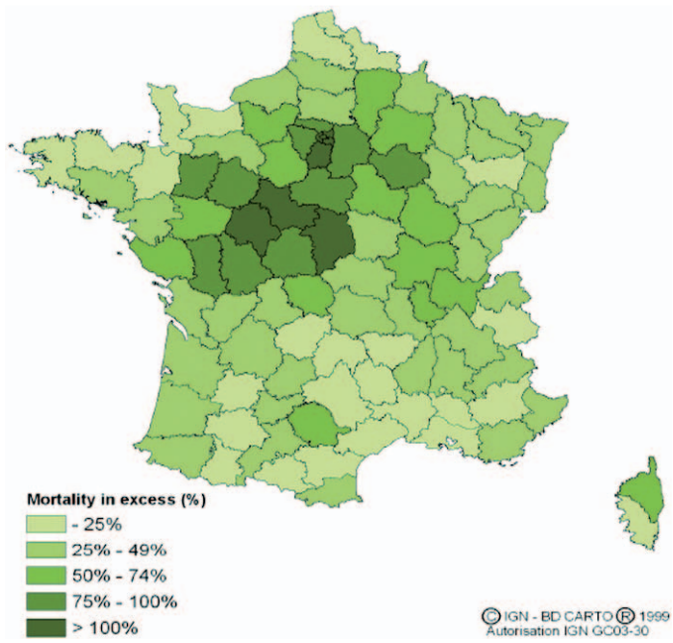
mediados de agosto, cuando las temperaturas volvieron a su normalidad.

Por lo que se refiere a Cataluña, los datos de las funerarias de las 15 mayores ciudades catalanas (Barcelona, Tarragona, Lleida, Girona, Badalona, L'Hospitalet de Llobregat, Manresa, Mataró, Santa Coloma de Gramenet, Sabadell, Terrassa, Reus, Igualada, Tortosa y Vilafranca del Penedès) mostraron que durante julio y la primera quincena de agosto se registraron 1.946 defunciones más que en el mismo período de 2002, un 34,5% (Belt Ibérica, 2003). Destacaron los aumentos en Barcelona capital (1.670 muertos más, un 33,2% más) y en otras localidades de la provincia de Barcelona como L'Hospitalet, Sabadell, Terrassa y Santa Coloma de Gramenet. Según la Agencia de Salud Pública de Barcelona, en ese mismo período se produjeron en Cataluña 837 muertos más, un 60%, que el mismo período de 2002 (Institut de Veille Sanitaire, 2003).

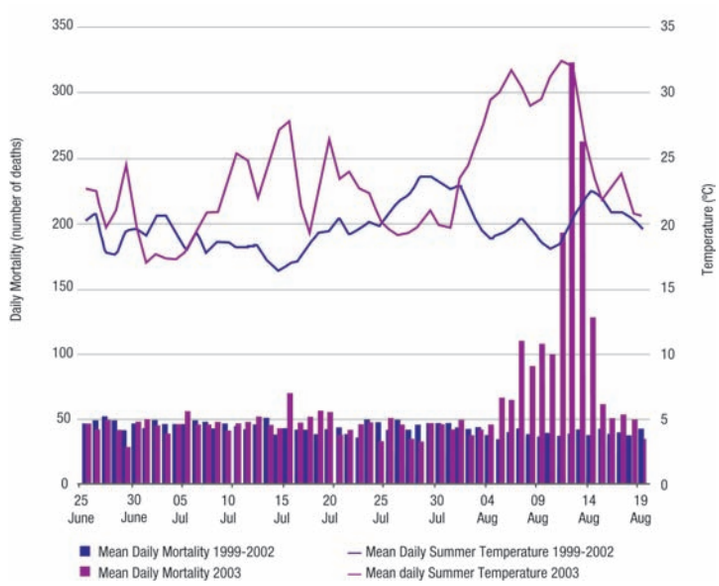
2.1.3.- Sucesos meteorológicos extremos

Los sucesos meteorológicos extremos (tempestades, riadas, ventadas) tienen efectos sobre las salud a corto y a largo plazo, conocidos y bien documentados (Noji, 1997; Menne *et al.*, 1999). La lluvia muy intensa causante de riadas, deslizamientos y aludes, o las ventadas muy fuertes, pueden producir muertos o daños inmediatos. El viento, las riadas o las sequías pueden también producir efectos duraderos o diferidos sobre la vivienda, la producción de alimentos, el suministro de agua potable y la infraestructura social, lo que, a su vez, puede resultar en enfermedades infecciosas y en problemas

Figura 3.- Los efectos de la ola de calor de 2003 en Francia. Fuente: IPCC, 2007.



La distribución del exceso de mortalidad en Francia del 1 al 15 de Agosto de 2003, por regiones, comparado con los tres años anteriores (Institut de Veille Sanitaire, 2003). El incremento de la mortalidad diaria en París durante la ola de calor de agosto de 2003 (Vandentorren y Empereur-Bissonnet, 2005).



económicos (Saez y Lertxundi-Manterola, 2005; Saez y Barceló, 2007).

La experiencia vivida en Europa central en 1997, donde murieron más de 100 personas, muestra que los efectos de las riadas sobre la salud y el bienestar, incluso en países desarrollados, no se puede despreciar. En Polonia se inundaron 6.000 km^2 y 160.000 personas fueron evacuadas de sus hogares. Se estimó un coste de 3.000 millones de dólares (2,7% del PIB de 1996). En la República Checa 50.000 personas fueron evacuadas, con un coste de 1.800 millones de dólares (3,7% del PIB) (IFRC, 1998). Además, la incidencia de la leptospirosis (enfermedad infecciosa transmitida por el contacto con agua contaminada) aumentó considerablemente (Kriz *et al.*, 1998).

Los costes de las riadas en Europa es probable que se incrementen, a no ser que aumenten paralelamente las inversiones preventivas de las mismas. En el Reino Unido, las pérdidas anuales por las riadas podrían aumentar de un 0,1% del PIB hoy en día a un 0,2% a 0,4% del PIB cuando el aumento de la temperatura global alcance de 3 °C a 4 °C (Stern, 2007).

Por lo que se refiere a las sequías, los impactos sobre la salud se producen, sobre todo, a través de sus efectos sobre la producción de alimentos y en los países en desarrollo. De hecho, las sequías aumentan el número de enfermedades asociadas con la malnutrición (McMichael *et al.*, 1996). Por otro lado, en tiempos de escasez, el agua es utilizada para cocinar y no tanto por higiene. Esto aumenta el riesgo de diarreas (por contaminación fecal) y otras enfermedades relacionadas con la higiene (por ejemplo, tracoma y sarna) (McMichael y Githeko, 2001). Se pueden producir brotes de malaria durante las sequías como resultado de cambios en los lugares de alimentación de los vectores (Bouma y van der Kaay, 1996). La malnutrición puede aumentar también la susceptibilidad a las infecciones (McMichael y Githeko, 2001).

El daño como consecuencia de los huracanes y tifones aumentará sustancialmente, incluso ante incrementos moderados de la gravedad de las tormentas, por cuanto aumentará mucho más la velocidad de los vientos. Para Estados Unidos, tan solo, se prevé que un aumento de un 5% a un 10% en la velocidad doblará los daños anuales, resultando en pérdidas del 0,13% del PIB anual (en promedio) (Stern, 2007).

2.2.- Los efectos indirectos

2.2.1.- Contaminación atmosférica y salud respiratoria

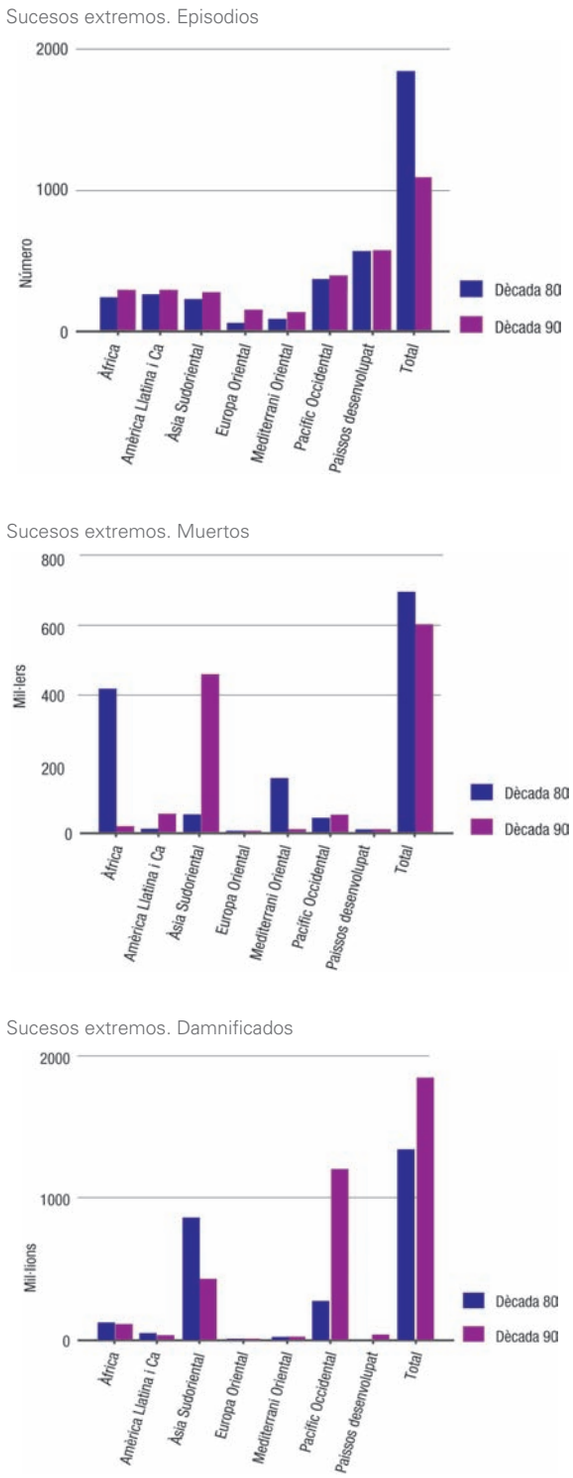
La contaminación atmosférica representa un riesgo ambiental con consecuencias perjudiciales para la salud. El cambio climático puede afectar la salud al modificar los niveles de contaminación atmosférica (antropogénica) y de polen (biogénica). Las condiciones climáticas interaccionan de diversas formas con los contaminantes atmosféricos. Por ejemplo, las inversiones térmicas en sistemas de presión atmosférica estancados se asocian con mayores niveles de partículas, ozono, óxidos de nitrógeno y de azufre, y las olas de calor suelen venir acompañadas por una humedad relativa alta y por niveles elevados de estos contaminantes. De hecho, la ola de calor de 2003 aumentó los niveles de ozono y de partículas en

la atmósfera francesa, particularmente de París (IPCC, 2007).

Una cuestión importante respecto a la salud respiratoria es el efecto, si hay, de la temperatura u otros factores climáticos sobre la toxicidad de los contaminantes. Por ejemplo, una concentración determinada de partículas puede causar efectos adversos sobre la salud más graves, o más frecuentes, con temperaturas más elevadas. De Diego *et al.* (1999) muestran cómo temperaturas más cálidas modifican el efecto de las partículas sobre la exacerbación del asma. En el mismo sentido, Katsouyanni *et al.* (1993) describen cómo la temperatura modifica el efecto en el caso de la relación entre el dióxido de azufre y la mortalidad total. Se han sugerido diversas hipótesis para explicar estas modificaciones. Por un lado, la medición de la contaminación atmosférica durante los meses cálidos podría ser un indicador más aproximado de la exposición total de la población, ya que la gente pasa más tiempo en la calle y las ventanas están más tiempo abiertas (Katsouyanni 1995). Por otro lado, en los meses cálidos podría aumentar la susceptibilidad individual a la contaminación, debido a procesos como el aumento del efecto de las partículas sobre el sistema de regulación de la viscosidad plasmática (Pekkanen *et al.*, 2000). Otra razón adicional que también se ha sugerido es que podría haber una emigración selectiva de la población en las ciudades durante el período estival, con mayor permanencia de las personas de mayor edad en las ciudades (Biggeri *et al.*, 2001).

Hill *et al.* (2009) estiman el coste para la salud de las emisiones de gases efecto invernadero y de material particulado (PM2.5) de la combustión de la

Figura 4.- Sucesos extremos por grandes regiones. Fuente: OMS, 2003 y Construcción propia



gasolina, del etanol fabricado con maíz y del etanol fabricado con celulosa, bajo un escenario de cambio climático. En concreto, el coste para la salud de las emisiones de gases de efecto invernadero es de 0,10 dólares por litro para la gasolina, entre 0,08 y 0,14 dólares por litro para el etanol fabricado con maíz y entre 0,01 y 0,02 dólares por litro para el etanol fabricado con celulosa. El coste de las emisiones de PM2.5 son 0,09 dólares por litro para la gasolina, mientras que el coste para el etanol se sitúa en un rango entre 0,04 dólares por litro para etanol fabricado con celulosa y 0,24 dólares por litro para etanol fabricado con maíz, utilizando carbón para el proceso de calentamiento. El coste combinado del cambio climático y de los costes para la salud son 469 millones de dólares para la gasolina, de 472 a 952 millones de dólares para el etanol fabricado con maíz y solo de 123 a 208 millones de dólares para el etanol fabricado con celulosa.

2.2.2.- Enfermedades transmitidas por vectores

Los insectos, tales como los mosquitos, las garrapatas y las pulgas, se denominan vectores cuando llevan enfermedades que pueden traspasar de los animales a los humanos. Un insecto puede contraer la enfermedad cuando pica a un animal infectado. Si entonces el insecto pica a un humano, la enfermedad pasa del insecto al humano. Roedores, como ratas y ratones, pueden también transmitir directamente enfermedades a los humanos por contacto con orina, excrementos y otros fluidos corporales, a través de la absorción de la piel y de la respiración de partículas en el aire.

Según el informe del grupo de trabajo colaborativo de la Organización Mundial de la Salud, de la Organización Mundial de Meteorología y del Programa de Medio Ambiente de la Organización de Naciones Unidas, Climate Change and Human Health (McMichael *et al.*, 1996) la incidencia de las enfermedades infecciosas aumentará como consecuencia del calentamiento global. En el caso de la malaria, por ejemplo, se prevé que se producirán 50 millones de nuevos casos el año 2100.

Tol (2002), en su meta-análisis, estima un incremento de la mortalidad por malaria ante un aumento de 1 °C de la temperatura global, repartido entre África con 56.500 muertos (adicionales); el sur y el sureste asiático con 8.200 muertos; Latinoamérica con 1.100 muertos; y Oriente Medio con 200 muertos (adicionales en todos los casos). Por lo que se refiere a la mortalidad por dengue, también se produciría un aumento, aunque solo en el sur y el sureste asiático (6.700 muertos adicionales), Asia Central (400 muertos adicionales) y África (300 muertos adicionales).

Para Australia, Bambrick *et al.* (2008), estiman que en el escenario más cálido y húmedo, la región geográfica susceptible para la transmisión del dengue se moverá hacia el sur desde su posición actual, hasta el norte de Nueva Gales del Sur en 2100. El coste asociado se multiplicará por dos en 2070 y por once en 2100.

Ebi (2008) estima los costes de tratamiento (adaptación) de la malaria, de la diarrea y de la malnutrición bajo tres escenarios climáticos, para el período 2000-2030. En concreto, estima un aumento de casos del 5% para la malaria, casi todos en África y en el sureste asiático, lo que representa un coste de 1.928 a 2.691 millones de

dólares en 2030 (en el escenario más probable).

Pandey (2010) estima un coste anual de adaptación (prevención y tratamiento) para la malaria de 100 millones de dólares USA (base 2005) entre 2010 y 2050.

2.2.3.- Enfermedades transmitidas por el agua

Algunos factores climáticos (temperatura ambiental y lluvia) afectan la supervivencia y la reproducción de bacterias y virus en el medio ambiente. Temperaturas altas tienden a mejorar la supervivencia de bacterias y pueden facilitar la transmisión de algunas enfermedades transmitidas por el agua, mientras que algunos virus persisten mucho tiempo en temperaturas bajas. Bastante evidencia muestra que la bacteria del cólera, *Vibrio cholerae*, sobrevive entre brotes de esta enfermedad en una forma latente dentro del zooplacton en zonas costeras (Colwell, 1996). Los brotes de cólera en Bangla Desh, por ejemplo, se han asociado con la temperatura de la superficie del agua de mar (Colwell, 1996). Asimismo se cree que el calentamiento anormal de la temperatura del agua del mar asociado con el fenómeno de "El Niño" contribuyó al brote de cólera en Suramérica en 1991-1992.

El cambio climático podría aumentar las concentraciones de bacterias en el agua. El impacto final sobre la salud, sin embargo, dependerá de la eficacia del tratamiento de aguas residuales (Saez y Lertxundi-Manterola, 2005; Saez y Barceló, 2007).

Tol (2002) estima una reducción de la mortalidad por esquistosomiasis en Oriente Medio, Latinoamérica, el sur y el sureste asiático, Asia Central (-100 muertos adicionales en todos los casos) y África (-500 muertos adicionales).

En el caso de la diarrea, Ebi (2008) estima un aumento de casos del 3%, casi todos en África y en el sureste asiático, lo que representa un coste de 1.983 a 6.814 millones de dólares en 2030 (en el escenario más probable).

Para la diarrea, Pandey (2010) estima un coste anual de adaptación (prevención y tratamiento) de 3.200-4.600 millones de dólares USA (base 2005) para 2010 hasta 900-1.100 millones de dólares para 2050. En conjunto, los costes anuales (promedio) de adaptación para la diarrea y la malaria serán alrededor de 2.000 millones de dólares, en el período 2010-2050. La distribución de los costes por regiones no es simétrica, siendo el mínimo Europa y Asia central, para los que se estima un coste igual a cero, y el máximo África subsahariana con un coste estimado de 4.900 millones para el período 2010-2050.

Los costes de adaptación en 2010 abarcan un rango de 3.000 a 5.000 millones de dólares, disminuyendo en el tiempo, en términos absolutos, a menos de la mitad en el año 2050. Aunque esta disminución se produce en todas las regiones, es mayor en el sur y este de Asia y en el Pacífico. Como consecuencia, en 2050 los países del África subsahariana soportarán más del 80% de los costes de adaptación (prevención y tratamiento) para la malaria y la diarrea (Pandey, 2010).

En Australia, Bambrick *et al.* (2008), señalan que el número de casos de gastroenteritis aumentará en este siglo XXI, debido principalmente al incremento de casos causados por *Salmonella* y otras bacterias, como consecuencia del

cambio climático. Estiman que en 2050 se producirán entre 205.000 y 335.000 nuevos casos anuales de gastroenteritis, o entre 239.000 y 870.000 nuevos casos en 2100. Estas cifras representarán un coste de 35,8 millones de dólares (australianos) en 2050 y 174,2 millones de dólares en 2100.

2.2.4.- Suministro de alimentos y agua

Estudios recientes sugieren que un aumento de 2 °C en la temperatura global puede conducir a una reducción del 20%-30% (40%-50% con aumentos de 4 °C) en la disponibilidad del agua y en la producción agrícola en los países del sur de Europa, principalmente España, Portugal e Italia (Arnell, 2004; Schröter *et al.*, 2006) y un suministro más errático de agua en California, por cuanto las reservas de nieve en las montañas disminuirán de un 25% a un 40% (70%-90% ante aumentos de 4 °C) (Hayhoe *et al.*, 2006). En Australia, el subcontinente más seco del mundo, la precipitación invernal disminuirá significativamente en el suroeste y en sureste. Se prevé que el suministro fluvial de agua en Nueva Gales del Sur, incluida Sydney, disminuirá un 15% ante un aumento de 1 °C a 2 °C en la temperatura (Preston y Jones, 2006).

Para la malnutrición, Ebi (2008) estima un aumento de casos del 10%, también en su mayoría África y en el sureste asiático, con un coste de 81,3 a 107,9 millones de dólares en 2030 (en el escenario más probable).

2.2.5.- Aumento en el nivel del mar

Siguiendo a IPCC (2007) el nivel del mar variará entorno a 0,15 m, con una banda de confianza entre 0,1 m y 0.25 m, en el año 2050. En el caso español, se estima un ascenso del nivel medio de 0,125 m a 0,150 m (Losada, sin fecha)

Muchos países costeros de Europa son vulnerables a aumentos en el nivel del mar. Holanda, donde el 70% de la población está amenazada por un aumento de 1 m en el nivel del mar, es el que está en mayor peligro (Stern, 2007).

Tol (2002), estima incrementos en los costes totales anuales como consecuencia de un aumento de 1 m en el nivel del mar en todas las regiones excepto una (Oriente Medio en la que aunque la costa se reduciría 6.000 km, no soportaría ningún coste). El máximo coste lo soportaría el sur y el sureste asiático, con 3.300 millones de dólares anuales, y el mínimo, la antigua Unión Soviética y Europa central y oriental, con 500 millones de dólares.

3.- Conclusiones

Los objetivos de este capítulo han consistido en, primero, dejar constancia de cómo el tiempo y el clima (distinguiendo entre cambio climático y variabilidad climática) pueden afectar a la salud a través de numerosas vías; segundo, dar una estimación aproximada de los costes del efecto del cambio climático sobre la salud.

El tiempo y la variabilidad climática pueden afectar a la salud a través de mecanismos directos e indirectos. Dentro de los mecanismos directos se encuentran el aumento de la temperatura media, las temperaturas extremas (olas de calor) y los sucesos meteorológicos extremos (tempestades, riadas, ventadas, sequías), por ejemplo. Dentro de los

efectos indirectos cabe señalar, la contaminación atmosférica y salud respiratoria, las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua, el suministro de alimentos y agua y el aumento del nivel del mar. La magnitud de estos efectos, sin embargo, depende en parte de la habilidad para anticiparlos y de la educación y de la planificación de las respuestas de emergencia que podrían reducir los impactos (Balbus y Wilson, 2000). El impacto último en la salud pública, en general, dependerá de si pesan más las tensiones que la variabilidad climática provoca sobre la salud o, contrariamente, son más importantes las medidas de adaptación diseñadas para proteger a la población de estas tensiones (Saez y Lertxundi-Manterola, 2005; Saez y Barceló, 2007).

Respecto al impacto económico del cambio climático sobre la salud, el informe Stern (Stern, 2007) además de proporcionar una estimación de los costes del cambio climático, resulta ser una aportación fundamental a la evaluación de los datos existentes y al fomento de un mayor conocimiento de los aspectos económicos del cambio climático. El informe señala que, con una probabilidad del 77% (y quizás del 99%, dependiendo del modelo climático utilizado), existe evidencia de que en los próximos 50 años, se producirá un aumento de la temperatura media global de 2-3 °C (respecto al período pre-(revolución)-industrial, 1750-1850). Para este rango de incremento de la temperatura, el coste del cambio climático equivaldría a una pérdida permanente del PIB mundial en el rango 0-3%, comparado con el que se habría conseguido sin la existencia del cambio climático. Por supuesto, los países en desarrollo sufrirían incluso mayores costes. Pero, además, el informe señala que la estimación del aumento de temperatura en 2-3 °C podría ser demasiado optimista. Evidencias muy recientes podrían mostrar que el cambio climático podría ser más brusco y a mayor escala. El problema es que los efectos de estos cambios son mucho más difíciles de cuantificar. El informe sugiere que un calentamiento de 5-6 °C, posible de aquí a un siglo, podría implicar una pérdida del 5% al 10% en el PIB global. Debe remarcarse, sin embargo, el hecho de que la principal conclusión del informe es que los beneficios de la adopción de medidas prontas y firmes sobre el cambio climático superarán con creces los costes del mismo.

Por su perspectiva, el informe Stern no trata específicamente de los impactos económicos del cambio climático sobre la salud. El análisis económico de estos impactos puede abordarse utilizando diversas perspectivas, a saber, costes de los daños, coste de la adaptación, coste-minimización, coste-efectividad y coste beneficio. De los tres últimos, aún no existen estudios específicos al cambio climático. La Organización Mundial de la Salud (2008), estima que el cambio climático tendrá un impacto de, como máximo, un 0,4% de la carga de algunas enfermedades seleccionadas. Respecto a los análisis de los costes de la adaptación al cambio climático, el Banco Mundial estima los costes de las medidas de adaptación en 86 mil millones de dólares USA en el año 2009, de los cuales 2.000 millones en salud, 11.000 millones en suministros de agua, 8.000 millones en nutrición infantil, 3.000 millones en actividades pesqueras y 6.500 millones en sucesos meteorológicos extremos. En total, un 35% del coste de adaptación relacionado directamente con la salud (Banco Mundial, 2009; Hutton, 2010). La UNFCCC estimó en el año 2007 en 73 mil millones de dólares USA anuales el

coste de las medidas de adaptación, de los cuáles 5.000 millones salud, 11.000 millones suministros de agua y 14.000 millones en agricultura, bosques y actividades pesqueras. En este caso un 40% del coste directo (UNFCCC 2007, Hutton, 2010).

Entrando en detalle, respecto al aumento de la temperatura media, aunque los inviernos más cálidos podrían reducir la mortalidad y compensar el aumento de la misma en los veranos, existe evidencia de que la probabilidad de ocurrencia de una defunción es más grande ante aumentos de temperatura que ante disminuciones de la misma. Como consecuencia, es probable que el número de muertes aumente y sin duda también el número de hospitalizaciones.

Las olas de calor, como la que ocurrió en Europa en el año 2003, serán usuales alrededor de 2050 (Stern, 2007). Como consecuencia de dicha ola de calor murieron alrededor de 35.000 personas (EEA, 2004) y, además, las pérdidas en la agricultura, por los efectos combinados de la sequía, el estrés climático y los incendios forestales, alcanzaron los 15 mil millones de dólares (Munich Re, 2004).

Los costes asociados a los sucesos meteorológicos extremos es probable que se incrementen, a no ser que aumenten paralelamente las inversiones preventivas de las mismas.

En relación a los costes asociados a la contaminación atmosférica y la salud respiratoria, sin duda serán crecientes como consecuencia no tanto de las muertes, sino de las hospitalizaciones. En este sentido, se podrían conseguir ahorros sustituyendo los carburantes por otros más baratos y ecológicos, pero cabe señalar que las medidas que podrían suponer una decisiva reducción de los costes asociados al impacto de la contaminación en la salud respiratoria serían la electrificación del transporte, la disminución del uso del vehículo a motor individual por los modos colectivos y, en general, toda la gama de soluciones favorables a lo que se viene denominando movilidad sostenible.

Por último, por lo que se refiere a las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua, los costes principales están asociados a la adaptación (prevención y tratamiento). Estos serán crecientes si no se toman las medidas oportunas.

4.- Propuestas

Convendría finalizar este capítulo con un apartado de propuestas. La primera de ellas, siguiendo las recomendaciones del informe Stern, podría ser considerada de intervención:

- El gobierno español debería actuar con fuerza y de forma inmediata en la toma de decisiones que permitan reducir las emisiones de CO_2 para que los efectos del cambio climático no comiencen a ser irremediables.

El resto de propuestas, dada la carencia de estudios españoles sobre el tema, son, de hecho, de investigación:

- Aún cuando, la UNFCCC está realizando un estudio de costes de los daños, o de la carga de la enfermedad, como consecuencia del cambio climático, convendría realizar alguno que examinase específicamente los costes asociados al cambio climático en España.

- Dado que los estudios de costes de adaptación son incompletos y es muy

probable que queden rápidamente obsoletos, convendría emprender algún estudio de adaptación, bien general, bien en el ámbito español.

- Aun cuando no existen estudios específicos al cambio climático, deberían promoverse estudios de coste-minimización, coste-efectividad o de coste beneficio.

- Finalmente, cabría investigar aquellos aspectos de los efectos del cambio climático sobre la salud que, o bien no están todavía claros o bien no han sido objeto de investigación en España.

- En este sentido, respecto a aquellos aspectos más controvertidos, se debería aportar más evidencia respecto hasta qué punto inviernos más cálidos reducirán la mortalidad o sobre la interacción entre los aumentos de la temperatura y de los niveles de contaminación en sus efectos sobre la salud.

- Respecto a aquellos otros aspectos no investigados en España, se encuentran, entre otros, el coste de los sucesos meteorológicos extremos, los efectos del cambio climático sobre las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua, así como aquellos efectos consecuencia del aumento del nivel del mar.

5.- Referencias

Arnell WN. Climate change and global water resources: SRES scenarios and socio-economic scenarios. Global Environmental Change 2004; 14:31-52.

Baccini M, Kosatsky T, Analitis A, Anderson HR, D'Ovidio M, Menne B, Michelozzi P, Biggeri A, the PHEWE Collaborative Group. Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. Journal of Epidemiology and Community Health 2011; 65(1):64-70.

Balbus JM, Wilson ML. Human health and global climate change. A review of potential impacts in the United States. Report of the Pew Center on Global Climate Change, 2000 (disponible en: http://www.pewclimate.org/projects /human-health.cfm, accedido el 24 de marzo de 2007)

Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Saez M, Hervás A. Analysis of mortality as a function of temperature: a study in Valencia, Spain, 1991-1993. International Journal of Epidemiology 1997, 25(3):551-61.

Bambrick H, Dear K, Woodruff R, Hanigan I, McMichael A. The impacts of climate change on three health outcomes: temperature-related mortality and hospitalisations, salmonellosis and other bacterial gastroenteritis, and population at risk from dengue. Garnaut Climate Change Review, 2008 (disponible en: http://www.garnautreview.org.au /CA25734E0016A131/WebObj /03-AThreehealthoutcomes/$File /03-A%20Three%20health %20outcomes.pdf, accedido el 19 de febrero de 2011).

Banco Mundial. Climate Change. The World Bank (disponible en: http://climatechange.worldbank.org/, accedido el 19 de febrero de 2011).

Belt Ibérica SA. Analistas de Prevención. Quince de las mayores ciudades catalanas registraron 6.516 muertos durante la ola de calor (disponible en:

http://www.belt.es/noticias/2003/agosto/22/ola.htm, accedido el 27 de marzo de 2007).

Biggeri A, Bellini P, Terracini, B (eds.). Meta-analysis of the Italian Studies on Short-term Effects of Air Pollution. Epidemiologia i Prevenzione 2001; 25(2).

Bouma MJ, van der Kaay HJ. The El Niño southern oscillation and the historic malaria epidemics in the Indian subcontinent and Sri Lanka: an early warning system for future epidemics. Tropical Medicine and International Health 1996; 1:86-96.

Colwell RR. Global climate change and infectious disease: the cholera paradigm. Science 1996; 271:2025-31.

Conti S, Meli P, Minelli G, Solimini R, Toccaceli V, Vichi M, Beltrano C, Perini L. Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. Environmental Research 2005; 98(3):390-99.

Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. American Journal Epidemiology 2002; 155(1):80-7.

De Diego D, Leon EM, Perpina TM, Compte TL. Effects of air pollution and weather conditions on asthma exacerbation. Respiration 1999; 66:52-8.

Díaz J, Ballester F, López-Vélez R. Impactos sobre la salud humana. En Moreno JM (ed). Evaluación Preliminar de los Impactos en España por los Efectos del Cambio Climático. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2005, pp. 727-71.

Díaz J, López C. Health impact of thermal extremes in Iberia: analysis and trends. cCASh Workshop on Vulnerability to Thermal Stresses, 5-7 Mayo 2003. Freiburg. Alemanya.

Donaldson GC, Kovats RS, Keatinge WR, McMichael AJ. Heat- and cold-related mortality and morbidity and climate change. En: Health Effects of Climate Change in the UK. Londres: Department of Health, 2001.

Donaldson GC, Keatinge WR, Nayha S. Changes in summer temperature and heat-related mortality since 1971 in North Carolina, South Finland, and Southeast England. Environmental Research 2003; 91(1):1-7.

Ebi KL. Adaptation costs for climate change-related cases of diarrhoeal disease, malnutrition and malaria in 2030. Globalization and Health 2008; 4:9 (disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556651/, accedido el 19 de febrero de 2011).

EEA. Impacts of Europe's changing climate: an indicator-based assessment. EEA Report No 2/2004, 2004.

EurowinterGroup. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. Lancet 1997; 349:1341-6.

Fouillet A, Rey G, Laurent F, Pavillon G, Bellec S, Guihenneuc-Jouyaux C, Clavel J, Jougla E, Hemon D. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. International Archives of Occupational Environmental Health 2006; 80(1):16-24.

Guest CS, Wilson K, Woodward A, Hennessy K, Kalstein LS, Skinner C, McMichael AJ. Climate and mortality in Australia: retrospective study, 1979-

1990, and predicted impact in five major cities in 2030. Climate Research 1999; 13:1-15.

Hayhoe K, Frunhoff P, Schneider S. Regional assessment of climate impacts on California under alternative emission scenarios. En Schellnhuber HJ (ed). Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, pp. 227-24.

Heudorf U, Meyer C. Health effects of extreme heat–an example of the heat wave and mortality in Frankfurt am Main in August 2003. Gesundheitswesen 2005: 67(5):369-74.

Hill J, Polasky S, Nelson E, Tilman D, Huo H, Ludwig L, Neumann J, Zheng H, Bonta D. Climate chanbe and health costs of air emissions from biofuels and gasoline. PNAS 2009; 106(6):2077-82. (disponible en: http://www.pnas.org/content/early /2009/02/02/0812835106.abstract, accedido el 19 de febrero de 2011).

Hübler M, Klepper G, Peterson S. Costs of climate change. The effects of rising temperature on health and productivity in Germany. Kiel Institute for the World Economy, Kiel Working Paper No. 1321, September 2007 (disponible en: http://ideas.repec.org/p/kie/kieliw /1321.html, accedido el 19 de febrero de 2011).

Hutton G. Protecting health from global climate change: economic analysis to enhance policy & decision. Support to member states. UNFCCC Technical Workshop on costs and benefits of adaptation options. Madrid, 22-24 de Junio de 2010 (disponible en: http://unfccc.int/files/adaptation /nairobi_work_programme /workshops_and_meetings/application /pdf/who_hutton_june2010.pdf, accedido el 19 de febrero de 2011).

IFRC. World disasters report 1998. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Oxford: Oxford University Press, 1998.

Institut de Veille Sanitaire. Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en août 2003. Département des maldies chroniques et traumatismes. Département santé environnement. Rapport d'étape, 29 août 2003.

Íñiguez C, Ballester F, Ferrándiz J, Pérez-Hoyos S, Saez M, López A, TEMPRO-EMECAS. Relation between temperature and mortality in thirteen Spanish cities. International Journal of Environmental Research and Public Health 2010; 7(8):3196-210.

Johnson H, Kovats RS, McGregor G, Stedman J, Gibbs M, Walton H. The impact of the 2003 heat wave on daily mortality in England and Wales and the use of rapid weekly mortality estimates. Euro Surveillance 2005; 10(7):168-71.

Kalstein LS. Direct impacts in cities. Lancet 1993; 342:1397-9.

Kalstein LS, Greene JS. An evaluation of climate/mortality relationship in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change. Environmental Health Perspectives 1997; 105:84-93.

Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, Tselepidaki I, Moustris K, Asimakopoulos D, Poulopoulou G, Trichopoulos D. Evidence of interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. Archives of Environmental Health 1993; 48(4):235-42.

Katsouyanni K. 1995. Health effects of air pollution in southern Europe: are there interacting factors?.

Environmental Health Perspectives 103 Suppl 2:23-7.

Khaw KT. Temperature and cardiovascular mortality. Lancet 1995; 345:337-8.

Kilbourne EM. Illness due to thermal extremes. En Wallace RB (ed). Maxcy-Rosenau-Last publich health an preventive medicine. 14th edition. Stamford, CT: Appleton-Lange, 1998.

Kríz B, Benes C, Cástková J, Helcl J. Monitotování epidemilogické situace v zaplaven'ych oblastech v Ceské Republice v roce 1997. En Davidová P i Rupes V (eds). Konference DDD'98: Kongresové Centrum Lázenská Kolonáda Podebrady, 11-13 Kvetna 1998, pp. 19-34.

Kunst AE, Looman CW, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: a time-series analysis. American Journal of Epidemiology 1993; 137(3):331-41.

Laake K, Sverre JM. Winter excess mortality: a comparison between Norway and England plus Wales. Age and Ageing 1996; 25:343-8.

Langford LII, Bentham G. The potential effects of climate change on winter mortality in England and Wales. International Journal of Biometerology 1995; 38(3):141-7.

Lawlor DA, Maxwell R, Wheeler BW. Rurality, deprivation, and excess winter mortality: an ecological study. Journal of Epidemiology and Community Health 2002; 56(5):373-4.

Losada I. El cambio climático en las zonas costeras: previsiones y estrategias de adaptación. (disponible en: http://www.rac.es/ficheros/doc /00397.pdf, accedido el 20 de febrero de 2011).

Martens WJM. Climate change, thermal stress and mortality changes. Social Science and Medicine 1997a; 46:331-44.

Martens WJM. Health impacts of climate change: an eco-epidemiological modelling approach. Maastrich: Netherlands, 1997b.

McMichael AJ, Haines A, Sinof R, Kovats S (eds). Climate change and human health. Ginebra: Organització Mundial de la Salut, 1996.

McMichael A, Githeko A (eds). Human health. En McCarthy JJ, Canzani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (eds). Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2001, pp. 453-85.

Menne B, Pond K, Noji EK, Bertollini R. Floods and public health consequences, prevention and control measures. UNECE/MP.WAT/SEM.2/1999/22, discussion paper presentado en United Nations Economic Commission for Europe (UNCE) Seminar on Flood Prevention, Berlin, 7-8 Octubre 1999. Roma: WHO Europe Centre for Environment and Health, 1999.

Michelozzi P, de Donato F, Bisanti L, Russo A, Cadum E, DeMaria M, D'Ovidio M, Costa G, Perucci CA. The impact of the summer 2003 heat waves on mortality in four Italian cities. Euro Surveillance 2005; 10(7):161-5.

Mudarri D. Public health consequences and cost of climate change impacts on indoor environments. The Indoor Environments Division Office of Radiation and Indoor Air U.S. Environmental Protection Agency, Washington, Enero 2010 (disponible en: http://www.epa.gov /iaq/pdfs/mudarri.pdf, accedido el 20 de febrero de 2011).

Munich Re. Annual Review: Natural Catastrophes 2003. Munich: Munich Re Group, 2004.

Nogueira PJ, Falcao JM, Contreiras MT, Paixao E, Brandao J, Batista I. Mortality in Portugal associated with the heat wave of August 2003: early estimation of effect, using a rapid method. Euro Surveillance 2005;10(7):150-3.

Noji EK. The nature of disaster. En Noji EK (ed). The public health consequences of disasters. Nova York: Oxford University Press, 1997.

Organización Mundial de la Salud. 50 facts from the 1996 World Health Report. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1996 (disponible en: http://www.who.org/whr /1996/50facts.htm, accedido el 24 de marzo de 2007)

Organización Mundial de la Salud. The Global Burden of Disease: 2004 update. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2008 (disponible en: http://www.who.int/healthinfo /global_burden_disease /2004_report_update/en/index.html, accedido el 19 de febrero de 2011)

Pan WJ, Li LA, Tsai MJ. Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese. The Lancet 1995; 345(11):353-5.

Pandey K. Costs of Adapting to Climate Change for Human Health in Developing Countries. Washington: The World Bank, 2010 (disponible en: http://www.preventionweb.net /english/professional/publications /v.php?id=16940 accedido el 19 de Febrero de 2011).

Parry MD, Canziani OF, Palutikof JP, van de Linden PJ, Hanson CE (eds). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York: Cambridge University Press, 2007 (disponible en: http://www.ipcc.ch /publications_and_data/ar4/wg2/en /contents.html, accedido el 19 de febrero de 2011).

Peacock JL. Acute effects of winter air pollution on respiratory function in schoolchildren in southern England. Occupational and Environmental Medicine 2003; 60(2):82-9.

Pekkanen J, Brunner EJ, Anderson HR, Tiittanen P i Atkinson RW. 2000. Daily concentrations of air pollution and plasma fibrinogen in London. Occupational and Environmental Medicine 57: 818-22.

Pirard P. Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented. Enfermedades Emergentes 2003; 5:145-6.

Pollution Probe. Primer on Climate Change and Human Health. Toronto, Canadà: Pollution Probe, 2004.

Poumadere M, Mays C, Le Mer S, Blong R. The 2003 heat wave in France: dangerous climate change here and now. Risk Analysis 2005; 25(6):1483-94.

Preston BL, Jones RN. Climate change impacts on Australia and the benefits of early action to reduce global greenhouse gas emissions: a report prepared for the Australian Business Roundtable on Climate Change. Victoria: CSIRO, 2006.

Saez M, Sunyer J, Castellsagué J, Murillo C, Antó JM. Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach

in Barcelona. International Journal of Epidemiology 1995; 24:576-82.

Saez M, Sunyer J, Tobías A, Ballester F, Antó JM. Ischaemic heart disease mortality and weather temperature in Barcelona, Spain. European Journal of Public Health 2000; 10(1):58-63.

Saez M, Lertxundi-Manterola A. Canvi climàtic i salut. En Llebot JE (ed). Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya [en Catalán] Barcelona: Institut d'Estudis Catalans i Consells Assessor per al Desenvolupament Sostenible, 2005, pp. 647-73.

Saez M, Barceló MA. La salut ja no és el que era. En Corbet J y Ros J (eds). Canvi Climàtic: Som a temps d'aturar-lo? [en Catalán]. Barcelona: Institut d'Estudis de la Seguretat, 2007, pp. 89-124.

Sakamoto-Momiyama M. Seasonality in human mortality: a medico-geographical study. Tokyo: University of Tokyo, 1977.

Schröter D, Carme W, Leemans R, Colin-Prentice I, Araujo MB, Arnell NW, Bondeau A, Bugmann H, Carter TR, Gracia CA, de la Vega-Leinert AC, Erhard M, Ewert F, Glendining M, House JI, Kankaanpää S, Klein RJT, Lavorel S, Lindner M, Metzger MJ, Meyer J, Mitchell TD, Reginster I, Rounsevell M, Sabaté S, Sitch S, Smith B, Smith J, Smith P, Sykes MT, Thonicke K, Thuiller W, Tuck G, Zaehle S, Zierl B. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. Science 2005; 310:1333-7.

Shindell S, Raso J. Global climate change and human health. Nova York: The American Council on Science and Health, 1997 (disponible en http://www.acsh.org/publications /pubID.868/pub_detail.asp; accedido el 18 de febrero de 2011).

Stern N. The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge: Cambridge University Press, 2007 (disponible en: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk /+/http://www.hm-treasury.gov. ukindependent_reviews/stern_ review_economics_climate_change /stern_review_report.cfm, accedido el 19 de febrero de 2011).

Tol RSJ. Estimates of the damage costs of climate change. Part I: Benchmark estimates. Environmental and Resource Economics 2002; 21:47-73 (disponible en: http://www.springerlink.com/content /maxtvyqm2yr5yax0/, accedido el 19 de febrero de 2011).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (disponible en: http://unfccc.int/adaptation/items /4159.php, accedido el 19 de febrero de 2011).

Vandentorren S, Empereur-Bissonnet P. Health impact of the 2003 heat-wave in France. En Kirch W, Menne B, Bertollini R (eds). Extreme Weather Events and Public Health Responses. Springer, 2005, pp. 81-8.

3.3. Procesos atmosféricos en la Cuenca Mediterránea Occidental: El ozono troposférico y otros aspectos climáticos

Este documento sintetiza una serie de conocimientos sobre procesos atmosféricos y climáticos en la Cuenca Mediterránea obtenidos por el autor a lo largo de unos 37 años. El texto presenta las relaciones específicas entre dos tópicos: (1) los ciclos de ozono troposférico observados en la Cuenca Mediterránea Occidental (CMO), y (2) los procesos climáticos que pueden conducir a la desertificación en esta región. Aunque los datos y conocimientos se han obtenido de una forma iterativa durante el periodo mencionado, y se describe en el texto, el contenido se presenta como si el autor hubiese dispuesto de toda la información desde el principio. El texto argumenta, con ejemplos y datos, por qué los Modelos Globales del Clima no sirven en latitudes subtropicales como el Mediterráneo. Estas críticas a los dos últimos informes de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC TAR 2001; IPCC 4AR 2007) son parte de un documento elaborado a petición de la DG RTD (Research & Innovation), de la Comisión Europea, presentado en Bruselas en julio del 2010.

1.- Introducción

La conferencia de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en Estocolmo tuvo lugar del 5 al 16 de junio de 1972 y lanzó el tema del medio ambiente[1] a nivel mundial. Esta conferencia compiló y sintetizó los conocimientos, las preocupaciones sobre el Medio Ambiente, y las iniciativas ya en curso, generadas a partir de los grandes episodios de contaminación atmosférica en los Estados Unidos (Pittsburgh, PA), Canadá (Trail, British Columbia), Reino Unido (Londres), Bélgica (Meuse) y otros lugares desde finales de los años 1940.

En 1972 coexistían varias disciplinas relacionadas con el tema ambiental. Sanidad relacionaba los efectos de los contaminantes en las personas (inicialmente por SO_2, y humos negros), y trabajaba en la medida analítica de las concentraciones en ambiente[2]. Por ejemplo, aunque el ozono troposférico parecía ser un problema solo en Los Ángeles, ya se estaban desarrollando técnicas para su medida junto con otros compuestos (óxidos de nitrógeno, vapores orgánicos, partículas, etc.). En el otro extremo del arco se situaba la ingeniería industrial, que incluía la química de los procesos, el diseño de las grandes plantas industriales (centrales térmicas, refinerías) con las técnicas de control de sus emisiones y métodos de medida en chimenea, etc., todas concebidas inicial y (casi) exclusivamente para optimizar los rendimientos de producción.

Otras disciplinas estaban en una fase más temprana. Por ejemplo, el estudio de los efectos de los contaminantes: sobre cultivos y la vegetación natural, sobre el patrimonio artístico, sobre los materiales y estructuras, etc. El tema común y, posiblemente, la disciplina menos desarrollada de todas ellas era, y sigue siendo, la dispersión (difusión más transporte) de los contaminantes

1. Realmente con un sesgo muy marcado, y casi exclusivo, hacia la contaminación atmosférica.

2. El término inmisión, que este autor trata de no utilizar, fue introducido en Francia en 1972?, implicando la concentración inhalada por el sujeto, como si ésta fuese diferente de la concentración ambiental existente en la base de la nariz¡?, y/o como palabra complementaria a la emisión, o quizás por aquello de ser siempre diferentes.

en la atmósfera y las transformaciones químicas que estos sufren desde su fuente de emisión hasta el punto de medida. Esta disciplina incluye el estudio de los ciclos diarios de las concentraciones en función de la orografía, y de las condiciones meteorológicas dominantes y particulares de cada emplazamiento.

En la Conferencia de Estocolmo se puso mucho énfasis en el transporte de contaminantes a largas distancias, y la lluvia ácida[3]. En el área ambiental, los problemas causados por las "chimeneas altas" son uno de los casos más típicos de lo que puede suceder cuando unos profesionales de un tema "se meten en lo que no saben" y les sale mal. Para resolver el problema causado por las calefacciones domésticas, se desarrollaron nuevas plantas de generar electricidad, que daban lugar a grandes emisiones. La "solución rápida" para dispersarlas y evitar la contaminación atmosférica a escala local, fue el expeditivo método de mandar los contaminantes más lejos de los focos de emisión. Para ello, los ingenieros extrapolaron los formulismos ya existentes (considerados demasiado "simples" incluso en aquella época) para el cálculo de sus chimeneas industriales[4]. Esto es, sin tener en cuenta lo que podría hacer la atmósfera con los contaminantes emitidos por encima de 60-100 m de altura.

Este tipo de problema es común en todas las áreas científicas interdisciplinares. Se tiende a exigir todo tipo de exactitudes y precisiones en el tema que uno conoce y, sin embargo, tan pronto se requiere información de otra área científica se aceptan y utilizan formulismos disponibles, que pueden ser, unas veces demasiado simples para el problema considerado, y otras veces directamente inaplicables. La contaminación atmosférica y sus efectos necesitan un tratamiento multidisciplinar, difícil en Europa donde los "corporativos oficiales" tienden a repartirse cualquier tema y luego ignorarse mutuamente. Por ejemplo, la disciplina analítica en condiciones óptimas de laboratorio, puede exigir precisiones de milésimas en la medida de un compuesto, y esperar (y/o exigir) que también las cumplan los sensores comerciales para una red de medida de contaminación atmosférica. El problema es que para conseguir esa exactitud y estabilidad en un sensor, que se ubica en un entorno rural (i.e., lejos), o incluso peri-urbano, se requiere un mantenimiento exquisito del sensor, normalmente incompatible con un coste razonable.

Al mismo tiempo el mismo grupo analítico tiende a aceptar sin cuestionarse las magnitudes de las variables meteorológicas que llevan los contaminantes desde sus focos de emisión a sus sensores, p.ej., la velocidad y dirección del viento, que no se suelen medir con precisiones mejores de un 10% del fondo de escala. De esta "infeliz" combinación difícilmente se consigue que los monitores de una red de sensores logren operar con un ciclo útil de medida superior al 75% del tiempo como requieren las directivas,

3. El hecho de que Suecia ya había denunciado este problema y otros, pudo haber sido (fue) uno de los factores dominantes para que la reunión se celebrara precisamente en Estocolmo, y no en Pittsburgh (EEUU) como se pretendía inicialmente.

4. En su cálculo se extrapolaban formulismos que habían sido desarrollados para chimeneas con alturas inferiores a unos 60 m y que en muchos casos, por ejemplo, en terrenos mínimamente complejos ya eran de dudosa utilidad. Desgraciadamente se siguen utilizando en casi todos los estudios de evaluación del impacto ambiental en los países del sur de Europa.

elaboradas por burócratas con poca o ninguna experiencia en medidas de campo (día, noche, llueva o nieve), a menos que se hagan trampas con las series de datos. Por ejemplo, si las empresas de mantenimiento terminan gestionando también la adquisición de datos (caso muy común), estas tienden a "fabricar" series con ciclos útiles superiores al 90% empalmando, o sustituyendo, los huecos de datos con trozos de series de años anteriores. Por otra parte, los sensores meteorológicos de la misma estación de medida, diseñados para trabajar a la intemperie (y más robustos, a costa de su precisión) pueden funcionar durante años sin necesidad de mantenimiento.

El resultado de una interdisciplinaridad poco consolidada era ya evidente en Europa en 1972, y la situación puede ser actualmente incluso peor. La creación de las agencias de Medio Ambiente, con su tendencia burocrática a rellenar papeles y aceptar sin cuestionar procedimientos desarrollados en "países serios", ha llegado a casos en los que creen que si se cumplen los criterios de emisión en una fuente industrial[5] (fijados por el tipo de proceso y mejor tecnología disponible) se cumplen, automáticamente, los de "inmisión" en su entorno circundante (fijados por criterios sanitarios). Como siempre, nadie parece tener en cuenta cómo llegan los contaminantes de un punto a otro en el mundo real y se sorprenden cuando un episodio de contaminación les recuerda que hay condiciones de estancamiento atmosférico en las que no existe "un viento dominante" (neto) y, por lo tanto las emisiones no se dispersan.

Problemas similares ocurren al hacer estudios (estadísticos) de relaciones causa-efecto, contaminación atmosférica-salud pública, cuando se utilizan procedimientos, o modelos, que pueden ser solo aplicables en sus países de origen. Si el comportamiento de los contaminantes está dominado por escenarios orográficos y condiciones dispersivas muy diferentes de donde se desarrolló el procedimiento, pueden obtenerse resultados "inexplicables", "anómalos" o, en general, difíciles de entender. Cuál es la situación en la Cuenca Mediterránea Occidental con respecto al ozono troposférico, por qué existen esas diferencias, y cómo se relaciona, a su vez, con algunos aspectos del cambio climático en el sur de Europa, es el tema de este trabajo.

2.- Los Programas Europeos en Medio Ambiente y Clima

En los años siguientes a la Conferencia de Estocolmo (*circa* 1973-74), la Comisión de las Comunidades Europeas CCE (actualmente la Comisión Europea CE) de la Comunidad Económica Europea CEE (actualmente Unión Europea UE) comenzó a plantearse cómo cumplir con las recomendaciones y los compromisos adquiridos en la Conferencia de Estocolmo, y cómo apoyar el futuro desarrollo de directivas europeas en contaminación del aire[6]. En 1972 el Gobierno de Francia había propuesto un nuevo tipo de instrumento legal denominado Acciones para la *COoperation Scientifique et Technique* (Acciones COST) que fue aceptado por

5. Incluyendo los criterios simplistas para el cálculo de la altura de la chimenea.

6. Toda la investigación financiada por la CE es de tipo prenormativo y/o de apoyo a los compromisos internacionales de la Unión Europea, por ejemplo, para la Convención del Transporte a Larga Distancia o la del Protocolo de Kioto.

la CCE. Su objetivo fundamental era, precisamente, fomentar la interdisciplinaridad y cooperación entre los "corporativos oficiales" de Europa, a través del intercambio de conocimientos y experiencias y, de este modo, evitar situaciones como las mencionadas.

Canadá había creado su Ministerio de Medio Ambiente (*Environment Canada*) en 1972 con un Servicio Ambiental Atmosférico (*Atmospheric Environment Service, AES*) donde se estaba desarrollando el, entonces "novedoso", tema de evaluación del impacto ambiental. En este contexto, a principios del año 1973, la CCE pidió al Gobierno de Canadá su cooperación para lanzar el Programa Europeo en Medio Ambiente y Clima, invitando a que el AES participase en la primera Acción COST (61a) sobre Físico-Química Atmosférica[7]. Para este cometido, el AES designó al Dr. Douglas Whelpdale, especialista en aspectos legislativos y relaciones internacionales, y al Dr. Millán Millán (el autor), especializado en los estudios de dispersión de contaminantes en terrenos complejos (Millán 1984a) y desde chimeneas altas, incluyendo el transporte de contaminantes a larga distancia y las lluvias ácidas (Millán et al. 1976; Millán & Chung 1977; Millán et al 1982), y responsable de la medida de los flujos transfronterizos de SO_2 entre Estados Unidos y Canadá (Millán 1978a; 1978b; 1979).

En la Conferencia de Estocolmo, los estudios de dispersión de contaminantes en diferentes tipos de terreno y condiciones climáticas se consideraban como una prioridad muy alta, por las razones ya expuestas. En ese contexto la CCE organizó las seis Campañas Europeas para la Medida de la Contaminación Atmosférica con Sensores Remotos (CEMCASR, de 1975 a 1983) (Guillot et al. 1979, Sandroni & De Groot 1980; Guillot 1985), en cuyo diseño participó el autor, y cuya finalidad incluía la de intercomparar e intercalibrar los (entonces) nuevos sensores remotos, el LIDAR (Hamilton 1967; 1969; Hamilton et al. 1978; Camagni & Sandroni 1984) y el COSPEC (Millán 1970; Newcomb & Millán 1970; Moffat & Millán 1971; Millán 1972; Millán & Hoff 1978; Millán 1984b), y optimizar los modelos de dispersión. Durante los años 1973 a 1986, dentro de varias Acciones COST, el autor diseñó el programa de optimización de la red de sensores de Holanda (RIVM), Bélgica, Alemania Federal, y los programas de medida de los flujos transfronterizos de SO_2 entre los países del Este (Alemania, Polonia, Checoslovaquia) (Beilke et al. 1987; 1988) y el resto de Europa (Alemania Federal, Bélgica Holanda, Reino Unido, ITAP 1978).

Desde el punto de vista y experiencia del autor, lo mas significativo, en los primeros 14 años de cooperación con la CCE (1973-1986) fue descubrir las grandes diferencias existentes entre: (1) las zonas al norte de los Alpes con terrenos esencialmente llanos y/o con colinas suaves, cuya dispersión de contaminantes está dominada principalmente por condiciones advectivas, i.e., de transporte atmosférico bajo "vientos dominantes" (fuertes), con episodios puntuales de concentraciones muy altas causados por estancamiento anticiclónico, y (2) la dinámica de los contaminantes en la

7. Como suele caracterizar la fina política europea de "afeitar huevos" con la Subsidiaridad, el término Ambiente (o Medio Ambiente), no se podía utilizar, ya que se lo reservaban los estados miembros y las regiones (autonomías) para cuando estos creasen sus propios ministerios. Por ejemplo, en España no se creó un ministerio del Medio Ambiente hasta el año 1996.

Cuenca Mediterránea, en terrenos montañosos y/o costas respaldadas con montañas, donde dominan los vientos locales con oscilación diurna, esto es, con cambio de dirección día-noche.

El viento es aire en movimiento y, por tanto, si la masa de aire oscila la ventilación neta es débil o nula. Estas condiciones tienden a crean episodios menos intensos que los de Europa Central pero de tipo crónico, como se muestra en este trabajo. A la hora de evaluar los resultados experimentales durante las reuniones de las Acciones COST, con grupos del Reino Unido, Holanda y Alemania, y debatir la aplicabilidad de los formulismos ya existentes (aplicados por ellos), la sensación era como la de querer tratar a un enfermo con el diagnóstico de otro, o la de utilizar el medicamento correcto para el enfermo que no es.

3.- Algunos problemas ambientales en la Cuenca Mediterránea (1986)

Durante los años 1974 a 1983 y los siguientes, a través de las sucesivas Acciones COST en el dominio de Medio Ambiente (COST 61a, 61b, 611, 615, 617,...), la CCE recibía información sobre la situación ambiental en los estados miembros, y de los problemas emergentes. Esta información, y las preguntas planteadas, se utilizaban para elaborar las listas de prioridades a financiar en los sucesivos Programas Marco de Investigación de la Comisión Europea.

A la incorporación de España y Portugal en la CEE (enero 1986), la lista de problemas identificados en la región mediterránea incluía, entre otros, los siguientes: las altas concentraciones de ozono observadas en las costas mediterráneas y su "peculiar comportamiento" durante el día (Figura 1), los altos niveles de nitratos depositados por vía atmosférica sobre el mar Mediterráneo documentados en el proyecto European River Ocean System 2000 (EROS 2000) de la CE, el comportamiento de los vientos locales que hacían poco utilizables los modelos de dispersión existentes[8], y el fallo sistemático de los modelos de predicción meteorológica en el caso de las grandes inundaciones de otoño en la Cuenca Mediterránea[9].

Desde mediados de los años setenta se tenía constancia de la existencia de daños en cultivos mediterráneos causados por ozono. Estos fueron detectados casi simultáneamente en varios países, aunque los informes no aparecieron hasta fechas muy posteriores. Por ejemplo, los de Israel publicados por Naveh *et al.* (1978), los de Italia por Lorenzini & Panattoni (1986) y los de España en el Delta del Ebro por Salleras (1989), documentaron los altos niveles de ozono troposférico observados, circa 1975-1983, en las pocas estaciones existentes en la costa mediterránea y, en particular, su evolución en forma de onda cuadrada durante el día (Figura 1).

Las concentraciones altas, en primer lugar, y su valor casi constante durante el periodo de brisa de mar, se

8. En algunos de los textos de las directivas europeas se recomienda "no ubicar sensores de ozono en la costa y picos de montañas donde cambia el viento". Esta es una de las típicas meteduras de pata arrastradas desde entonces, y que no corrigió la DG ENV. Está claro que los burócratas de Bruselas prefieren que todo el clima en Europa sea como el de Holanda, y que el concepto de vientos dominantes, intensos y unidireccionales sea también igual en todo el continente.

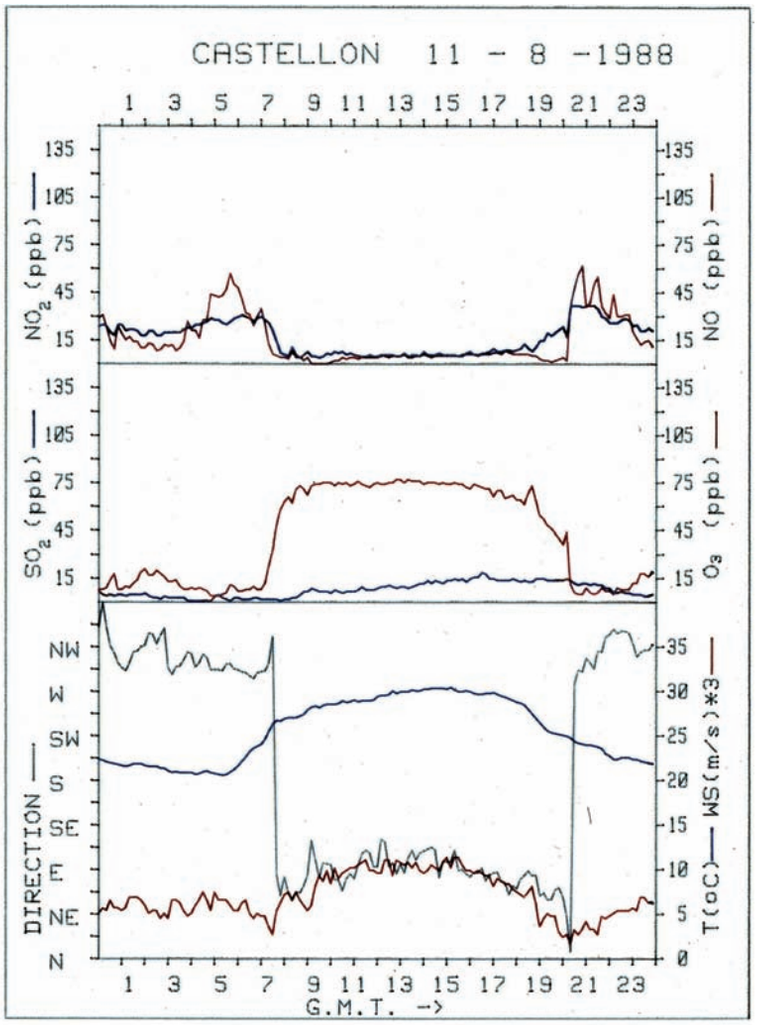
9. Estas solían ocurrir con un anticiclón sobre Europa y altas presiones sobre el Mediterráneo Occidental. El pronóstico solía ser de buen tiempo.

consideraron "anómalas" o "inexplicables", o causadas por problemas con los instrumentos de medida, y esto retrasó su aceptación[10]. En primer lugar porque no se esperaba la existencia de ozono troposférico en esta región (Mediterráneo) y, en segundo lugar porque, una vez comprobados los sensores, los ciclos observados no se comportaban siguiendo las "pautas aceptadas" en contaminación atmosférica (en aquel momento). Esto es, el ciclo diurno no se parecía en nada al de Los Ángeles (ver los datos de la estación ARAG en la Figura 9), ni las concentraciones variaban de modo inversamente proporcional a la velocidad del viento (que se explica en la Sección 8).

A pesar de ello, en junio del 1983, durante la Sexta Campaña Europea para la Medida de la Contaminación Atmosférica con Sensores Remotos (Le Brass 1988), en Fos-Berre, Marsella (Francia), el avión instrumentado Falcon del DVL alemán, detectó altos niveles de ozono en los flujos de retorno de la brisa de mar. Esto sugería que los contaminantes emitidos en las costas durante el periodo de brisa de mar, y/o sus productos derivados, podían retornar hacia el mar en altura, como se había documentado en los Grandes Lagos de Norteamérica por Lyons & Olsson (1973), Lyons & Cole (1973; 1976) y Portelli et al. (1982).

La formación de estratos de reserva sobre el mar, y su fumigación sobre las zonas costeras el(los) día(s) siguiente(s) y, por tanto, la posibilidad de que se desarrollasen recirculaciones verticales y acumularan contaminantes sobre las zonas costeras y el mar durante varios días consecutivos, fueron algunas de las

Figura 1.- Relación entre las concentraciones de ozono y el ciclo de brisa el día 8 de agosto del 1988 en el emplazamiento Castellón Sur (CS SUR, ver la Figura 5). Estas medidas eran parte de las campañas del proyecto MECAPIP (iniciado en enero, 1988). En este caso los valores de NOx descienden durante el periodo de la brisa, que los desplaza hacia el interior mientras que el aire marino trae altos valores de ozono. La asociación del ciclo de brisa, i.e., el cambio de dirección del viento aproximadamente a las 07.30 desde WNW (terral) a ENE (brisa de mar) y su retorno a NW (terral) a las ≈ 20.20, y el perfil de las concentraciones de O3 es muy clara. La duración promedio del periodo de brisa en este emplazamiento es de ≈ 12 a 14 horas durante el verano (julio-agosto).



10. Y sigue siendo un problema. En la sede del EMEP (Suecia) se mantiene aún que esos niveles vienen de EEUU.

hipótesis avanzadas por el autor y presentadas a los miembros de la Acción COST 61b en Bruselas[11] en 1983. Estas hipótesis fueron finalmente utilizadas tres años más tarde, después de la entrada de España en la CEE, para preparar la oferta del proyecto MEso-meteorological Cycles of Air Pollution in the Iberian Peninsula MECAPIP (Millán et al. 1991; 1992). Finalmente, en el orden climático, a la entrada de España ya se anticipaban posibles problemas relacionados con el ciclo hidrológico en el sur de Europa y, en particular, con la pérdida de las tormentas de verano (Millán 2010).

4.- Circulaciones atmosféricas en las costas del Mediterráneo y su relación con las tormentas de verano

Las tormentas de verano se forman (o se solían formar) por la tarde sobre las montañas que rodean la Cuenca Mediterránea Occidental a unos 60-80(+) km del mar. Estas tormentas representan el estadio final de un sistema de vientos costeros que se desarrolla durante las horas diurnas del verano, combinando las brisas marinas con los vientos de ladera para formar lo que llamaremos de aquí en adelante, la brisa combinada. Las características particulares de este sistema de vientos han sido documentadas en varios proyectos de la Comisión Europea (Millan et al. 1992; 1997; 2000; 2002), y se derivan de la naturaleza misma de la Cuenca Mediterránea Occidental (CMO), viz.: un mar interior grande y profundo, situado en las latitudes subtropicales, rodeado totalmente por montañas altas. Las características siguientes diferencian la brisa combinada de "una brisa de mar clásica" (Munn 1966, Stull 1988):

1. Las celdas de vientos de ladera se desarrollan a primera hora de la mañana (i.e., justo después del amanecer) sobre las laderas orientadas al este y al sur (Millan et al. 1991; 1992).

2. La brisa de mar se desarrolla a media mañana. Durante julio y agosto, su duración media y la distancia media de su avance tierra adentro son, respectivamente, 14 horas y 160 km (Figuras 1 y 8, Millan et al. 2000).

3. La brisa de mar entra de forma escalonada, incorporando una tras otra las celdas circulatorias de los vientos de ladera formadas durante el día (Figura 2). Este comportamiento contrasta con el una brisa clásica, cuya penetración sobre un litoral llano es más suave y fluida.

4. Después de cada salto hacia el interior, el frente de la brisa puede permanecer anclado en ese accidente orográfico entre media y una hora, o más, antes de saltar a la siguiente posición hacia el interior. Se observó este proceso por primera vez al seguir la evolución de los pequeños cúmulos que se forman en el frente de la brisa (Millan et al. 1992).

5. El frente de la brisa combinada puede tardar entre 4 y 6 horas para llegar desde la costa a la cima de las montañas a unos 60-100 km tierra adentro.

6. Una vez que el frente llega a la cima de las montañas, tiende a quedarse anclado en esa posición, i.e., que pasa a ser el último paso de su

11. Cuando aún se esperaba que España ingresara la CEE a principios de 1984.

entrada, y puede permanecer en esa posición de 4 a 6 horas, hasta el final del periodo de la brisa.

En el borde frontal de una brisa "clásica" una cortina de aire se eleva desde la superficie hacia arriba, y es inyectada en el flujo de retorno en altura. Esto sucede conforme la brisa progresa hacia el interior (Munn 1966). En la brisa combinada, sin embargo, el frente avanza hasta una posición y permanece allí cierto tiempo, hasta que avanza a la siguiente posición, y así sucesivamente. Cada posición del frente está condicionada por la orografía, y la inyección sobre cada posición permanece fija durante un periodo de tiempo. Este proceso se parece a la formación de nubes de chimenea (*chimney clouds,* Huschke 1986) y utilizaremos el término "chimenea" (de tipo orográfico-convectivo) para describir dicho mecanismo de inyección.

Otro aspecto importante es que la altitud de la inyección aumenta en cada chimenea. Esto ocurre en parte porque la base de cada chimenea se forma a una altura superior sobre las laderas, y en parte porque la temperatura potencial del aire inyectado aumenta por su mayor recorrido sobre el suelo caliente. Finalmente, después de cada paso, los flujos de retorno se mueven hacia el mar y se hunden a lo largo de su recorrido (subsidencia compensatoria). La magnitud de su hundimiento es también comparable a la altitud de la base de la chimenea en la que han sido inyectados (Figura 2). A su vez, el hundimiento tiende a incrementar la estabilidad del aire en los flujos de retorno, lo que favorece que estos se estabilicen y formen una serie de estratos sobre las zonas costeras y el mar (Figura 3, Millán et al. 2000). Todos los mecanismos descritos forman parte de un lazo de circulación vertical "cerrada" que va aumentando en extensión y

Figura 2.- Simulación con el Modelo meso-meteorológico RAMS (Pielke et al. 1992) de la componente vertical de la velocidad del viento el 27 de julio de 1989, proyectada sobre un plano que pasa por la Latitud 40º N, que cruza la ciudad de Castellón hacia la Sierra de Javalambre (ver la Figura 5). Ilustra el desarrollo de la brisa combinada de los vientos de ladera y la brisa de mar; la "brisa combinada". La componente de ascenso se indica con líneas sólidas y la de hundimiento con líneas de trazos. A las 10.00 UTC, el frente de la brisa ha penetrado ≈ 30 km, y se observan otras tres celdas de vientos de ladera al interior, todas las cuales se completan con sus correspondientes subsidencias entre celdas. Las flechas rojas indican el componente superficial de las brisa de mar y vientos de ladera, mientras que la subsidencia en altura se muestra con flechas azules. A las 12.00 UTC, el frente de la "brisa combinada" ha incorporado otra celda de los vientos de ladera y ha penetrado a ≈ 40 km. Sin embargo, quedan otras dos celdas de vientos de ladera con la última, muy intensa, a ≈ 80 km de la costa. A las 14.00 UTC, la brisa combinada ya ha incorporado todas las celdas y su "chimenea convectiva" alcanza ≈ 3.5 km de altitud. A las 18.00 UTC, el frente de la brisa combinada sigue anclado sobre las cimas a 80 (+) km de la costa, aunque su chimenea es ya más débil (i.e., ≤ 3000 m). Se puede observar que: (a) a la derecha de la chimenea los flujos de retorno en altura están afectados por hundimiento compensatorio a lo largo de todo su camino hacia el mar, y (b) la cantidad total de hundimiento que experimentan es comparable a la altura de las montañas sobre las que se ha producido la inyección.

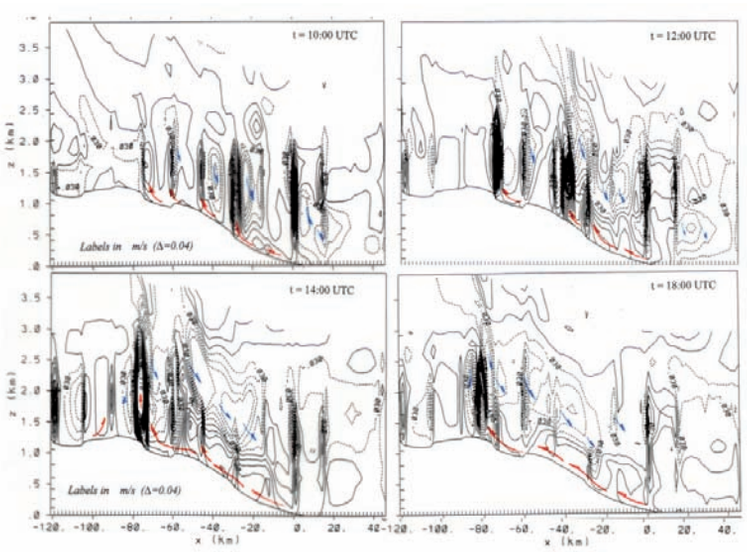
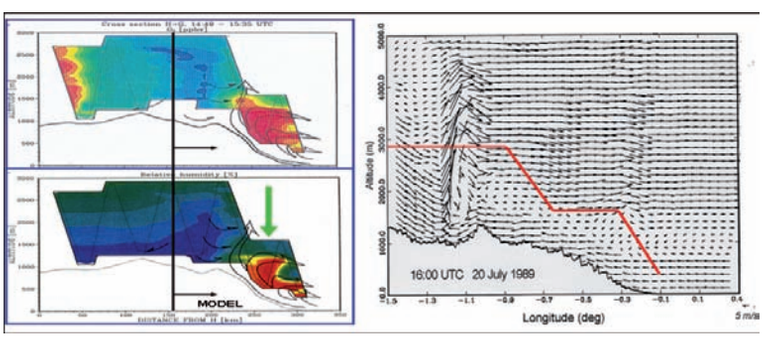


Figura 3.- Lado izquierdo: Corte peninsular (350 km de Castellón a Guadalajara) con las distribuciones de ozono y vapor de agua medidas con un avión instrumentado en el proyecto MECAPIP el 20 de julio de 1989, a las 14.49-15.59 UTC (Millán et al. 1992). La trayectoria vertical en diente de sierra está marcada con puntos. Si no se desarrollan tormentas en el frente de la brisa combinada de mar y de ladera, los contaminantes y el vapor de agua siguen los retornos de la brisa en altura y forman estratos sobre el mar. En este caso se pueden observar tres estratos. El vapor de agua, por tanto, puede ser utilizado como trazador de oportunidad para caracterizar la dinámica de las masas de aire recirculadas por los vientos costeros en la Cuenca Occidental. La flecha verde muestra lo que ve un satélite mirando verticalmente, p.ej, el NASA MODIS-Terra (King et al. 2003), al pasar sobre las chimeneas orográficas en el frente de la brisa combinada (Figura 12). Lado derecho: Resultados del modelo RAMS (Pielke et al. 1992) sobre los últimos 180 km del plano vertical seguido por el avión (marcado en el otro gráfico con MODEL →) el mismo día a las 16.00 UTC (rejilla de 2 km x 2 km) que muestran la chimenea orográfica al final de la brisa combinada a esta hora, a ≈90 (+) km de la costa. Para resaltar su estructura, la componente vertical de la velocidad se ha multiplicado por diez. Las líneas rojas muestran los límites verticales del vuelo, y es obvio (ahora) que no alcanzó la suficiente altitud para captar toda la profundidad de las inyecciones. No obstante, el modelo sí es capaz de reproducir las características principales de los flujos, si no los detalles finos (i.e., todas las capas formadas en los flujos de retorno).



profundidad durante la mañana, alcanza su máxima extensión poco después del mediodía, y cesa a finales de la tarde, solo para reiniciarse a partir de la salida del sol del día siguiente.

Finalmente, cada "chimenea" inyecta en los flujos de retorno un volumen considerable de la masa de aire que va llegando a su base a lo largo de la superficie. En principio, la longitud que alcanza la masa de aire inyectado en el flujo de retorno es comparable a la distancia que separa la base de la chimenea actual de la chimenea anterior. Sin embargo, cuando la subsidencia anticiclónica (Azores) es intensa, los estratos inyectados a más altura adquieren características de *jet* (chorro laminar), y la longitud recorrida en altura puede ser mayor que la distancia entre bases sucesivas. De hecho, los estratos inyectados a mayor altitud, y a más distancia de la costa, pueden adelantarse a los inyectados a menos altura, y a menos distancia de la costa unas horas antes, y llegar al centro de la cuenca Balear en unas horas[12].

El número de pasos que necesita la "brisa combinada" para llegar a las crestas de las montañas del interior y, por tanto, el número de estratos que se llegan a formar (de 3 a 5 en un día), depende de la configuración de las laderas de las montañas que rodean la CMO (Figura 2). Durante los procesos descritos se pueden formar tormentas tan pronto se alcance el Nivel de Condensación por ascenso Convectivo NCC (*Convective Condensation Level,* CCL) en la masa de aire que entra con la brisa. Esto puede ocurrir normalmente en la base de, o dentro de, la chimenea actual. La

12. Este tipo de comportamiento se ha observado en las nubes de humo producidas durante los fuegos forestales (p.ej., Buñol, 1991). Las fotos del Satélite METEOSAT muestran que la pluma de humo recorre más de 300 km, y se sitúa encima de las Baleares, en unas 3 horas.

condensación puede disparar convección húmeda más profunda y la formación de una tormenta. Finalmente, si las condiciones favorecen el desarrollo de una tormenta, la masa de aire inyectada en su base se mezcla hasta la tropopausa (12 - 14 km) y la circulación cerrada se "abre". Esto es, el sistema circulatorio descrito pasa a comportarse como un pequeño monzón.

Sin embargo, la formación de una tormenta, en cualquiera de las chimeneas orográficas, necesita un añadido de vapor de agua a la masa de aire que entra con la brisa para compensar su calentamiento al pasar por el suelo caliente (Millán et al. 2005). Esto es, para mantener el nivel de condensación más bajo que la altura máxima de inyección vertical en la chimenea. El añadido de vapor de agua procede de la evaporación de la superficie, los humedales, bosques, regadíos, etc. Si el contenido de vapor de agua no aumenta lo necesario, domina el calentamiento, el nivel de condensación sube, la brisa sigue entrando hacia el interior, las masas de aire siguen siendo inyectadas a alturas progresivas, y formando estratos en los flujos de retorno. En este caso, se puede cruzar un "primer umbral crítico" (o *tipping point*) tan pronto como el nivel de condensación por ascenso convectivo (NCC) sea superior a la altura máxima de inyección sobre las montañas del interior (Figura 15).

Bajo esas condiciones las circulaciones costeras permanecen "CERRADAS". Esto es, las tormentas no se forman y los retornos en altura continúan moviéndose hacia el mar, y formando estratos todo el día. Dichos estratos contienen el vapor de agua acumulado por la brisa y los contaminantes que esta recoge, y pueden alcanzar alturas de más de 4.500 m sobre la Cuenca Mediterránea Occidental. Está ahora claro, después del análisis de las precipitaciones en esta zona (Millán et al. 2005b; Millán 2010), que las circulaciones cerradas eran las dominantes durante el desarrollo de los proyectos europeos.

Figura 4.- Simulación RAMS del campo de vientos en la Cuenca Mediterránea a las 16.00 UTC el 19 de julio de 1991. Dos vuelos en espiral (ascenso y descenso) tuvieron lugar a esa hora sobre el triángulo y línea vertical marcados en rojo al sur de Mallorca. Gráfico superior. Los vientos a 14,8 m emergen del centro de la cuenca y aumentan en velocidad mientras fluyen de forma anticiclónica (en sentido de las agujas del reloj) hacia las líneas de convergencia (color naranja) ubicadas sobre las cadenas montañosas que rodean la cuenca. Gráfico inferior. Componente vertical de la velocidad sobre el paralelo 39,5° N (línea de trazos azul en el gráfico superior); muestra profundas inyecciones orográficas (líneas sólidas) sobre la costa este española, y siguiendo hacia la derecha, sobre Cerdeña y las laderas orientadas al oeste de Italia, Grecia y Turquía. Para sustituir el aire que fluye hacia las costas la continuidad requiere hundimiento generalizado (i. e., subsidencia, líneas de trazos) sobre el mar.

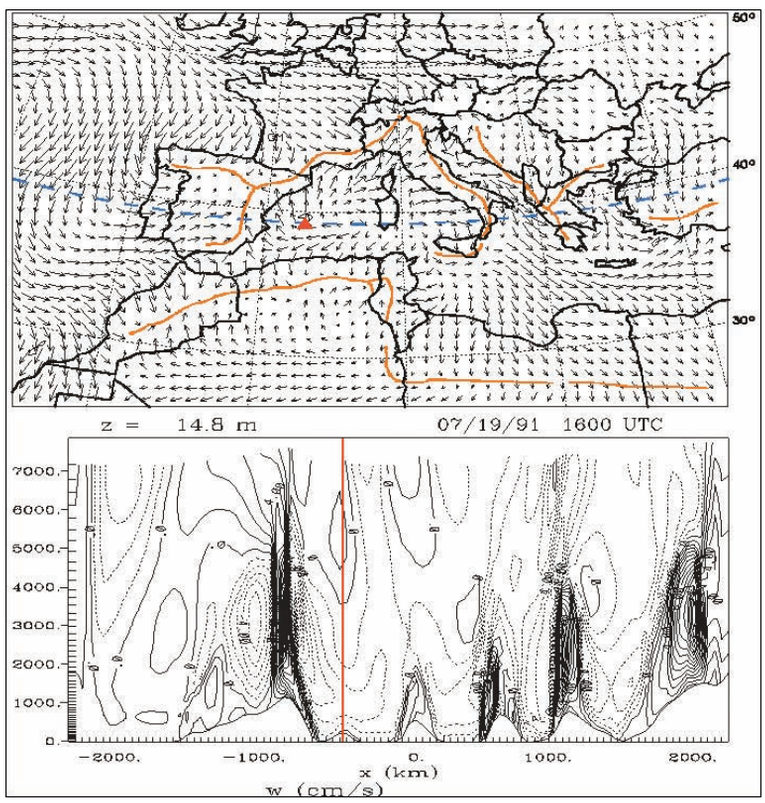


Figura 5.- Una de las áreas experimentales usadas en nueve proyectos de la CE en la Cuenca Mediterránea, las coordenadas están en longitud y latitud. Las flechas muestran los puntos de sondeos meteorológicos y algunas de las estaciones utilizadas en las Figuras 8, 9 10 y 11.

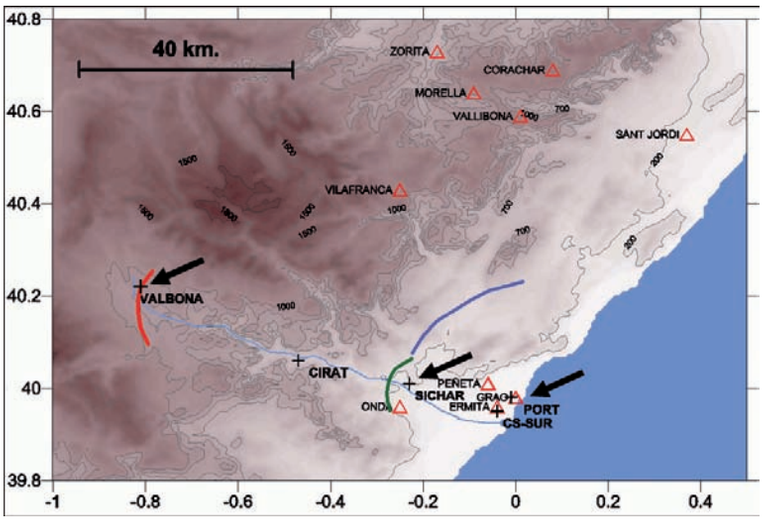
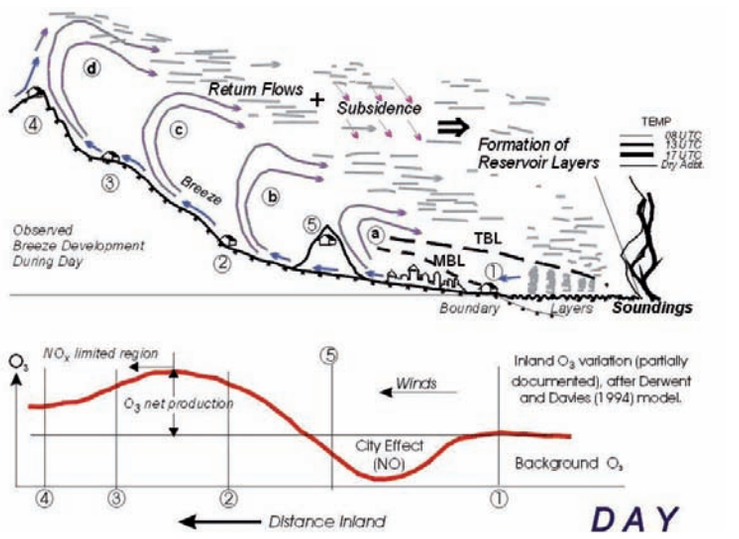


Figura 6.- Modelo conceptual de las circulaciones en la costa mediterránea los días de verano. En la línea de costa los niveles de ozono observados son el resultado de la producción de días anteriores acumulada sobre el mar. Los valores de la concentración de O3 se modifican según la brisa penetra hacia el interior, como se indica en la parte inferior de la figura y se explica en el texto. La variación de la concentración de ozono con distancia a la costa sigue el modelo de Derwent y Davies (1994). Los números en la abscisa del gráfico inferior se corresponden con los emplazamientos Tipo que muestran las Figuras 8 a 11.



5.- Las circulaciones regionales y los ciclos de ozono troposférico en la Cuenca Mediterránea Occidental

Además, si las condiciones de recirculación vertical cerrada se desarrollan en otras costas mediterráneas pueden auto-organizarse durante el día y originar una circulación meso-α que cubre toda la Cuenca Mediterránea Occidental. En este caso las chimeneas en los frentes de las brisas se unen y forman largas líneas de convergencia a lo largo de las cimas de las montañas que rodean la CMO. Esto es, a distancias que llegan de 60 km a 100 km de las costas (Figura 4). Como resultado, se desarrolla una subsidencia compensatoria intensa, y extensa, que se extiende desde el mar hacia las áreas costeras. Y se ha documentado que el confinamiento de la capa límite superficial, o capa de mezcla, se mantiene por debajo de ≈ 200 m (Millán 2010).

También se ha documentado que dicho confinamiento vertical se va extendiendo desde el mar hacia el interior, llegando a cada una de las chimeneas orográficas formadas en el recorrido de la brisa combinada y, eventualmente, hasta la base de la última chimenea que se forma a media tarde de 80 km a 100 km de la costa. En la CMO se ha documentado que las condiciones de circulación vertical cerrada pueden durar de 3 a 9 días (con una media de 4 días) y repetirse varias veces al mes, dando un total de 12 a 24 días de recirculaciones por mes, desde mayo a septiembre (MIMAM 2007; MARM 2009). Durante esas condiciones la CMO se comporta como un gran caldero que hierve desde los bordes hacia el centro. En este caldero las circulaciones costeras recirculan verticalmente desde ≈ 1/4 a 1/2 de la

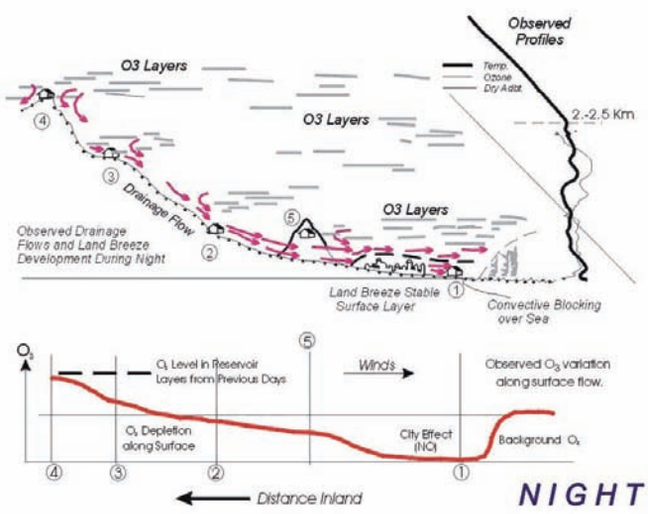
profundidad de los estratos acumulados sobre el mar los días anteriores

El resultado de estas recirculaciones verticales en relación con los ciclos de ozono observados en la Comunitat Valenciana se ilustra en las Figuras 5 a 11. Como se ha mostrado en la Figura 2, durante el DÍA (Figura 6) la brisa de mar penetra a "saltos" incorporando de forma sucesiva las celdas de los vientos de ladera, y generando la "brisa combinada". En su frente se producen inyecciones orográfico/convectivas que ganan en profundidad según progresa la entrada de la brisa y aumenta la altura de las laderas sobre las que se apoyan dichas inyecciones (chimeneas orográficas). Las masas de aire inyectadas en los flujos de retorno en altura se estabilizan bajo la influencia de la subsidencia compensatoria y retornan hacia el mar formando estratos a diferentes alturas. El día siguiente la brisa de mar entra la masa de aire más cercana a la superficie del mar y se producen las recirculaciones verticales.

Durante la tarde y noche los flujos de las brisas cesan, el suelo se enfría, y se inician los flujos de drenaje nocturnos (terrales). La masa de aire cercana al suelo va perdiendo ozono por interacciones con la superficie (NIGHT, Figura 7). Por otra parte, si el flujo de derrame llega a la costa a una temperatura inferior a la del agua del mar se produce un bloqueo convectivo, y mezcla intensa sobre la superficie del mar. La capa de mezcla sobre el mar puede alcanzar hasta unos cientos de metros de altura y extenderse hasta unos km desde la costa hacia mar adentro. Por tanto, la masa de aire que entra con la brisa del día siguiente puede estar ya pre-mezclada antes de entrar por la costa y dar como resultado el valor casi constante observado en la Figura 1. También puede explicar otra de las "anomalías" observadas en los ciclos de ozono, ya que al estar bien mezclada, la concentración medida no depende de la velocidad con la que se mueve la masa de aire. Esto es, al contrario de lo que ocurre con una emisión puntual de una chimenea cuyas concentraciones sí se diluyen inversamente proporcional a la velocidad del viento que la dispersa.

El resultado final es que los ciclos observados a diferentes distancias de una ciudad costera, por ejemplo, siguen unos patrones muy bien definidos. Los ciclos son muy marcados si se repiten las mismas condiciones durante periodos cortos de tiempo, p.ej., dos a tres semanas en las campañas de campo (Figura 8). En promedios sobre periodos más largos, por ejemplo, de tres meses como los que presenta la Figura 9, la estructura de los perfiles se suaviza y, los de las estaciones costeras pierden su angulosidad; sin embargo,

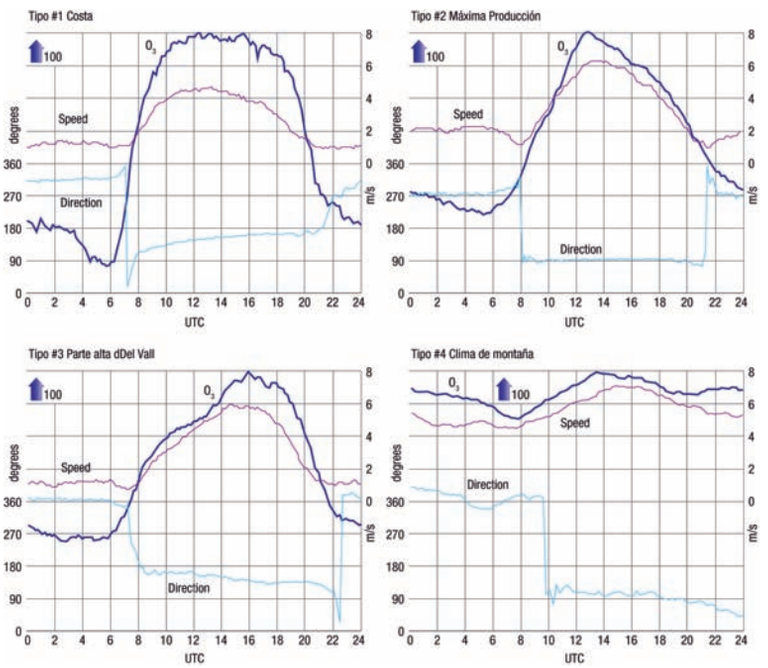
Figura 7.- Modelo conceptual de las circulaciones en la costa mediterránea los días de verano, condiciones nocturnas. Los números en la abscisa del gráfico inferior se corresponden con los emplazamientos Tipo en la Figura 9. Normalmente los niveles más bajos de ozono se observan en emplazamientos Tipo #1 a finales de la noche (ver Figuras 1 y 8).



tienden a conservar el tope plano de su forma original más cuadrada.

Finalmente, las Figuras 10 y 11 ilustran las dificultades que existen para cumplir la Directiva Europea sobre el Ozono en cualquier punto de la Cuenca Mediterránea Occidental en verano. Esto es, durante los periodos recirculatorios de las masas de aire. La CE (DG ENV) ya fue adecuadamente alertada de esta situación durante la elaboración de las directivas (Millán 2002). La situación en el Mediterráneo se refleja en la Decisión de la Comisión del 19 de marzo de 2004 (DOUE, 25.3.2004). El problema que ilustra la Figura 11 es el que resulta de la presencia de una gran masa de aire recirculante con máximos de O_3 de hasta 100 µg/m³ <8h>. Esa situación deja muy poco margen de operación a las Autoridades Responsables para cualquier tipo de actuación, o control, "local" en caso de episodios.

Figura 8.- Comportamientos típicos de los ciclos diarios del ozono troposférico en zonas extra-urbanas (Millán et al. 2000), según los esquemas de las Figuras 6 y 7. Los perfiles se han normalizado a valores máximos (100) para poner énfasis en su evolución diaria. Estos gráficos fueron preparados a petición de la DG RTD, de la CE, para ser considerados por la DG ENV, durante la elaboración de la directiva europea sobre el ozono troposférico (Millán 2002; DOUE 2004). El caso particular de una estación sobre un montículo alto (> 200 m) cerca de la costa, por ejemplo, la Penyeta (PENY, Figura 9) se discute en la publicación del 2002, pero no se presenta aquí. En esta región se puede observar que la subida en la costa se inicia ≈ a las 07.00 UTC, la producción máxima (#2) en CIRAT (Figura 5) se retrasa casi 5 horas, y el máximo de concentración tarda unas 8 horas en llegar a #3 (Valbona), a unos 80 km de la costa.



6.- Procesos climáticos concatenados: Pérdida de tormentas en la CMO y aumento de precipitaciones torrenciales en el Centro y Este de Europa

La siguiente pregunta es ¿qué ocurre con el vapor de agua si no se disparan las tormentas? En el año 1998 la CE (DG ENV) había organizado un grupo de trabajo para elaborar la nueva Directiva Europea sobre Calidad del Aire y otras medidas sobre el ozono troposférico, en el que participaba el autor. El problema era que ni los datos de los proyectos europeos, ni los ciclos de O_3 ya documentados (MIMAM 2007; MARM 2009), ni los resultados de modelización meso-escalar (Gangoiti *et al.* 2001; 2002; Millán *et al.* 2002) eran suficientes para convencer a todo el grupo de trabajo de la existencia de recirculaciones verticales y la acumulación resultante de contaminantes en la Cuenca Mediterránea[13]. Al mismo tiempo, a petición de la DG RTD, otros miembros

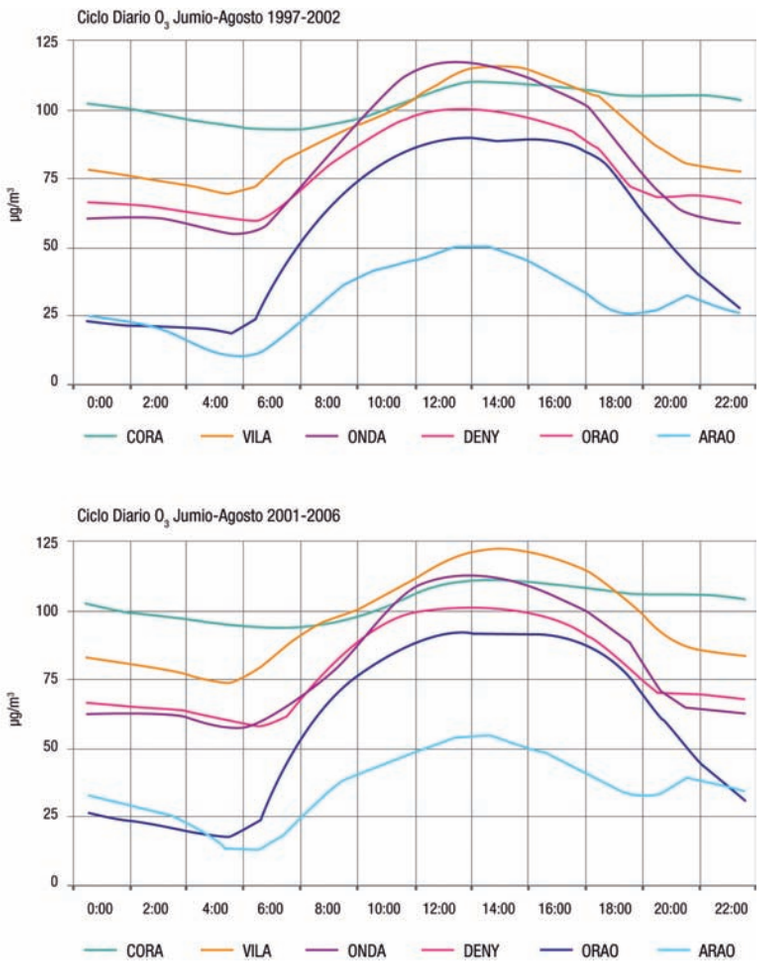
13. Imposible de concebir (o aceptar) por los delegados de los países del norte de Europa (Dinamarca, Suecia, Finlandia y otros), posiblemente porque requeriría diferentes directivas para las distintas zonas climáticas de Europa.

del CEAM, incluyendo al autor, llevaban trabajando desde el año 1995 en el problema de las tormentas de verano. Y sabíamos desde el 1997 que la pérdida de las tormentas era debida a que el aire de la brisa no acumulaba suficiente humedad para compensar su calentamiento.

A finales del 2003, el autor estaba con los profesores Lucio Alonso y Gotzon Gangoiti, de la ETS de Ingenieros Industriales de Bilbao, repasando los últimos argumentos a presentar al Grupo de Trabajo en Ozono, de la CE, que ya concluía. Después de 20 años de perseguir el O_3 en el Mediterráneo[14], habíamos olvidado una de las figuras ya preparadas para la DG RTD (Figura 3), que tenía la respuesta que necesitábamos. Esto es, el desarrollo de las re-circulaciones verticales que acumulan el ozono (Sección 4) ocurre, **precisamente**, porque se han perdido las tormentas de verano. Las circulaciones costeras se mantienen "cerradas" y tanto el ozono como el vapor de agua que acumula la brisa combinada siguen el mismo camino, y se acumulan en estratos sobre el mar. De este modo el tema de las re-circulaciones en el Mediterráneo logró entrar en el Documento de la Comisión sobre el Ozono (DOUE, 25.3.2004).

Además, el resultado de esos mecanismos se puede validar con datos de la columna de agua medidos por los satélites NASA-MODIS (Gao & Kaufman 2003; King et al. 2003). En este caso es el vapor de agua el que sirve de trazador del movimiento vertical de las masas de aire, con la ventaja de tener una cobertura global y diaria. Además, los datos de la NASA evitan el problema de los datos de los satélites europeos, ya

Figura 9.- Ciclo diurno promedio para los meses junio-agosto de las estaciones indicadas en la Figura 5 (todas de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire, RVVCCA) para los años 1997-2002 y 2001-2006. Con respecto a los esquemas en la figuras anteriores, la tipología es la siguiente: GRAO (tipo #1), ONDA (#2), VILA (Vilafranca, #3), CORA (Corachar, #4), PENY (Penyeta, #5). La estación ARAG (Aragón, situada en la ciudad de Valencia, da el ciclo más parecido al "clásico, de Los Ángeles". Estos gráficos de evolución diaria confirman los patrones obtenidos en los proyectos europeos (Millán et al. 2002) y sugiere que las estaciones de la RVVCCA capturan adecuadamente todos los posibles comportamientos en esta región. El aspecto fundamental a considerar es que una estación urbana como la de ARAGón, que podría considerarse "clásica en el sentido de Los Ángeles", da valores muy bajos y su ciclo diario no representa, en absoluto, lo observado en las zonas rurales. Finalmente, comparando las dos series, se puede detectar que la zona de producción máxima de ozono, a sotavento del área industrial de Castellón, se ha desplazado de ONDA a VILAfranca.

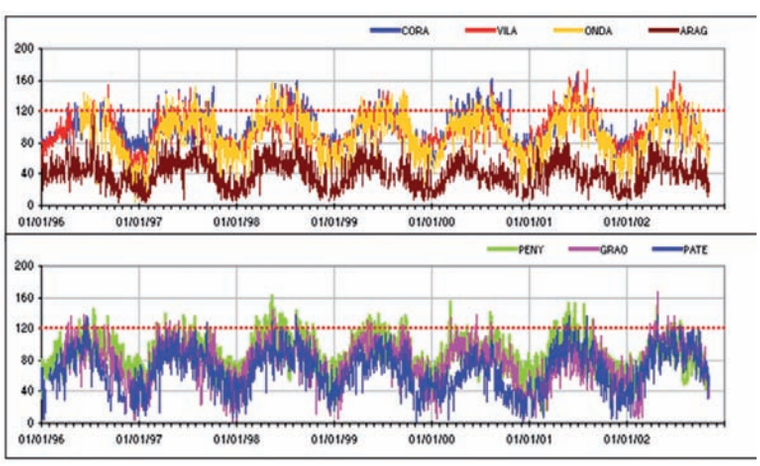


14. Lucio Alonso era uno de los tres españoles que ya habían participado en la 6ª Campaña Europea de Medida de Contaminantes Atmosféricos con Sensores Remotos, en Fos-Berre, Marsella, en 1983, tres años antes de la entrada de España en la CEE.

que son gratis y de libre acceso. La Figura 12 muestra cómo el vapor de agua que no precipita sobre las cadenas montañosas costeras durante la tarde, regresa con los flujos de retorno en altura, y se ha acumulado sobre la Cuenca Mediterránea Occidental. Desgraciadamente, en el 2003 solo disponíamos de cuatro años (veranos) de datos del MODIS Terra, lanzado a principios del 2000.

El proceso estadístico de los datos del MODIS Terra desde el año 2000 muestra que se produce un intenso "modo de acumulación" sobre la Cuenca Mediterránea Occidental y el Mar Negro durante el verano, y dos modos de acumulación más débiles sobre la Cuenta Mediterránea Oriental en primavera y otoño. Además, como sabemos por la estadística de los datos de ozono (MIMAM 2009), los ciclos de acumulación pueden durar varios días consecutivos (promedio de 4 días), y repetirse varias veces al mes, llegando a sumar hasta 24 días en julio-agosto. Curiosamente, el análisis de los datos del satélite MODIS también da 4 días como una de las frecuencias dominantes (J.L. Palau comunicación personal), sin que aún sepamos el porqué. Finalmente, si se suponen cinco periodos de acumulación por mes, de cuatro días cada uno, los promedios mensuales del Satélite MODIS (producto Día + Noche), presentados en las Figura 12 y 13, son comparables a los valores de la columna de vapor de agua acumulado después de 4 días de recirculaciones verticales.

Figura 10.- Máximos de las medias móviles de 24 h en las estaciones señaladas. Se puede observar que los valores de la directiva europea para los daños a la salud (superiores a 120 µg/m³ promedio de 24 h, un máximo de 25 días año) solo se cumplen en las estaciones urbanas (ARAGON, PATERNA) dominadas por las emisiones de NOx de los vehículos. A sotavento de las ciudades durante el día (ver Figura 6) la directiva no se cumple, ni se puede cumplir en verano en ningunas estaciones con emplazamientos similares situadas alrededor de la Cuenca Mediterránea Occidental, dado el carácter recirculatorio de las masas de aire en esta región durante la mayor parte del año (DOUE 2004). En el gráfico superior se puede observar una tendencia a la subida de los promedios de 24 h por encima de los 160 µg /m³.



Los "modos de acumulación por recirculación vertical" son los que determinan el tiempo y el clima de la Cuenca Mediterránea, y en otras cuencas semicerradas en latitudes subtropicales, produciendo condiciones muy diferentes a las de las latitudes medias. Así, en contraste con las latitudes dominadas por advección, en la CMO en verano, el vapor de agua y contaminantes se pueden acumular en estratos apilados hasta los 4.500 (+) m sobre el mar durante extensos periodos en verano. Y, sin necesitar los altos niveles de evaporación de los mares en latitudes más tropicales, los mecanismos descritos son capaces de acumular en solo unos pocos días una gran masa de aire, profunda y contaminada, que aumenta su contenido de vapor de agua y su inestabilidad potencial cada día que pasa.

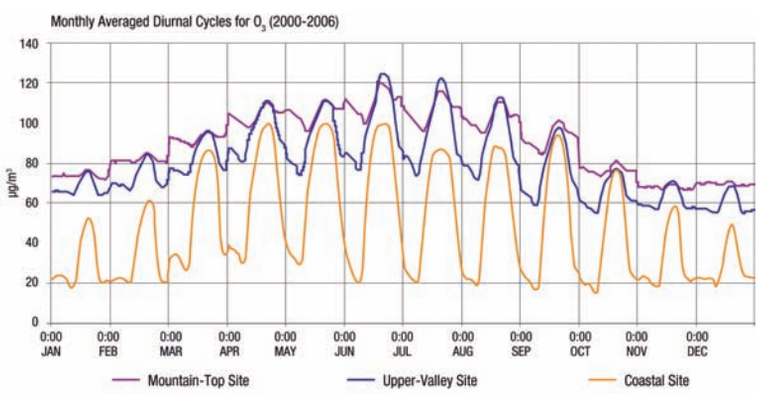
Los periodos de acumulación terminan cuando las masas de aire húmedas y contaminadas son venteadas fuera del

área por una perturbación atmosférica en altura. En algunos casos, la vaguada en altura (*upper trough, cut off low, ó cold pool of air aloft*), se intensifica al descender de latitud y recoger la masa de aire húmeda y potencialmente inestable acumulada sobre la CMO. El vapor de agua acumulado puede ser levantado por una perturbación transitoria y advectado a otras regiones europeas (Gangoiti et al. 2011a; b), como muestra la Figura 13. Así mismo, la Figura 14 muestra que este episodio tuvo lugar sobre el tramo de la Divisoria Continental Europea entre Alemania y la República Checa. Estas figuras ilustran la evidente interconexión entre los procesos hidrológicos locales y regionales en Europa. Es decir, muestran cómo una pérdida de tormentas de verano a nivel local, motivada por los cambios de usos del suelo, puede conducir a modos de recirculaciones verticales y acumulación de vapor de agua a nivel regional en la Cuenca Mediterránea Occidental, y cómo el vapor de agua acumulado en estos puede participar en episodios de lluvias torrenciales e inundaciones en otras partes de Europa.

7.- RETRO-ALIMENTACIONES CLIMÁTICAS EN EUROPA

La síntesis de nuestros hallazgos relacionados con los ciclos climáticos, y sus bucles de retroalimentación en el sur de Europa se presentan en la Figura 15. El *bucle de retroalimentación local* lo originan las brisas combinadas de mar y de ladera y sus flujos de retorno en altura, que pueden terminar su ciclo diario "abriéndose" por la tarde, formando tormentas sobre las montañas que rodean la Cuenca. El "**primer umbral crítico**" (o *tipping point*) se cruza cuando el nivel de

Figura 11.- Evolución anual de los ciclos diurnos (promediados mensualmente) en las estaciones indicadas durante los años 1997-2002. Los ciclos diurnos de O_3 en las estaciones en línea de costa (GRAO) muestran su mínimo absoluto a primeras horas de la mañana (Figuras 1, 8) cuando aumenta el tráfico (emisiones de NOx), y el viento aún sopla desde tierra. Los extremos en este tipo de estación muestran un primer máximo en abril-mayo (primavera), y otro máximo de los máximos en septiembre (distribución en forma de M). En las estaciones situadas dentro de la zona de regeneración (o producción) de O_3, (Tipos #2), Upper Valley (#3) y/o Tipo # 4 (Mountain top), muestran sus máximos en junio-agosto. En este ejemplo, en Vilafranca (VILA) y Corachar (CORA). La diferencia entre el máximo en la estación costera y el de dichas estaciones representa la producción fotoquímica adicional, que producen las emisiones (locales) en la costa, sobre los niveles que entran con la brisa. Y, estos proceden del fondo regional resultante de las recirculaciones verticales de los días previos. Los niveles promedio de este fondo son ≈ 90 µg/m³. Esta situación deja muy poco margen (solo unos 30 µg/m³) para cualquier tipo de actuación de control local, y presenta muchos problemas a la hora de elaborar planes de actuación (sobre las emisiones locales) o, simplemente, si hay que informar al público, o dar alertas a la población.



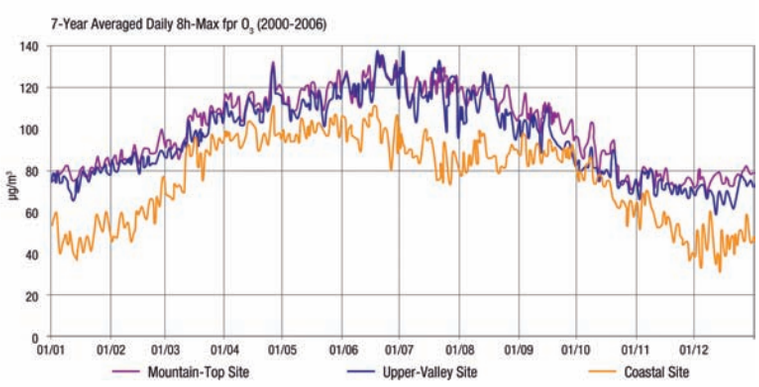
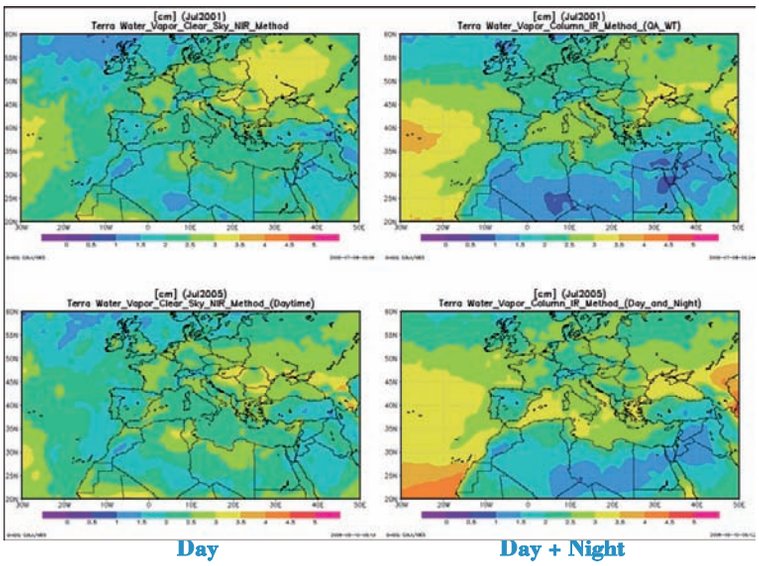
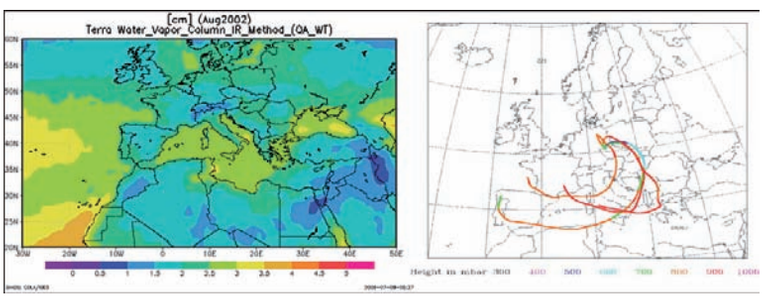


Figura 12.- Promedios mensuales del producto MODIS-Terra en julio de 2000 y 2005. El producto Día, derivado del pase de las 1030 UTC, resalta las áreas donde el satélite mira sobre las profundas inyecciones orográficas en los frentes de las brisas combinadas. Esto es, las faldas de las montañas que rodean la cuenca (Figuras 3, 4 y 6). También traza la profunda penetración de las brisas costeras hasta los desiertos de Túnez, Libia y Egipto. El producto Día + Noche resalta las áreas sobre las cuales se acumula el vapor de agua (y los contaminantes atmosféricos) al final del ciclo diurno de recirculaciones verticales.



Day **Day + Night**

Figura 13.- Izquierda: Promedio mensual de la columna de vapor de agua del sensor MODIS; producto Día + Noche (Gao and Kaufman 2003; King et al. 2003) para agosto de 2002. Derecha: El gráfico de Ulbrich et al. (2003) muestra las retro-trayectorias (tipo Vb) que alimentaron las lluvias torrenciales del 11-13 de agosto de 2002 en Alemania y la República Checa.



condensación convectiva (NCC) de la masa de aire sobrepasa la altitud de inyección convectiva sobre las montañas, y el sistema permanece **cerrado** todo el día. Como hemos presentado, esta situación puede durar varios días consecutivos en verano (<4> días), y da lugar a la acumulación de contaminantes y vapor de agua sobre el mar. Además, los periodos de acumulación pueden repetirse varias veces al mes.

Otro aspecto del "modo de acumulación" sobre la Cuenca Occidental es que los contaminantes (ozono y otros foto-oxidantes), el vapor de agua, y las partículas acumuladas sobre el mar tienen propiedades de efecto invernadero (p.ej., el H_2O x 47, y el O_3 x 200 respecto al CO_2). Su efecto durante los periodos de acumulación es producir un sobre calentamiento del mar durante el verano. El aumento de la temperatura de la superficie del mar propicia el desarrollo de un *bucle de retro-alimentación regional* en el cual la Ciclogénesis Mediterránea alimentada por el agua más caliente (Pastor et al. 2001) contribuye a aumentar las lluvias torrenciales, e inundaciones, que pueden ocurrir en las costas mediterráneas desde otoño a primavera. Este es, además, un ejemplo de un efecto con retardo de varios meses (años) con respecto al cierre del primer bucle (en varias regiones de la CMO).

En este segundo bucle de retro-alimentación se puede cruzar un "**segundo umbral critico**" si las lluvias intensas, durante eventos de Ciclogénesis Mediterránea, llegan a producir avenidas de barro sobre las laderas ya debilitadas por los efectos del primer bucle. Esto es, sobre un suelo y vegetación ya debilitados por la pérdida de tormentas de verano. Las

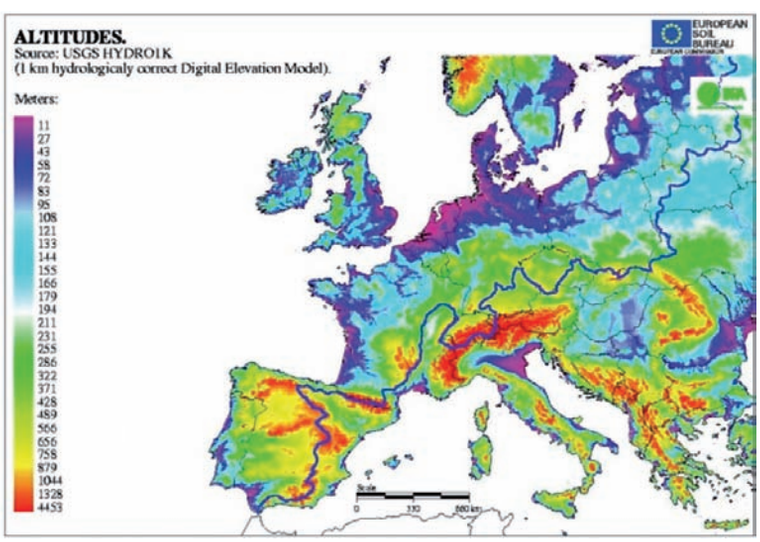
avenidas de barro aumentan la erosión y producen pérdidas masivas de suelo que, a su vez, intensifican los efectos del primer bucle y contribuyen a propagar sus efectos (desertificación, sequía) a otras partes de la Cuenca Mediterránea. La evidencia disponible indica no solo que estos efectos ya tienen lugar, sino que llevan operando desde hace mucho tiempo, causando cambios fundamentales y perturbaciones al ciclo hidrológico en Europa (p.ej., sequías extensas y más avenidas).

El bucle atlántico-global tiene dos componentes que pueden afectar la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). El componente oceánico se origina por la pérdida de vapor de agua acumulado sobre el mar cuando este sale de la Cuenca (y puede alimentar las lluvias torrenciales de verano en el centro-este de Europa). Esto altera el balance evaporación-precipitación en la Cuenca Occidental y favorece la salida de agua más salada al Atlántico: la válvula salina atlántico-mediterránea (Kemp 2005). El componente atmosférico incluye la perturbación de las depresiones extra-tropicales y huracanes en el Caribe-Golfo de México, causados por la sulfatación y nitrificación del polvo sahariano que cruza el Atlántico (Hamelin et al 1989; Savoie et al. 1992; Prospero & Lamb 2003).

8.- Y, ¿QUÉ PASA CON LOS MODELOS CLIMÁTICOS EN LAS LATITUDES SUB-TROPICALES?

"Es muy probable que los extremos de temperatura, olas de calor, y los eventos de precipitación intensa continúen siendo más frecuentes" (*"It is very likely that hot extremes, heat waves and heavy precipitation events will continue to become more frequent"*). Esta es una de las conclusiones comunes a los últimos informes del Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (IPCC Assessment Reports). Sin embargo, el Cuarto Informe (4AR, IPCC 2007) menciona: "Aunque la habilidad de los Modelos Generales de Circulación Atmósfera-Océano (Atmosphere-Ocean General Circulation Models, AOGCMs) de simular eventos extremos, especialmente periodos de frío y calor, ha mejorado, subestiman la frecuencia y la cantidad de agua que cae en

Figura 14.- Mapa altitudinal de Europa, codificado por colores. La línea azul oscuro marca la Vertiente Hidrográfica Europea. Esta línea sigue los picos de las principales cordilleras. A su derecha, todas las aguas drenan al Mediterráneo y, a su izquierda, todas drenan al Atlántico. Cuando los vientos cruzan la Divisoria, el efecto Föhn tiende a mantener a barlovento la mayor parte del vapor de agua que contienen las masas de aire. Este es un mecanismo que limita la cantidad de vapor de agua que cruza de un lado de la divisoria al otro. En otras condiciones la Divisoria favorece la convergencia en superficie de las masas de aire del Atlántico con las del Mediterráneo y puede convertirse en el foco de precipitaciones intensas y escorrentía por sus dos vertientes (Figura 13). Sin embargo, queda por contestar a las siguientes preguntas: De esta escorrentía, ¿cuánta procede del vapor de agua que converge del mismo lado de la divisoria? ¿Cuáles son las condiciones que favorecen la transferencia neta de agua de un lado de la divisoria al otro?; ¿en qué puntos de la divisoria tiene lugar la transferencias?, y ¿cuánta agua puede ser transferida?

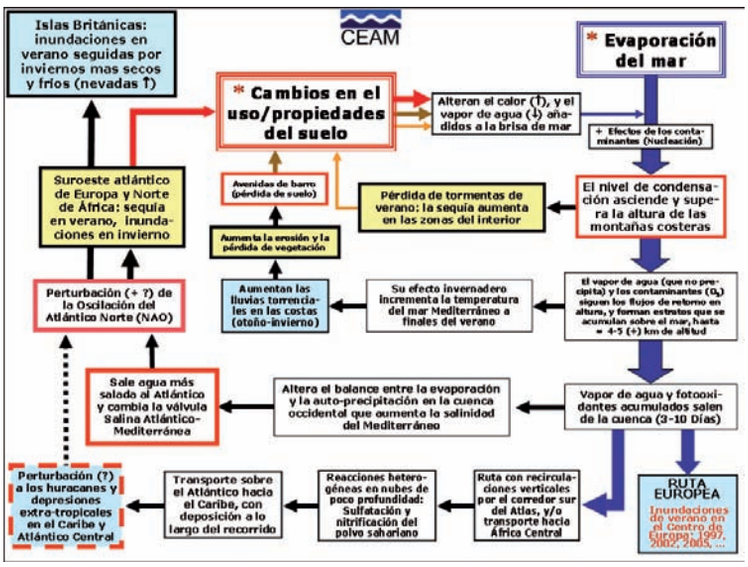


precipitaciones intensas" ("*although the ability of Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs) to simulate extreme events, especially hot and cold spells, has improved, the frequency and amount of precipitation falling in intense events are underestimated*").

No deja de ser interesante el término ha mejorado (*has improved*) ya que la pregunta inmediata es: ¿con respecto a qué? Está claro que ninguno de los modelos climáticos anticiparon las inundaciones del 11 al 13 de agosto del 2002 en Alemania y República Checa, ni las que se han ido produciendo desde entonces a lo largo de la Divisoria Continental Europea (Figura 14). Hasta ese momento, las predicciones de los modelos eran las de un aumento de sequía en esas áreas de Europa central (¡¿!?). Los modelos tampoco anticiparon la ola de calor del año 2003 en Europa ni, en general, ningún extremo a escala regional. Curiosamente, algunos de los procesos y "anomalías" respecto a las predicciones de los modelos, observados en varias zonas de Europa, ya han sido mencionados en el Cuarto Informe de Evaluación AR4 (IPCC 2007). Algunas de ellas ya se apuntaban en el anterior Tercer Informe de Evaluación TAR (IPCC 2001). De este modo, las predicciones iniciales de un informe se van cuestionando, o matizando en el ***texto*** del siguiente informe, conforme los resultados obtenidos en proyectos europeos se han ido filtrando en el sistema (en la comunidad climática). El problema es que las matizaciones en el texto, como las que se aluden en este trabajo, se suelen hacer sin dar referencia a las publicaciones existentes (discrepantes y/o críticas de la modelización indiscriminada), que no habían recogido (o no les interesó recoger) en primer lugar[15].

La mala predicción de eventos extremos a escala regional se mantendrá mucho tiempo a menos que los módulos meteorológicos (capa límite) en los Modelos Climáticos incorporen nuevas parametrizaciones para simular procesos específicos a escala local-regional, y los mecanismos capaces de propagar las perturbaciones desde la escala local a la regional en ambos sentidos (*upscaling*, y no solo *downscaling*). También deben ser

Figura 15.- Retro-alimentaciones entre los cambios de uso del suelo en la Cuenca Mediterránea Occidental y el sistema climático-hidrológico (Millán; en EC 2007). En esta figura el camino del vapor de agua está señalado con flechas azules, los efectos directos con flechas negras, y los efectos indirectos con otros colores. Los umbrales críticos, remarcados en rojo, indican cuando el sistema puede caer a un nuevo estado.



15. El autor era uno de los revisores del TAR, y se dio de baja de esta tarea después de alertar repetidas veces al IPCC sobre las publicaciones que documentaban el desarrollo del modo de acumulación sobre el Mediterráneo. Curiosamente, sí aparecieron los comentarios sobre "*the continental edge effect*", o que "*Changes around continental margins are very important for regional climate change*", sin incluir ninguna referencia que los justificara, ni a los artículos publicados en *Atmos. Environ, J. Geophys. Res., J. Climate, J. Appl. Meteor.*, que el autor había aportado al IPCC. En estos artículos se documentaban precisamente esos procesos pero, claro está, también cuestionaban el uso indiscriminado de los modelos.

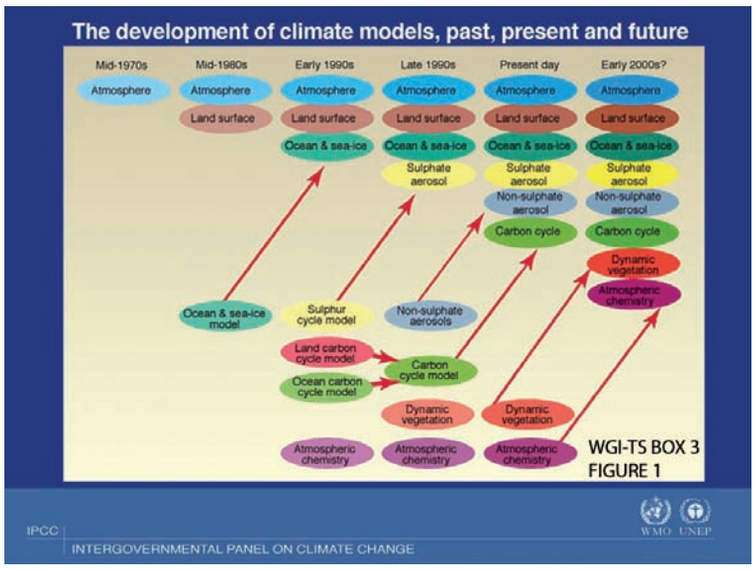
capaces de simular las retro-alimentaciones entre el suelo-mar-atmósfera en periodos de tiempo de días a meses, y sus resultados desde la escala local hasta la escala hemi-esférica (Europea) y global. Por ejemplo, en el contexto de este trabajo, en la Cuenca Mediterránea Occidental, el confinamiento vertical y el plegamiento de la capa límite atmosférica terrestre en zonas de terreno complejo costero en las latitudes subtropicales.

La clave es la auto-organización de las circulaciones locales desde la escala meso-γ (hasta ≈ 20 km), a través de la escala meso-β (hasta ≈ 200 km), a un desarrollo completo de una circulación meso escalar meso-α (to ≈ 2000 km) durante el día, a escala de toda la Cuenca Mediterránea Occidental (Figura 4). Esto se puede considerar un buen ejemplo de cómo los procesos meteorológicos se propagan de una escala a otra hacia arriba y hacia abajo, y es típico de las latitudes subtropicales. Por tanto, los perfiles de temperatura y humedad observados sobre las zonas costeras y sobre el mar a los que se refieren los informes del IPCC, son el resultado del plegamiento sistemático de sucesivas capas límite durante varios días consecutivos, junto con otros procesos, p.ej., la compresión de los estratos y su re-apilamiento (redistribución vertical) de acuerdo a su temperatura potencial, demasiado complejos para presentar aquí.

El problema con los Modelos Climáticos es que para simular el desarrollo de la brisa combinada es necesario utilizar modelos de meso-escala con retículas menores de 10 km x 10 km (Salvador et al. 1999). Pero aún utilizando retículas más finas (i.e., 5 km x 5 km, o 2 km x 2 km) y resoluciones verticales al límite de la estabilidad numérica (p.ej., 36 m), los modelos actuales no son capaces de reproducir todas las estructuras documentadas experimentalmente sobre la CMO (Figura 3). Esto es relevante respecto a las conclusiones del Cuarto Informe IPCC (4AR, IPCC 2007) en la Sección 8.2.2.2 *Horizontal and Vertical Resolution*: que los cambios alrededor de los márgenes continentales son muy importantes en el cambio de clima a escala regional ("*Changes around continental margins are very important for regional climate change*").

El desarrollo de grandes circulaciones meso-escalares alrededor de mares cerrados (Mediterráneo) o semicerrados como el mar de Japón, puede subrayar otros dos aspectos mencionados en el informe AR4 cuando se refiere a los

Figura 16.- Esta figura del Tercer Informe de Evaluación del IPCC (2001) sintetiza el desarrollo (idealizado) de los Modelos de Cambio Climático, e incluye en su segundo módulo las interacciones con el suelo. En el Cuarto Informe de Evaluación (IPCC, 2007: 8.6.3.1. Water Vapour and Lapse Rate) se afirma que "*In the planetary boundary layer, humidity is controlled by strong coupling with the surface, and a broad-scale quasi-unchanged RH response is uncontroversial.*" Sin embargo, la parte "no controvertida" (*uncontroversial*) de esta frase es simplemente falsa fuera de terrenos planos, con praderas húmedas, y con vientos fuertes, en las latitudes medias.



efectos de los bordes continentales ("*Continental Edge Effect*") y los perfiles de temperatura (*8.6.3.1 Water Vapour and Lapse Rate*). El documento menciona que en la capa límite atmosférica, la humedad está controlada por un acoplamiento fuerte con la superficie, y la respuesta casi incuestionable de la humedad relativa a gran escala no es polémica ("*In the planetary boundary layer, humidity is controlled by strong coupling with the surface, and a broad-scale quasi-unchanged RH response is uncontroversial*").

Esta es, posiblemente, la mayor falsedad de los Modelos Globales del Clima, respecto a su conexión suelo-atmósfera (Figura 16). Es falso porque la parametrización de la capa límite que utilizan los modelos no representa lo que ocurre en ninguna región fuera de los terrenos llanos y húmedos, y con vientos intensos en las latitudes medias. Y es aún más falso porque cuando los bordes continentales rodean un gran mar interior, como el Mediterráneo, o un mar semicerrado, como el de Japón, sus efectos se combinan para crear sus propias circulaciones meso-escalares y determinan las estructuras de la temperatura y humedad en sus cuencas durante meses. Y dan como resultado un "**modo de acumulación**" sobre el mar interior que no pueden ver los Modelos Meteorológicos Generales, y mucho menos los Modelos Climáticos Globales. Esto hace que el "efecto del borde continental" ("*Continental Edge Effect*") crezca en importancia y, en particular, si las costas se encuentren respaldadas por montañas hasta 80 km, o más, del mar.

La situación actual confronta a la comunidad científica con retos importantes para mejorar las parametrizaciones en los modelos acoplados[16]. Hay que decidir entre seguir haciendo y tomando decisiones con herramientas obsoletas, o comenzar a mejorar las herramientas con los datos ya disponibles, o nuevos programas experimentales. Y volver a decidir y legislar, y/o revisar la legislación ya existente usando los mejores conocimientos y modelos. Por ejemplo, este estudio muestra que las decisiones drásticas y precipitadas sobre el futuro del agua en Europa pueden tener consecuencias catastróficas no solo para la Cuenca Mediterránea, sino para el resto de Europa.

9.- REFERENCIAS

European Commission, 2007: International Workshop on Climate Change Impacts on the Water Cycle, Resources and Quality. Report EUR 22422. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 149. ISBN 92-79-03314-X.

Beilke, S., R. Berg, W. Grosch, A.H. Blommers, F.W. Jansen, J. Lelieveld, 1987: Air sampling flights at low altitudes along the border between the Federal Republic of Germany and its neighbors. *Proc. 4th European Symposium on Physico-Chemical Behavior of Atmospheric Pollutants.* G. Angeletti and G. Restelli Eds., D. Reidel, Dordrecht, Holland. 809 pp.

Beilke, S., W. Fricke, J. Lelieveld, F.W. Jansen, 1988: Air sampling flights at low

16. Llegados a este punto final, el autor recuerda de la Introducción la supuesta "aplicabilidad universal" de los formulismos del cálculo de altura de las chimeneas industriales que tantos problemas creó en su tiempo. De aquellos, que insuficientemente dotados con los conocimientos necesarios para actuar, actúan por puras razones expeditivas, y les sale mal, ¡líbranos, Señor!

altitudes along the border between the Federal Republic of Germany and its neighbors: An assessment of transboundary mass fluxes of air pollutants. Proc. COST 611 "*Workshop on field measurements and their interpretation*", Villefranche sur Mer, France, May 3-4, 1988. Air Pollution Research Report 14., DG XII/E1, Commission of the European Communities, Brussels, Belgium. 351 pp.

Camagni, P. & S. Sandroni, Eds., 1984: ***Optical Remote Sensing of Air Pollution***. Published for the Commission of the European Communities by Elsevier Science, Amsterdam.

Derwent, R.G. and T.J. Davies, 1994: Modelling the impact of NOx or hydrocarbon control on photochemical ozone in Europe. *Atmos. Environ.*, **28**, 2039-2052.

Diario Oficial de la Unión Europea DOUE, de 19 de marzo de 2004 relativa a las directrices de aplicación de la Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al ozono en el ambiente. L 87/59, 25.3.2004.

Gangoiti, G., M.M. Millán, R. Salvador, E. Mantilla, 2001: Long-Range transport and re-circulation of pollutants in the Western Mediterranean during the RECAPMA Project. *Atmos. Environ.*, **35**, 6267-6276.

Gangoiti, G., L. Alonso, M. Navazo, A. Albizuri, G. Pérez-Landa, M. Matabuena, V. Valdenebro, M. Maruri, J. A. García, M. M. Millán, 2002: Regional transport of pollutants over the Bay of Biscay: analysis of an ozone episode under a blocking anticyclone in west-central Europe. *Atmos. Environ.*, 36, 1349-1361.

Gangoiti, G., L. Alonso, M. Navazo, J. A. García, M. M. Millán, 2006: North African soil dust and European pollution transport mechanisms to America during the warm season: Hidden links shown by a passive tracer simulation. *J. Geophys. Res.* **111**, D10109, doi:10.1029/205JD005941.

Gangoiti, G., E. Sáez de Cámara, L. Alonso, M. Navazo, N. Gómez, J. Iza, J. A. García, J.L. Ilardia and M. M. Millán, 2011: The origin of water vapour responsible for the European extreme rainfalls of August 2002. Part I: High resolution simulations and tracking of airmasses. To be published in the *Journal of Geophysical Research* (accepted May 2011).

Gangoiti, G., I. Gómez-Domenech, E. Sáez de Cámara, L. Alonso, M. Navazo, N. Gómez, J. Iza, J. A. García, J.L. Ilardia and M. M. Millán, 2011: The origin of water vapour responsible for the European extreme rainfalls of August 2002. Part II: Evaluation of Evaporative moisture sources. To be published in the *Journal of Geophysical Research* (Accepted May 2011).

Gao B.-C., Y. J. Kaufman, 2003: Water vapour retrievals using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) near-infrared channels, *J. Geophys.* Res., **108**, NO D13, ACH 4-1, 4-10.

Guillot, P., G. Bonometti, H. Hasenjaeger, A. van der Meulen, P. Hamilton, R. Haulet, J. Laurent, S. Sandroni, C. Cerutti, G. Giovanelli, T. Tirabassi, O. Vittori & P. Piccinini, 1979: First European Community campaign for remote sensing of air pollution, Lacq (France) 7-11 July 1975. *Atmos. Environ.* **13**, 895-917.

Guillot, P., 1985: Joint European Campaigns on Remote Sensing of Atmospheric Pollution. *Proceedings 78th Annual Meeting Air Pollution Control*

Association. Paper 85-18.1., APCA. Pittsburgh, PA., USA.

Hamelin, B., F. E. Grouset, P. E. Biscaye, A. Zindler, J. M. Prospero, 1989: Lead isotopes in trade winds aerosols at Barbados: The influence of European emissions over the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **94**, 16,243-16250.

Hamilton, P. M., 1967: Plume height measurements at Northfleet and Tilbury power stations. *Atmos. Environ.* **1**, 379-387.

Hamilton, P. M., 1969: The application of a pulsed light range finder (Lidar) to the study of chimney plumes. *Phil. Trans. Royal Soc.* **Series 8**, 265, 153-172.

Hamilton, P. M., R. H. Varey & M. M. Millán, 1978: Remote sensing of sulfur dioxide. *Atmos. Environ.* **12**, 127-133.

Huschke, R. E. (Ed.), 1986: ***Glossary of Meteorology***. American Meteorological Society, Boston, Mass., 638 pp.

ITAP Interregional Transport of Air Pollutants (1978) Umweltbundesamt, Bismarkplatz 1, Berlin (west) 33, Federal Republic of Germany.

IPCC, (TAR) 2001: ***Climate Change 2001: Synthesis Report. A contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*** [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kindom, and New York, NY, USA, 398 pp.

IPCC, (AR4) 2007: ***Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis. K. B. Averyt, M. Tignor and H. L.Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Kemp, M., 2005: (H. J. Schellnhuber's map of global "tipping points" in climate change), Inventing an icon, *Nature*, **437**, 1238.

King, M. D., W. P. Menzel, Y. J. Kaufman, D. Tanré, B.-C. Gao, S. Platnick, S. A. Ackerman, L. A. Remer, R. Pincus and P. A. Hubanks, 2003: Cloud and Aerosol Properties, Precipitable Water, and Profiles of Temperature and Water Vapor from MODIS, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **41**, 442-458.

Le Bras, G., 1988: European Community Research on Air Pollution: Atmospheric Processes, Measurement and Transport. European Community Report, EUR 11590, Commission of the European Communities, DG XII/E-1, Brussels, Belgium, 62 pp.

Lorenzini, G., and A. Panattoni, 1986: Atmospheric ozone levels in Tuscany (central Italy) as monitored with indicator plants. *Environmental Quality and Ecosystem Stability*. **3**, 511-519.

Lyons, W.A. and L.E. Olsson, 1973: Detailed mesometeorological studies of air pollution dispersion in the Chicago lake breeze. *Mon. Weather Rev.*, **101**, 387-403.

Lyons, W.A. and H.S. Cole, 1973: Fumigation and plume trapping on the shores of lake Michigan during stable onshore flow. *J. Appl. Meteoro.*, **12**, 494-510.

Lyons, W.A. and H.S. Cole, 1976: Photochemical oxidant transport: mesoscale

lake-breeze and synoptic scale aspects. *J. Appl. Meteoro.*, **15**, 733-743.

Millán, M.M., S.J. Townsend, J.H. Davies, 1970: Study of the Barringer Refractor Plate Correlation Spectrometer as a Remote Sensing Instrument. University of Toronto Institute for Aerospace Studies UTIAS Report 146, University of Toronto, Ontario, Canada, 91 pp.

Millán, M.M., 1972: A Study of the Operational Characteristics and Optimization Proceedures of Dispersive Correlation Spectrometers for the Detection of Trace Gases in the Atmosphere. Ph. D. Thesis, University of Toronto, Ontario, Canada, 246 pp.

Millán, M.M., A.J. Gallant and H.E. Turner, 1976: The application of correlation spectroscopy to the study of dispersion from tall stacks. *Atmos. Environ.* **10**, 499-511.

Millán, M.M., Y.-S. Chung, 1977: Detection of a plume 400 km from the source. *Atmos. Environ.* **11**, 937-944.

Millán, M.M., 1978a: Remote sensing of SO_2, a data processing methodology. *Proc. of the 4th Joint Conference on Sensing of Environmental Pollutants.* Sponsored by the American Chemical Society. Edited by John Wiley & Sons, New York.

Millán, M.M., 1978b: Remote sensing of SO_2 and NO_2 using correlation spectroscopy. A review of problems and achievements. Paper 78-45.3, Air Pollution Control Association. Pittsburgh, USA.

Millán, M.M. & R.M. Hoff, 1978: Remote sensing of pollutants by correlation spectroscopy: Instrumental response characteristics. *Atmos. Environ.* **12**, 853-864.

Millán, M.M., 1979: Passive remote sensing of SO_2. *Proc. of the Workshop on Prolonged Elevated Pollution Episodes (PEPE).* Raleigh, North Carolina, March 19-23, 1979, Edited by the Research Triangle Park Institute for the US Environmental Protection Agency.

Millán M.M., S.C. Barton, N.D. Johnson, B.Weisman, M. Lusis and R. Vet, 1982: Rain scavenging from tall stack plumes: a new experimental approach. *Atmos. Environ.* **16**, 2709-2714.

Millán, M.M., 1984a: *Meteorological Effects in Remote Sensing Operations.* Chap. XVII in *Optical Remote Sensing of Air Pollution* (Camagni P. and Sandroni S. Eds.) Published for the Commission of the European Communities by Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holland. 422 pp.

Millán, M.M., 1984b: *Absorption Correlation Spectrometry.* Chap. III in ***Optical Remote Sensing of Air Pollution*** (Camagni P. and Sandroni S. Eds.), Published for the Commission of the European Communities by Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holland. 422 pp.

Millán M.M., B. Artíñano, L. Alonso, M. Navazo and M. Castro, 1991: The effect of meso-scale flows on the regional and long-range atmospheric transport in the western Mediterranean area. *Atmos. Environ.* **25A**, 949-963.

Millán, M.M., B. Artíñano, L. Alonso, M. Castro, R. Fernández-Patier and J. Goberna, 1992: ***Meso-meteorological Cycles of Air Pollution in the Iberian Peninsula*, (MECAPIP)**, Contract EV4V-0097-E, Air Pollution Research Report 44, (EUR Nº 14834) CEC-DG XII/E-1, Rue de la Loi, 200, B-1040, Brussels, 219 pp.

Millán, M.M., R. Salvador, E. Mantilla & G. Kallos, 1997: Photo-oxidant dynamics in the Western Mediterranean in Summer: Results from European Research Projects. *J. Geophys. Res.*, **102**, D7, 8811-8823.

Millán, M.M., E. Mantilla, R. Salvador, A. Carratalá, M. J. Sanz, L. Alonso, G. Gangoiti & M. Navazo, 2000: Ozone cycles in the Western Mediterranean Basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *J. Appl. Meteor.*, **39**, 487-508.

Millán, M. M., Mª. J. Sanz, R. Salvador, & E. Mantilla, 2002: Atmospheric dynamics and ozone cycles related to nitrogen deposition in the western Mediterranean, *Environmental Pollution*, **118**(2), 167-186.

Millán, M. M., 2002: Ozone Dynamics in the Mediterranean Basin: A collection of scientific papers resulting from the MECAPIP, RECAPMA and SECAP Projects. Air Pollution Research Report 78, European Commission, DG RTD I.2, LX 46 2/82, Rue de la Loi, 200, B-1040, Brussels, 287 pp.

Millán, M.M., Mª. J. Estrela, Mª. J. Sanz, E. Mantilla & others, 2005a: Climatic Feedbacks and Desertification: The Mediterranean model. *J. Climate*, **18**, 684-701.

Millán, M.M., Mª. J. Estrela, J. Miró, 2005b: Rainfall Components Variability and Spatial Distribution in a Mediterranean Area (Valencia Region). *J. Climate*, **18**, 2682-2705.

Millán, M.M., 2009: El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos. (Versión actualizada) Anexo al Proyecto: Estudio y evaluación del ozono troposférico en España, Contrato ES272004 (2007-2009) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino MARM, Madrid. 156 pp.

Millán, M.M., 2010: Sequía en el Mediterráneo e inundaciones en el Reino Unido y Centroeuropa: Cosas que los modelos climáticos globales no ven del ciclo hídrico en Europa, y por qué. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible (Cuides), Monográfico 2010, CLIMA, Fundación Cajamar AL-1110-2008. Almeria, 100 pp.

MIMAM, Ministerio de Medio Ambiente, 2007: Informe del Proyecto: Estudio y evaluación del ozono troposférico en España, Contrato ES272004 (2005-2007) Ministerio del Medio Ambiente, Madrid.

MARM, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2009: Informe Final del Contrato "Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por ozono troposférico en España". INF FI/O3/2009, Contrato ES272004 (2007-2009), Madrid, 372 pp.

Moffat, A.J. & M.M. Millán, 1971: The application of optical correlation techniques to the remote sensing of SO_2 plumes using skylight. *Atmos. Environ.* **5**, 677-690.

Munn, R.E., 1966: ***Descriptive Micrometeorology***, Academic Press, New York, 245 pp.

Naveh, Z., S. Chaim and E.H. Steinberg, 1978: Atmospheric oxidant concentration in Israel as manifested fy foliar injury in Bel-W3 Tobaco plants. *Environmental Pollution*, **16**, 246-262.

Newcomb, G. & M.M. Millán, 1970: Theory, Applications and Results of the Long-Line Correlation Spectrometer. *IEEE Trans. Geosci. Electron.* vol. **GE-8**, 149-157.

Pastor, F., Mª. J. Estrela, D. Peñarrocha, M.M. Millán, 2001: Torrential Rains on the Spanish Mediterranean Coast: Modelling the Effects of the Sea Surface Temperature. *J. Appl. Meteor.*, **40**, 1180-1195.

Pielke, R. A., W. R. Cotton, R. L. Walko, C. J. Tremback, W. A. Lyons, L. D. Grasso, M. E. Nicholls, M. D. Moran, D. A. Wesley, T. L. Lee, J. H. Copeland, 1992: A comprehensive Meteorological Modelling System-RAMS. *Meteorol. Atmos. Phys.*, **49**, 69-91.

Portelli R.V., B.R. Kerman, R.E. Mickle, N.B. Trivett, R.M. Hoff, M.M. Millán, P. Fellin, K.S. Anlauf, A.H. Wiebe, P.K. Misra, R. Bell, O. Melo, 1982: The Nanticoke shoreline diffusion experiment, June 1978. *Atmos. Environ.* **16**, 413-466.

Prospero, J.M. & P.J. Lamb, 2003: African droughts and dust transport to the Caribbean: Climate change implications. *Science*, **302**, 1024-1037.

Salvador, R., J. Calbó & M.M. Millán, 1999: Horizontal grid size selection and its influence on mesoscale model simulations. *J. Appl. Meteor.*, **38**, 1311-1329.

Salleras, J. Mª., 1989: La otra cara del ozono: efectos sobre las plantas cultivadas. *Phytoma España*. **11**, 13-21.

Sandroni S. & M. De Groot, 1980: Intercomparison of remote sensors of sulphur dioxide at the 1979 European Community Campaign at Turbigo. *Atmos. Environ.* **14**. 1331-1333.

Savoie, D.L., J. M. Prospero, S. J. Oltmans, W. C. Graustein, K. K. Turekian, J. T. Merrill, H. Levy, 1992: Source of nitrate and ozone in the marine boundary layer of the tropical North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **97**, 11,575-11589.

Stull, R. B., 1988: ***An Introduction to Boundary Layer Meteorology***, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 666 pp.

Ulbrich, U., T. A. Brücher, A. H. Fink, G. C. Leckebusch, A. Krüger, G. Pinto, 2003: The central European floods of August 2002: Part 2 - Synoptic causes and considerations with respect to climatic change. *Weather*, **58**, 371-377.

3.4.1. POBLACIÓN DE ESPECIAL RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: PERSONAS MAYORES

Figura 1.- Proyección de población a corto plazo 2010 – 2020. Fuente INE.

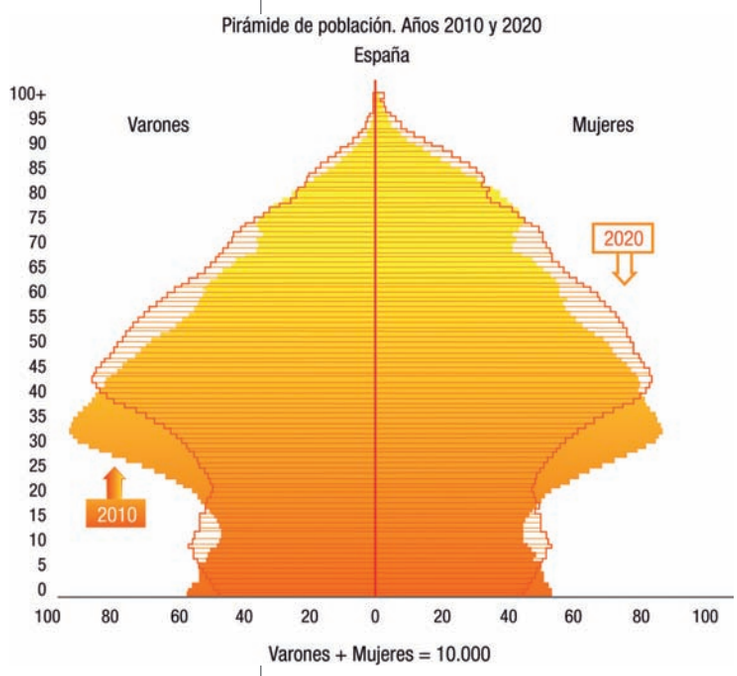
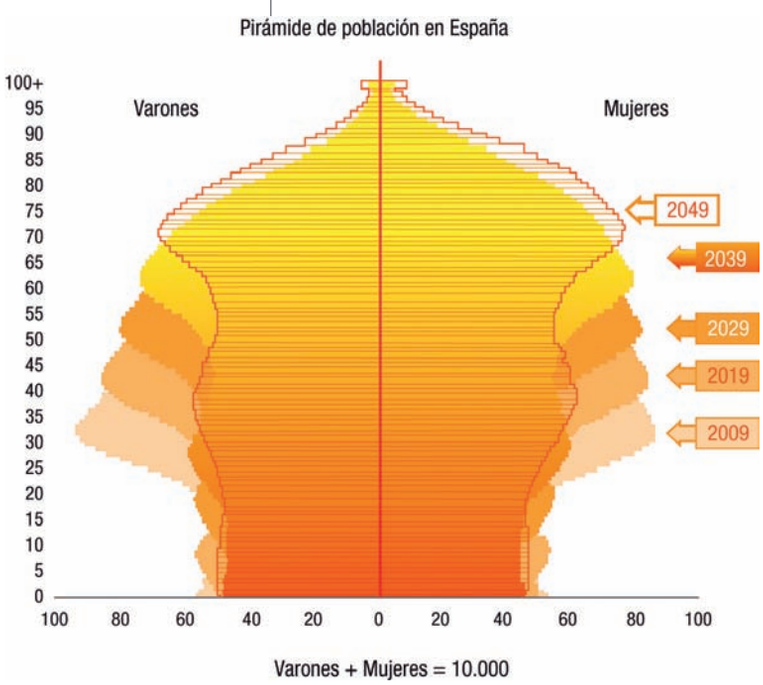


Figura 2.- Proyección de la población a largo plazo 2009 – 2049. Fuente INE.



1.- PERSONAS MAYORES

El cambio climático y el envejecimiento de la población se plantean como dos de las cuestiones centrales que va a ser necesario abordar durante este siglo. A pesar de ello, es de destacar que la asociación entre ambas no resulta frecuente[1].

La población de los países occidentales está envejeciendo progresivamente, entre otros motivos, por una disminución relativa e importante de la mortalidad en las edades más avanzadas. En los próximos años, la proporción de personas mayores y muy mayores probablemente aumentará ocasionando un importante envejecimiento demográfico en España, y aunque posiblemente el nivel de personas dependientes no aumente de forma proporcional al envejecimiento debido al retraso en el inicio de las limitaciones y sus consecuencias, habrá un mayor nivel de co-morbilidad y, en consecuencia, de dependencia[2].

Según las estimaciones de población actual realizadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en España existen 7.877.798 personas con una edad igual o superior a los 65 años, lo que representa un 17,06% de la población total de nuestro país[3].

En la proyección de la población española a corto plazo (2010 – 2020), el INE estima que la esperanza de vida de aquellos que cumplan 65 años aumentaría en más de un año en cada sexo en los próximos 10 años. Del mismo modo, se proyecta que el grupo de edad de mayores de 64 años sería el que mostraría un incremento más notable, con 1,3 millones de personas más en 2020, alcanzando el 19,2% de la población total[4]. Por su parte, en las

estimaciones a largo plazo (2009 – 2049), se establece que la población mayor de 64 años se duplicaría en 40 años y pasaría a representar más del 30% del total en nuestro país, debido al envejecimiento de la pirámide poblacional[5].

En este contexto de incremento de población mayor, es de destacar el hecho de que las personas de edad avanzada resultan, de manera general, más vulnerables a los efectos del cambio climático que el resto de la población adulta. Esto es debido a que la edad conlleva un aumento de enfermedades, de discapacidades y del consumo de medicamentos, así como una disminución de la condición física[6].

Es importante destacar que la edad no es por ella misma sinónimo de vulnerabilidad. De hecho, muchas personas mayores conservan una buena salud y movilidad, y además permanecen activos en el plano social. A pesar de ello, para la mayoría, el envejecimiento supone un declive en el estado general de salud. La capacidad física de las personas mayores se encuentra limitada con mayor frecuencia y su sistema fisiológico es, en general, menos apto para afrontar factores estresantes, como el calor intenso.

Los mayores son más susceptibles de presentar problemas de salud que requieran cuidados médicos regulares, por su movilidad reducida o por su menor capacidad de cuidarse por ellos mismos[6]. Estas vulnerabilidades son importantes,

Figura 3. Estimaciones de la población actual (2009) Proyección de población a largo plazo (2049). FUENTE INE.

Población residente en España por grupos quinquenales a 1 de enero de 2009 y de 2049

Grupos de edad	2009	2049	Crecimiento absoluto	Crecimiento relativo (%)
TOTAL	**45.828.172**	**47.966.653.**	**2.138.481**	**4,67**
0 a 4 años	*2.418.939*	*2.299.310*	*-119.629*	*-4,95*
5 a 9 años	*2.245.724*	*2.317.571*	*71.847*	*3,20*
10 a 14 años	*2.095.985*	*2.283.219*	*187.234*	*8,93*
15 a 19 años	*2.270.821*	*2.252.754*	*-18.067*	*-0,80*
20 a 24 años	*2.721.001*	*2.316.633*	*-404.368*	*-14,86*
25 a 29 años	*3.552.515*	*2.470.271*	*-1.082.244*	*-30,46*
30 a 34 años	*4.080.629*	*2.665.873*	*-1.414.756*	*-34,67*
35 a 39 años	*3.906.791*	*2.820.434*	*-1.086.357*	*-27,81*
40 a 44 años	*3.678.920*	*2.769.202*	*-909.718*	*-24,73*
45 a 49 años	*3.366.203*	*2.638.595*	*-727.608*	*-21,62*
50 a 54 años	*2.926.209*	*2.507.077*	*-419.132*	*-14,32*
55 a 59 años	*2.560.214*	*2.555.691*	*-4.523*	*-0,18*
60 a 64 años	*2.375.287*	*2.744.749*	*369.462*	*15,55*
65 a 69 años	*1.942.790*	*3.180.535*	*1.237.745*	*63,71*
70 a 74 años	*1.840.012*	*3.414.804*	*1.574.792*	*85,59*
75 a 79 años	*1.685.795*	*3.085.595*	*1.399.800*	*83,04*
80 a 84 años	*1.197.568*	*2.554.818*	*1.357.250*	*11,33*
85 a 89 años	*658.846*	*1.786.696*	*1.127.850*	*171,19*
90 a 94 años	*237.223*	*911.322*	*674.099*	*284,16*
95 a 99 años	*60.354*	*326.663*	*266.309*	*441,24*
100 y más años	*6.346*	*64.841*	*58.495*	*921,76*

pues diversos riesgos derivados de un cambio climático podrían actuar exacerbando las afecciones existentes y causar enfermedades o decesos. Además, hay que considerar que los fenómenos extremos pueden perturbar la gestión de las enfermedades o la prestación de servicios de salud. En este sentido, cabe también considerar que ante un evento extremo, las redes sociales existentes podrían alterarse, quedando ciertas personas privadas de estos servicios, debiendo hacer frente por ellos mismos a la situación. La falta de movilidad puede igualmente dificultarles el ponerse fuera de peligro, lo que implica una mayor probabilidad de estrés físico y de lesiones.

Aunque se reconoce la especial vulnerabilidad de la población mayor ante distintas consecuencias del cambio climático, como las derivadas del agua y alimentos, la contaminación atmosférica, algunas enfermedades vectoriales y eventos extremos en general[6], la edad es el factor de riesgo más documentado para la mortalidad ligada a las condiciones de calor y frío extremos, especialmente y en nuestro país en lo referente a temperaturas elevadas.

La exposición a temperaturas excesivas afecta sobre todo a las personas de edad avanzada y con enfermedades crónicas de base[7]. Entre los motivos que hacen de la población mayor el grupo más sensible a las temperaturas elevadas son de destacar los siguientes:

- La resistencia al calor y la capacidad de termorregulación disminuyen con la edad. Las personas mayores tienen menor capacidad de sudoración y su reserva cardiaca, elemento clave frente al calor, está disminuida. La menor sensación de sed, por la alteración del centro que la regula, conlleva también un mayor riesgo de deshidratación[8].
- Muchos padecen enfermedades crónicas (que pueden verse agravadas con el calor), discapacidades y están en tratamiento con fármacos, algunos de los cuales pueden interferir con los mecanismos de adaptación del organismo al calor. La existencia de una dependencia física mal compensada por ayudas sociales o profesionales insuficientes, limita también las posibilidades de adaptación física al calor intenso (cambio de ropa, protección al sol…)[9].
- Dado que el círculo de familiares y amigos próximos se estrecha generalmente cuando se envejece, el aislamiento social resulta más habitual entre las personas de edad avanzada.

Los estudios derivados de la ola de calor de 2003 realizados en nuestro país, muestran que el exceso de mortalidad registrado afectó principalmente a las personas mayores de 70 años, lo que resulta concordante con otros estudios realizados al respecto en el resto de Europa. En España, la mayor repercusión en la mortalidad durante el verano de 2003 se produjo en causas de muerte que responden a enfermedades crónicas previas consideradas de riesgo ante situaciones de altas temperaturas, como la enfermedad de Alzheimer (que aumentó un 56,1%), los trastornos mentales senil y presenil (47,3%), las enfermedades respiratorias (31,5%), la senilidad (25,1%) y las enfermedades circulatorias (12,8%), entre las que destacó la enfermedad hipertensiva (28,8%) y la diabetes (12,7%)[10].

Otro factor a considerar es el aumento de población en las ciudades. El medio ambiente urbano, debido a que normalmente tiene índices de calor (combinación de temperatura y humedad) más altos y que retiene más calor durante la noche que las zonas

rurales, podría aumentar el riesgo. A medida que la población española va envejeciendo y la población urbana se incrementa, el impacto de las temperaturas elevadas en la mortalidad podría ser más importante[11].

Por la especial vulnerabilidad de este colectivo, los planes y programas de acción destinados a disminuir el impacto del calor excesivo en la población, se dirigen de manera principal a las personas mayores, incorporando una serie de medidas y actuaciones orientadas a su protección, como la coordinación con los servicios de teleasistencia y ayuda a domicilio. Así, el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud, implica a los servicios sociales y cuenta con la participación del Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO), para poder identificar a la población mayor y poder llegar hasta ella, con el fin de disminuir el impacto de las temperaturas elevadas en su salud.

Así pues, tanto por su especial vulnerabilidad como por el volumen de población que representan y su incremento previsto, este colectivo merece una atención especial en el contexto del cambio climático, por lo que en el desarrollo de estrategias de adaptación debe tenerse bien presente a este colectivo.

2.- Bibliografía

1 HelpAge International. Witness to climate change: Learning from older people's experience. Ethiopia: John Cobb/ HelpAge International; 2009.

2 Gispert R, Clot-Razquin G, Rivero A, Freitas A, Ruiz M, Ruiz C et al. El perfil de la dependencia en España: un análisis de la encuesta de discapacidades de 1999. Rev. Esp. Salud Pública 2008; 82(6):653-65.

3 INE. Estimaciones actuales de la población española a 1 de enero de 2011. Disponible en: http://www.ine.es/inebmenu /mnu_cifraspob.htm

4 INE. Proyección de la Población de España a Corto Plazo 2010–2020. Disponible en: http://www.ine.es/prensa/np623.pdf

5 INE. Proyección de la Población de España a Largo Plazo, 2009-2049. http://www.ine.es/prensa/np587.pdf

6 Santé Canada. Santé et changements climatiques: Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada; 2008.

7 Tirado, MC. Cambio climático y salud. Informe SESPAS 2010. Gac Sanit.2010;24(Suppl 1):78–84.

8 Cámara, E. Variables meteorológicas y salud. Madrid, Salud Madrid; 2006.

9 Dirección General de Salud Pública y Participación. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Recomendaciones sanitarias frente al calor. Disponible en: http://pagina.jccm.es/sanidad/salud /epidemiologia/calor/bocalor1.pdf

10 INE. Defunciones según causa de muerte 2003. http://www.ine.es/prensa/np393.pdf

11 Martínez-Navarro F, et al. Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. Informe SESPAS 2004. Gac Sanit 2004;18(Supl 1):250-8.

3.4.2. POBLACIÓN DE ESPECIAL RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: NIÑOS

1.- Introducción

Es evidente que el progreso industrial, durante la segunda mitad del siglo XX, con los cambios socioeconómicos inherentes, ha permitido mejorar las condiciones higiénicas y de salud en los países occidentales, disminuyendo notablemente la morbimortalidad relacionada con la pobreza. La salud poblacional, como condición sostenible, requiere una protección continua para asegurar: aire interno y externo no contaminado, agua potable, alimentos adecuados, temperaturas tolerables, clima estable, protección de radiaciones ionizantes y ultravioletas y niveles elevados de biodiversidad medioambiental[1]. Pero los resultados de numerosos estudios científicos sugieren que las actividades humanas, principalmente el uso masivo de combustibles fósiles, han modificado la composición natural del aire[1,2,3]. La contaminación atmosférica de gases con efecto invernadero produce un calentamiento de la superficie terrestre más allá de la variabilidad natural del sistema climático, condicionando el denominado cambio climático[4]. Estos cambios inducidos por la industrialización presentan efectos locales y globales, y amenazan los sistemas ecológicos de los que dependen todas las especies vegetales y animales, incluidos los humanos. Degradan y erosionan la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras, objetivos primordiales y finales del desarrollo humano. Conocer con detalle las bases científicas que explican la especial vulnerabilidad de la infancia permite explicar la excesiva carga de enfermedades ambientalmente relacionadas que ocurren durante estos periodos y, por tanto, ayuda a planificar mejor cómo evitarlas.

2.- Vulnerabilidad infantil

Existen grupos poblacionales de mayor vulnerabilidad ante la acción del cambio climático. La población pediátrica, que abarca las dos primeras décadas de la vida, engloba a tres de los grupos más vulnerables a las amenazas medioambientales, incluyendo el cambio climático: los de las etapas fetal, infantil y juvenil.

La *especial vulnerabilidad* de la infancia surge de la mayor susceptibilidad biológica durante la etapa fetal e infantojuvenil a la acción de los contaminantes ambientales. Es necesario conocer las exposiciones y características propias de la vulnerabilidad infantil que conllevan que los niños no son adultos pequeños. La especial vulnerabilidad de los niños se debe a los siguientes motivos[6,7]:

- *Inmadurez biológica*
  Todos los sistemas orgánicos atraviesan diversas fases de maduración tanto anatómica (rápido crecimiento celular con hiperplasia e hipertrofia celular) como fisiológica (déficit de todos los sistemas fisiológicos, en especial, los de inmunovigilancia y detoxificación), que se inician en la época fetal, persisten durante el periodo infantojuvenil, para terminar al final de la adolescencia e inicio de la época adulta.

- *Mayor consumo energético y metabólico*
  Por su rápido crecimiento y desarrollo, los niños necesitan un mayor aporte de oxígeno y sustancias nutricionales. Por ello, comen más alimentos, beben más líquidos y respiran más aire por kilogramo de peso corporal que los adultos. Los niños, de manera especial durante los primeros diez años de vida, inhalan, ingieren y absorben más

contaminantes ambientales por kilogramo de peso que un adulto. Si a ello unimos la menor capacidad para neutralizar y eliminar los contaminantes externos, sus efectos adversos van a ser más intensos y persistentes.

- *Comportamiento social*
  Los niños, por su conducta natural e innata, presentan una mayor espontaneidad, curiosidad y confianza hacia su entorno, provocando una mayor indefensión ante las agresiones ambientales y los signos de alarma que avisan/alertan a los adultos. La tendencia a descubrir, tocar, respirar, degustar y muchas veces ingerir productos u objetos que exploran, los convierte en individuos especialmente expuestos a los contaminantes ambientales.

- *Mayores expectativas de vida*
  Como los niños tienen muchos más años potenciales de vida, pueden desarrollar efectos a medio y largo plazo ante exposiciones crónicas en bajas dosis de los contaminantes ambientales.

- *Nula capacidad de decisión*
  Los niños no tienen capacidad de decisión en relación con los temas medioambientales, ni con los

Tabla I. Efectos de salud infantil relacionados con el cambio climático.

Efectos en el medio	Resultados sobre la salud
Efectos indirectos	
Contaminación atmosféricaEnfermedades respiratorias.	Alteraciones en la cadena trófica de alimentos.
Temperaturas extremas, olas de calor y frío intenso	Cambios en la prevalencia de enfermedad y de la mortalidad relacionada con el frío y calor.
Alteraciones en la frecuencia o intensidad de acontecimientos meteorológicos extremos.	Muertes, lesiones, desórdenes psicológicos. Daños a las infraestructuras sanitarias.
Efectos indirectos	
Las alteraciones en sistemas ecológicos: efectos sobre la variabilidad y actividad de vectores y parásitos.	Variabilidad geográfica e incidencia de enfermedades transmitidas por vectores.
Cambios en la ecología microbiológica del agua y alimentos. Carestía de agua. Contaminación química de las aguas	Alteraciones en la incidencia de la diarrea y otras enfermedades infecciosas. Efectos agudos y crónicos de los contaminantes químicos.
Cambios en la productividad de las cosechas, por el cambio del clima, parásitos y plagas.	Desnutrición y hambre. Daño consiguiente sobre el desarrollo y crecimiento infantil. Intoxicaciones por fitosanitarios y biocidas.
Aumento del nivel del mar provocando el desplazamiento demográfico y el daño de infraestructuras.	Riesgo aumentado de enfermedades infecciosas. Trastornos psicológicos.
Impacto biológico de cambios en la contaminación atmosférica (incluido polen y esporas).	Asma y alergia. Enfermedades agudas y crónicas respiratorias. Muertes.
Fractura social, económica y demográfica que afecta a la economía, desarrollo de infraestructuras y el suministro de recursos.	Grandes consecuencias en salud pública, salud mental, enfermedades infecciosas y estado alimenticio de las poblaciones. Luchas civiles.

relacionados con el cambio climático, que les afectan con mayor gravedad que a los adultos y que hipotecan irreversiblemente su hábitat futuro.

3.- Efectos adversos sobre la salud de los niños[5,8]

Los efectos sobre la salud de la infancia en Europa derivados del Cambio Climático Global aparecen resumidos en la Tabla I.

4.- Pediatría y cambio climático[5,9,10,12]

La Organización Mundial de la Salud en 1993, ante la progresiva contaminación de los ecosistemas ambientales y la creciente preocupación social ante los efectos potencialmente adversos en la salud humana, definió la salud medioambiental como: a) los aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, determinados por las interacciones de los agentes medioambientales físicos, químicos, biológicos, psíquicos y sociales; y b) los aspectos teóricos y prácticos para evaluar, corregir, controlar, modificar y prevenir los factores o agentes medioambientales que, potencialmente, afecten negativamente la salud de las generaciones presentes y futuras.

Los niños constituyen un sector de mayor riesgo ante las agresiones ambientales y climáticas. Las infracciones de sus derechos a la salud y a un medio ambiente cuidado conducen a alteraciones físicas, mentales y sociales. Los pediatras tienen la responsabilidad de implicarse en iniciativas para reducir la degradación ambiental y mejorar la calidad global de vida. Estas responsabilidades derivan del conocimiento de los efectos actuales y potenciales de la contaminación ambiental y del cambio climático sobre la salud infantil. Aunque los profesionales asistenciales disponen de escasa capacidad legal para controlar las fuentes de riesgo ambiental, tienen amplia autoridad moral y científica para, en la salud personal y colectiva, defender y exigir la reducción y eliminación de las causas de su deterioro.

5.- Las Unidades de Salud Medioambiental Pediátrica[9,11]

La Unidad de Salud Medioambiental Pediátrica (PEHSU en inglés) es una unidad clínica ubicada en un departamento u hospital pediátrico donde pediatras y enfermeros con experiencia y conocimientos de salud ambiental trabajan con otros profesionales sanitarios (enfermeros, ginecólogos, otros especialistas pediátricos, médicos de familia, técnicos de sanidad ambiental, toxicólogos, epidemiólogos…) y no sanitarios (químicos, ingenieros, físicos, maestros…). Estas unidades son capaces de reconocer, evaluar, tratar y prevenir las enfermedades y detectar algunos riesgos ambientales en la infancia, así como de proporcionar asistencia, educación, formación teórico-práctica e investigación clínica.

La OMS y la UE estimulan al desarrollo de estrategias para la salud ambiental pediátrica en unidades y centros de excelencia. El Plan de Acción Europeo Salud de los Niños y Medio Ambiente (CEHAPE, acrónimo en inglés de *Children's Environment and Health Action Plan for Europe*) reconoce la necesidad de:

a) incrementar la formación en salud ambiental de profesionales de la salud orientados hacia la infancia, y

b) crear Unidades Clínicas de Salud Medioambiental Pediátrica en todo el continente.

Existen algunas experiencias en las comunidades autónomas de Valencia y Murcia, en concreto, existe la PEHSU con estructura consolidada en el Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, de Murcia, y se dan pasos de creación en otras comunidades autónomas.

6.- Conclusiones

Dado que el niño supone una población de riesgo para el impacto del cambio climático en la salud humana, así como para el resto de riesgos ambientales, procede que, en un contexto global, las acciones de los profesionales sanitarios que trabajan para y por el bienestar de la infancia frente al cambio climático no deban esperar. La responsabilidad sobre la salud de las actuales y futuras generaciones de niños obliga a actuar, aún considerando la actual situación de elevada protección social y familiar a estos, que puede debilitarse por efectos directos de la crisis económica. Los pediatras, las sociedades autonómicas de Pediatría y las administraciones sanitarias tienen misiones importantes:

a) Las administraciones sanitarias deben asegurar que el contenido de la salud ambiental, incluyendo el impacto sanitario del cambio climático, sea obligatorio en la enseñanza y preparación de los futuros pediatras, así como su introducción en la formación pregrado, postgrado y formación continuada de todos los profesionales sanitarios.

b) Incrementar el número de residentes de pediatría orientados hacía la salud ambiental.

c) Buscar de forma activa la financiación y soporte del Plan Nacional de Medio Ambiente y Salud en España, incluyendo el desarrollo de las Unidades de Salud Medioambiental Pediátrica en las distintas comunidades autónomas.

d) Crear comités o grupos de trabajo de salud ambiental en las asociaciones regionales de Pediatría.

e) Crear grupos de trabajo específicos para monitorizar los efectos en la salud de la infancia con datos y actuaciones de los pediatras, los profesionales de salud pública, de sanidad ambiental y de los observatorios nacional y autonómicos de cambio climático, mediante la coordinación efectiva y directa de todos los implicados.

7.- Bibliografía

1 King M. Health is a sustainable state. Lancet 1990;336:664-7.

2 Martens WJM, Slooff R, Jackson EK. Climate Change, human health, and sustainable development. Bull World Health Organitation 1997;75:583-8.

3 Martens P. Health and Climate Change. London: Earthscan Publ Ltd; 1998.

4 World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP). Intergovernmental Panel of Climate Change. http://www.ipcc.ch (acceso 21 de Julio 2009).

5 Ortega García JA, Ferrís i Tortajada J, López Andreu JA, et al. El pediatra ante el Desarrollo Sostenible y el Cambio Climático Global. Rev Esp Pediatr 2001;57:287-98.

6 United Nations Reports. Children in the New Millenium: Environmental Impact on health. Geneve: CH, UN Publications; 2002.

7 Ferrís i Tortajada J, Ortega García JA, López Andreu JA et al. Salud medioambiental pediátrica: un nuevo reto profesional. Rev Esp Pediatr 2002; 58:304-14.

8 Ebi KL, Paulson JA. Climate change and children. Pediatr Clin North Am. 2007;54:213-26.

9 Ortega García JA, Ferrís i Tortajada J, Claudio Morales L, Berbel Tornero O. Pediatric environmental health specialty units in Europe: from theory to practice. An Pediatr (Barc) 2005; 63:143-51.

10 Goldman L, Falk H, Landrigan PJ, Balk SJ, Reigart J, Etzel RA. Environmental pediatrics and its impact on government health policy. Pediatrics 2004;113,1146-57.

11 Ortega García JA, Ferrís i Tortajada J, López Andreu JA. Paediatrics Environmental Health Speciality Units in Europe: integrating a missing element into medical care. Int J Hyg Environ Health 2007;210:527-9.

12 Sheffield PE, Landrigan PJ. Global Climate Change and Children's Health: Threats and Strategies for Prevention. Environ Health Perspect. 2010 Oct 14.

3.4.3. POBLACIÓN DE ESPECIAL RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: TRABAJADORES

1.- Introducción

Si los dos colectivos descritos en los capítulos anteriores, personas mayores y niños, son considerados en la generalidad de la literatura científica como población en riesgo por el impacto sanitario del cambio climático en dichos colectivos, incluso en ausencia de problemas previos de salud, esto es bien diferente cuando nos referimos a la población laboral.

El trabajo, considerado como la actividad física o intelectual remunerada en una empresa o institución, no supone *per se* una situación de especial riesgo ante el cambio climático. De hecho, casi todos los autores definen trabajos específicos (ocupaciones concretas o ambientes de trabajo determinados) como *situaciones de riesgo* ante el impacto del cambio climático, con lo que sitúan los *grupos de población laboral* en riesgo en quienes desarrollan dichos trabajos. Si a esto unimos una clara desconexión entre las investigaciones de los efectos sanitarios del cambio climático y las dedicadas a la salud de los trabajadores, con escasas excepciones[1,2], entenderemos el déficit de estudios genéricos sobre el impacto sanitario del cambio climático en los trabajadores. El programa internacional más importante sobre el impacto en salud laboral de cambio climático, el programa Hothaps[3], centra sus actuaciones en los efectos del calor en la salud laboral y la productividad, aunque también contempla actuaciones sobre el diseño de la vivienda, el urbanismo y los centros de trabajo.

Este capítulo pretende desarrollar una primera aproximación al impacto del cambio climático sobre la población trabajadora utilizando la combinación de dos conceptos: el de trabajo asalariado con el de clase social. Así, nuestra referencia a los trabajadores como población en riesgo frente al cambio climático tiene un sentido restrictivo: nos referimos a trabajadores asalariados, mayoritariamente manuales y poco cualificados, con escasa capacidad de control sobre sus condiciones de trabajo.

2.- El impacto del cambio climático sobre la estructura productiva

Como primer conjunto de situaciones, podemos tratar de describir de forma sintética los efectos del cambio climático en la estructura productiva española[5] que puedan suponer modificaciones de las condiciones y medio ambiente de trabajo:

2.1. Sobre los productos y servicios

Parece incuestionable que en un escenario de cambio climático la agricultura mediterránea, en cuyo contexto está ubicada la española, va a tener que sustituir su producción actual, adecuándose a las nuevas condiciones: escasez de agua, mayor temperatura, desarrollo de plagas… También hay pocas dudas de que el sector de la pesca deberá reorientar su producción. Otros sectores sometidos a procesos similares de sustitución en su producción de bienes y servicios serían los de agua y energía.

Con el cambio climático, otros sectores productivos pueden sufrir igualmente modificaciones sustantivas, incluso con riesgo de desaparecer, al menos tal y

como los conocemos actualmente. En la estructura económica española, es muy evidente el caso del sector turístico, vinculado a unos elementos (sol y playa) que se prevé que sufran transformaciones importantes en un escenario de cambio climático, bien diferentes entre el norte y el sur peninsulares. Igualmente, el sector transporte en su conjunto estaría sometido a cambios esenciales por su dependencia de los combustibles fósiles.

2.2. Sobre la distribución geográfica de la producción

Parece lógico deducir que nos enfrentamos a una reordenación espacial del mapa productivo, sobre todo de la industria y los servicios. Los asentamientos industriales, mayoritariamente localizados en España en las zonas costeras, se verán forzados a reubicar sus emplazamientos actuales hacia el interior, con la consiguiente reordenación demográfica de la población laboral que se verá forzada a desplazarse hacia las nuevas áreas de producción.

2.3. Sobre las instalaciones productivas

En cuanto a las instalaciones productivas, el cambio climático afectará en primer lugar a la propia estructura física de las empresas, que deberán llevar a cabo un reacondicionamiento microclimático de sus locales de trabajo para seguir manteniendo la producción en unas condiciones ambientales mínimamente aceptables. También se afectarán las infraestructuras productivas que deberán rediseñar sus redes de comunicación y transporte para mantener la funcionalidad.

3.- Consecuencias sobre las condiciones de vida y de trabajo

3.1. Sobre las condiciones de vida

También se ha descrito el fenómeno urbano denominado "isla de calor"[4] que supone un incremento de las temperaturas de las ciudades, lugar de residencia de la mayoría de los trabajadores considerados como población en riesgo, con el consiguiente problema de adaptación al cambio climático precisamente en las ciudades, ya afectadas por el fenómeno de isla de calor.

Los barrios de estos trabajadores suelen tener una dotación de infraestructuras de servicios más deficitaria (transporte, plazas y espacios abiertos, zonas ajardinadas, instalaciones de ocio y reunión…) y peor diseño arquitectónico, además de reunir una mayor densidad de población.

Por último, las viviendas de estos grupos de trabajadores disponen de menor espacio vital (densidad de ocupación de la vivienda), están construidas con materiales de peor calidad (aislamiento deficiente) y dotadas con menores recursos de refrigeración, lo que implica mayor dificultad para la adaptación al cambio climático.

3.2. Sobre las condiciones de trabajo

Más allá del impacto general en la morbimortalidad y calidad de vida de la población y de su incidencia diferencial por grupos sociales, es previsible que el cambio climático afecte a los trabajadores considerados como

población en riesgo en diversos aspectos.

Los trabajadores que hemos considerado como población en riesgo son, en general, un colectivo de especial susceptibilidad a verse afectados por el desempleo, situación que previsiblemente se incremente con el impacto del cambio climático. Estos trabajadores deberán enfrentarse a una auténtica espiral de problemas: la descualificación de los que realizaban actividades ya innecesarias o prescindibles por su emisión de gases de efecto invernadero, la necesidad de recualificación para retornar al mercado productivo y, en suma, la precarización de las condiciones de trabajo de estos colectivos de trabajadores, fruto de una no descartable tendencia a sustituir empleos de calidad por empleos precarios. Como efecto del desempleo, una serie de colectivos de trabajadores (mayores, mujeres, trabajadores no cualificados) se verían expuestos al riesgo de exclusión, que puede agudizarse por la desprotección social derivada de la incapacidad de un sistema debilitado como efecto de la crisis económica, pero sometido a un previsible incremento progresivo de la demanda.

Por su parte, en este escenario, la presión productiva sobre los trabajadores manuales que conserven sus puestos de trabajo se verá incrementada, dificultando al máximo el principio de adaptar el trabajo a la persona.

Además de las ya citadas migraciones interiores, otro de los efectos del cambio climático sería la generación de una masiva migración de las zonas del sur del planeta, más afectadas por el calentamiento global y con poca capacidad de adaptación, especialmente de África, sin parangón con la emigración actual y con escasas posibilidades de retorno, lo que plantearía un problema de competencia por el trabajo entre trabajadores nativos e inmigrantes, más intenso entre los trabajadores manuales poco especializados.

Parece lógico deducir que los efectos más negativos del cambio climático en el ámbito laboral (incremento del desempleo, descualificación y consiguiente recualificación, precarización del trabajo, mayor presión productiva, migraciones masivas de trabajadores, aumento de la desprotección social…), se trasladarán, de forma especial en los colectivos de trabajadores manuales y poco cualificados, a una eventual pero generalizada disminución de los salarios.

4.- Cambio climático y salud de los trabajadores

Apoyándonos en la disponibilidad de datos empíricos, podemos abordar los posibles impactos en la salud de los trabajadores, de los cambios estructurales que previsiblemente se derivarán de los fenómenos del cambio climático y que han sido enumerados en los apartados anteriores.

El cambio climático incrementará la carga térmica de las condiciones de vida y de trabajo, tanto en los ambientes internos como externos, lo cual puede tener consecuencias negativas no solo para la salud de los trabajadores sino también para la productividad[6], dado que la capacidad de trabajo se reduce drásticamente cuando el WBGT (*Wet Bulbe Globe Temperature*) supera los 26-30 °C[7]. El tiempo de tolerancia estimado para una tarea pesada en un

ambiente de trabajo con un WBGT de 34 °C es de una hora y se reduce en 4-5 minutos por cada incremento de 1 °C de WBGT. Frente a este tipo de exigencia térmica el organismo reacciona mediante una 'adaptación autónoma' reduciendo la intensidad del trabajo, con lo que para obtener la misma producción se necesitarían más horas de trabajo o un mayor número de trabajadores.

Es bien sabido, por otra parte, que el desempleo provoca efectos negativos en relación con muy distintas dimensiones de la salud y el bienestar de las personas, especialmente en la salud mental, habiéndose detectado un aumento del riesgo de suicidios así como incrementos de la mortalidad general en los colectivos de trabajadores en paro[8]. Hay igualmente evidencias de una mayor morbilidad cardiovascular en las personas que han perdido su empleo[9].

Pero el impacto de la reducción de plantillas no afecta solamente a quienes se ven abocados al paro, sino que tiene efectos negativos también para la salud de quienes conservan el empleo y permanecen en el trabajo. Gracias, especialmente, a las investigaciones promovidas por el Instituto Finés de Salud Laboral, sabemos que existen asociaciones significativas entre los recortes de personal y las alteraciones osteomusculares (especialmente dolor de espalda)[10], el estrés[11] y el consumo de psicofármacos (hipnóticos y ansiolíticos)[12], la mortalidad cardiovascular y las incapacidades laborales por enfermedad[13], daños a la salud todos ellos detectables en los trabajadores que mantienen sus empleos en empresas que han sufrido reestructuración de plantillas.

Conocemos igualmente el impacto de la precariedad en el trabajo sobre la salud de los trabajadores, tanto respecto al aumento del riesgo de lesiones de origen laboral[14] como al deterioro del estado de salud percibido (fatiga, dolor de cabeza, dolores musculares) y a la insatisfacción laboral[15].

Estudios recientes en nuestro país han puesto en evidencia la mayor vulnerabilidad de los trabajadores inmigrantes respecto a los riesgos laborales, especialmente los de origen ambiental, ergonómico o psicosocial, lo cual se traduce en un impacto diferencial de lesiones y enfermedades laborales[16].

No puede quedar sin mencionar el eventual impacto en los riesgos para la salud de los trabajadores de la economía verde y la generación de los empleos verdes. A esta nueva economía, más limpia y sostenible, se la presupone también más segura y saludable pero nada indica que, de forma apriorística, esté exenta de riesgos laborales, salvo que se desarrolle una acción positiva que combine de manera recíproca el binomio salud laboral y protección ambiental[17].

5.- Discusión y conclusiones

Aunque el resultado parezca una valoración especialmente negativa del impacto sanitario del cambio climático en la salud laboral, hay que contemplar que se ha hecho una aproximación sin considerar que muchas de las situaciones descritas tendrán efectos sinérgicos, sumando o multiplicando sus efectos en la salud. Por ejemplo, combinar desempleo y estructura espacial, con calidad de la vivienda y migraciones puede plantear un resultado muy problemático. Es decir, que es esta una descripción de

carácter mínimo de la situación esperable ante el cambio climático en España, ya que el contexto real sería mucho peor.

Por tanto, se debe matizar la premisa inicial en tanto que si bien la mera condición de trabajador no tiene porqué implicar un mayor riesgo para su salud laboral en nuestro país, si se analizan todas las variables de las condiciones de vida y trabajo de los trabajadores manuales y de aquellos que están a final de las categorías laborales (poco cualificados, sin especializar, con escasa formación académica, mayores, inmigrantes…) ante un escenario de cambio climático, parece evidente que, en cuanto a sus efectos sanitarios, numerosos trabajadores en España constituyen un verdadero grupo de riesgo.

Por todo ello, cabe emitir las siguientes conclusiones:

1. Es necesario que todos los agentes implicados en la prevención de la salud laboral incorporen a sus agendas el impacto del calentamiento global y, de forma especial, que los técnicos de prevención de riesgos laborales combinen sus actuaciones, sobre todo en estos grupos de trabajadores, con los profesionales dedicados al cambio climático y salud, en todas sus áreas de actuación, desde la investigación hasta las intervenciones en los puestos de trabajo.

2. Como el problema presenta situaciones muy diferenciadas según categorías laborales e incluso superarán los márgenes de la actividad productiva, las actuaciones complementarias de otros organismos que inciden en la calidad de vida y trabajo (protección social, servicios comunitarios, urbanismo y vivienda, salud pública…) deberán contemplar las situaciones laborales y de clase social como elementos conjuntos que conforman un colectivo de trabajadores de especial riesgo para el impacto sanitario del cambio climático.

6.- Bibliografía

1 OIT. Repercusiones del cambio climático en el empleo y el mercado de trabajo. Comisión de Empleo y Política Social. Ginebra, noviembre 2008 (GB.303/ESP/4).

2 PNUMA/Sustainlabour. Manual de Formación sobre el Cambio Climático: consecuencias en el empleo y acción sindical. Nairobi: UNON, 2008.

3 Kjellstrom T, Gabrysch S, Lemke B, Dear K. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. Glob Health Action. 2009;11:2. Disponible en: http://www.istas.net/web/abreenlace.asp?idenlace=7484.

4 http://www.epa.gov/heatislands/

5 Cerdá E, Labandeira X, coordinadores. Economía del cambio climático. Economistas. Colegio de Madrid 2011;127:5-95.

6 Kjellstrom T, Kovats RS, Lloyd SJ, Holt T, Tol RS. The direct impact of climate change on regional labor productivity. Arch Environ Occup Health 2009;64(4):217-27.

7 Kjellstrom T, Holmer I, Lemke B. Workplace heat stress, health and productivity: an increasing challenge for low and middle-income countries

during climate change. Global Health Action, 2009; DOI: 10.3402/gha.v2i0.2047.

8 García AM. Mercado laboral y salud. Informe SESPAS 2010. Gac Sanit 2010;24(suppl 1):62-7.

9 Iversen L, Dabroe S, Damsgaard MT. Hospital admissions before and after shipyard closure. BMJ 1989;299:1073-6.

10 Kivimaki M, Vahtera J, Ferrie JE, Hemingway H, Pentti J. Organisational downsizing and musculoskeletal problems in employees: a prospective study. Occup Environ Med 2001;58:811-7.

11 Woo JM, Chae JH, Choi SC. Crisis intervention for workers in severely stressful situations after massive layoffs and labor disputes. J Prev Med Public Health 2010;43(3):265-73.

12 Kivimaki M, Honkonen T, Wahlbeck K, Elovainio M, Pentti J, Klaukka T, Virtanen M, Vahtera J. Organisational downsizing and increased use of psychotropic drugs among employees who remain in employment. J Epidemiol Community 2007;61:154-8 doi:10.1136/jech.2006.050955.

13 Vahtera J, Kivimaki M, Pentti J, Linna A, Virtanen M, Virtanen P, Ferrie JE. Organisational dowsizing, sickness absence and mortality: 10-t0wn prospective cohort study. BMJ, doi:10.1136/bmj.37972.496262.0D (published 23 February 2004).

14 Boix P, Orts E, López-Jacob MJ, Rodrigo F. Modalidades de contratación y siniestralidad laboral en España en el periodo 1988-1995. Mapfre Seguridad 1998;69:15-27.

15 Benavides FG, Benach J, Díez Roux AV et al. How do types of employment relate to health indicators? Findings from the second European Survey on working conditions. J Epidemiol Community Health 2005;54:494-501.

16 Agudelo-Suárez A, Ronda-Pérez E, Gil-González D. et al. Proceso migratorio, condiciones laborales y salud de los trabajadores inmigrantes en España (proyecto ITSAL). Gac Sanit 2009;23(supl1):115-21.

17 Neira M, Legros D, Ivanov ID. Global environmental change: opportunities and challenges for occupational health. Ital J Occup Environ Hyg 2010;1(2):76-7.

3.5.1. La opinión de los ciudadanos en riesgo mediante grupos de discusión

1.- Introducción

Un elemento esencial en cualquier actuación de protección de la salud de la población es conocer la opinión del colectivo de ciudadanos sobre el que actúa el problema que tratamos de resolver o aminorar. En España se han realizando estudios sobre la opinión de la ciudadanía en relación con el cambio climático, cuya edición actualizada se ha presentado cuando se estaba cerrando este trabajo[1]. El objetivo de este estudio es más modesto y concreto: conocer, mediante técnicas de investigación cualitativas[2], la opinión de algunos miembros de la población en riesgo sobre el impacto del cambio climático en su salud.

Aunque toda la población, la española en este caso, se puede considerar de riesgo frente al cambio climático, también es cierto que no todos están sometidos a la misma intensidad de riesgo. Si se descarta a la infancia, por motivos evidentes de dificultad para obtener directamente opiniones válidas, las personas mayores, los trabajadores de ciertas actividades laborales y las personas con algunas enfermedades previas conforman un colectivo que se puede definir de alto riesgo frente a los efectos sanitarios del cambio climático.

Para conocer la opinión de las personas mayores se decidió crear dos grupos vinculados a sendas asociaciones de este colectivo. Para los trabajadores de riesgo, se plantearon otros dos grupos, ambos relativos a personas con trabajos que reciben el mayor impacto del cambio climático; el primero, de trabajadores sindicados del campo y forestales, de la agricultura, la pesca, construcción o la obra civil, que desempeñasen al aire libre la mayor parte de sus actividades laborales, etc.; el segundo, de representantes sindicales que proviniesen también de los mismos sectores de actividad; ello permitió conocer algunas opiniones de la población en riesgo y de sus representantes sindicales, que son aquellos que canalizan las reivindicaciones de salud y seguridad. Para conocer lo que piensan algunas personas del colectivo de población cuyos problemas de salud puedan agravarse con el cambio climático, se optó por constituir un grupo de personas alérgicas al polen.

Como técnica cualitativa eficiente y ágil para recoger datos y obtener la información necesaria, se optó por utilizar grupos de discusión. La técnica de grupos de discusión[3], utilizada en ámbitos muy diferentes, tiene una amplia tradición para los problemas de salud[4], especialmente en el ámbito de la protección de la salud frente a los riesgos psicosociales[5]. De forma resumida, basta recordar que cada grupo de discusión, para ser útil, debe reunir aproximadamente entre 6-10 personas, con el requisito que no conozcan a la persona que actúe de moderador en el debate ni el tema de la reunión, sin jerarquías ni relaciones entre ellos que impidan la libre expresión, y que permitan la grabación de sus intervenciones, imprescindible para su posterior estudio. Un local en el que se encuentren cómodos facilita mucho la fluidez de las expresiones y la participación de todos los miembros del grupo.

2.- Material y método

En este proyecto se trabajó con metodología cualitativa, que permite mejorar la calidad de la información

poblacional; concretamente la investigación cualitativa hace referencia a los grupos de discusión que se han llevado a cabo. Es decir, se trabajó con la información facilitada por las personas participantes en los debates de los grupos de discusión. Se constituyeron cinco grupos de discusión de los tres colectivos de riesgo frente al cambio climático, ya definidos.

A continuación se detalla el esquema de desarrollo de los grupos de discusión:

2.1. Selección de los participantes

Como se ha explicado anteriormente, cada grupo de discusión se creó a partir de la que se consideró población de riesgo respecto al cambio climático (trabajadores de sectores de actividad con especial riesgo, personas de la tercera edad y alérgicos al polen), de este modo se escogió a trabajadores que se dividieron a su vez en dos grupos: trabajadores sindicados y representantes sindicales, para tener las dos visiones complementarias. Estos dos grupos se desarrollaron uno en Madrid y otro en Valencia. Se consiguió contactar con ellos a través de ISTAS; este Instituto Sindical apoyó toda la actividad, en cualquiera de los cinco grupos, incluyendo una segunda grabación y su trascripción, para mayor garantía de la calidad de los resultados, aunque, con toda lógica, su implicación con los colectivos de trabajadores fue mayor.

También se programaron dos grupos de discusión con personas mayores, dada la importancia que tuvo la mortalidad de este colectivo de riesgo en la ola de calor de 2003. Se pretendía que proviniesen de dos poblaciones distintas; para ello, se contactó a través del presidente del Consejo Valenciano de Personas Mayores, que facilitó la relación con la Unión Democrática de Pensionistas y Jubilados, llegando así a las asociaciones de Ròtova y del Grau de Gandia, ambas en la provincia de Valencia, que han constituido los grupos de discusión tercero y cuarto.

El tercer colectivo de riesgo es el de personas alérgicas al polen, pudiendo ser asistentes a este grupo de discusión los afectados del problema de salud o bien el progenitor de uno o varios menores alérgicos al polen, siempre que sobre esa persona recayera la máxima dedicación al menor alérgico. En esta ocasión, se convocó a este quinto grupo gracias a la colaboración del presidente de la Asociación Valenciana de Alergología e Inmunología Clínica.

2.2. El guión

Se realizó un guión modelo a seguir para la actividad, previamente trabajado, analizado y discutido entre los miembros del equipo (moderador y dos ayudantes) que entrevistó a los grupos de discusión, partiendo de un cuestionario diseñado al efecto por este equipo y revisado por los técnicos de ISTAS para mayor fiabilidad. En este guión están estructuradas las distintas preguntas abiertas a realizar a los participantes, así como el tiempo estimado de la duración del debate. Se optó por un número pequeño de preguntas, concretamente cuatro, para que todos los participantes pudiesen opinar sobre cada una de ellas, en una reunión de entre 90 y 120 minutos, ya que más tiempo pudiera resultar fatigoso a los participantes. Además, el equipo acordó que las dos preguntas especialmente definitorias de la opinión personal sobre el cambio climático se pasarían al final de la discusión y no al principio, para evitar que los

participantes tuvieran percepciones erróneas sobre el tema a discutir, puesto que son preguntas muy influenciadas por los debates de los medios de comunicación, ajenos al conocimiento científico en muchas ocasiones. Se planteó, por tanto, empezar con las dos preguntas más concretas y acabar con la valoración general del cambio climático.

Las personas de contacto de los grupos de discusión, que no participaron en ningún debate, presentaban e introducían al moderador, el cual, tras unos comentarios sobre los objetivos y contenidos de la reunión, presentaba a los dos ayudantes y se pasaba una pequeña encuesta para conocer de forma anónima el perfil de los asistentes. Del mismo modo, el moderador tenía previstas algunas preguntas de enlace por si no surgía el debate con las preguntas definidas previamente. Al finalizar la discusión, acabada la sesión y la consiguiente grabación, se podían realizar preguntas sobre este tema al moderador o al resto del equipo.

Preguntas Grupo de discusión 1: trabajadores:

1. ¿Cómo considera que puede afectar el cambio climático a la salud en el trabajo?

2. ¿Ha recibido alguna orientación, formación, pauta, instrucción o medio para prevenirlo, por cualquier elemento de prevención en su trabajo: empresa, técnicos, cuadros de mando, servicio de prevención, mutua, delegado, sindicato, administración sanitaria, de forma directa o indirecta?

3. ¿Cree adecuado recibir información sobre el cambio climático en relación con su salud? ¿Asistiría a recibir esa información fuera del horario laboral?

4. ¿Qué opina del calentamiento global?

Preguntas Grupo de discusión 2: representantes sindicales:

1. ¿Cómo considera que puede afectar el cambio climático a la salud de su sector de actividad?

2. ¿Ha participado en alguna actividad preventiva en relación con el cambio climático y la salud laboral? Justificación y necesidad de ellas

3. ¿Cree necesario recibir información sobre el cambio climático en relación con la salud para informar a los trabajadores? ¿Asistiría a recibir esa información fuera del horario sindical?

4. ¿Cómo delegado sindical, que opina del calentamiento global?

Preguntas Grupos de discusión 3 y 4: personas mayores:

1. ¿Considera que el cambio climático puede afectar a su salud? ¿Cómo?

2. ¿Ha recibido alguna orientación, formación, consejo, pauta o instrucción, por cualquier elemento de prevención directo: alergólogo, médico de familia, enfermera, farmacéutico, personal de atención a personas mayores…, o indirectos: soportes escritos, medios audiovisuales (TV, radio), Internet…?

3. ¿Cree adecuado recibir información sobre el cambio climático en relación con su salud? ¿Haría un esfuerzo para obtenerla?

4. ¿Le preocupa el calentamiento global? ¿Por qué?

Preguntas Grupo de discusión 5: alérgicos al polen:

1. ¿Considera que el cambio climático puede afectar a su problema de salud o en su caso, al del familiar que tutela? ¿Cómo?

2. ¿Ha recibido alguna orientación, formación, consejo, pauta o instrucción, por cualquier elemento de prevención directo: alergólogo, médico de familia, enfermera, farmacéutico… o indirectos: soportes escritos, medios audiovisuales (TV, radio), Internet…?

3. ¿Cree adecuado recibir información sobre cambio climático en relación con su salud o la de su familia? ¿Haría un esfuerzo para obtenerla?

4. ¿Le preocupa el calentamiento global? ¿Por qué?

2.3. Fecha y localización para los grupos de discusión

Una vez concretado el guión a seguir y realizado el contacto con los distintos colaboradores que localizaron a los grupos de discusión (personas de los grupos de riesgo definidos), se estudiaron las fechas y locales donde realizar los grupos. Era preferente un local que resultara habitual y grato para los debates. De este modo se acordó que el primer grupo de discusión, trabajadores sindicados de sectores en riesgo, se celebraría en la sede de ISTAS en Madrid, el 7 de marzo de 2011; el siguiente grupo, delegados sindicales, se realizó en Valencia, el día 8 del mismo mes, igualmente en la sede de ISTAS en esta ciudad, ya que son locales donde los asistentes de ambos colectivos acuden a reunirse por temas de su interés.

Con los grupos tercero y cuarto, dedicados a personas mayores, se optó, con los mismos motivos, por celebrarlos en locales de reunión de personas mayores; el primero de ellos se celebró en Ròtova, en el local de los jubilados y pensionistas, el día 18 de abril; el segundo, el día 25 del mes de mayo, esta vez el local de jubilados y pensionistas del Grau de Gandia. Por último, el grupo de discusión de personas alérgicas al polen se llevó a cabo el día 31 de mayo, en este caso se optó por el edificio de Salud Pública de Valencia, ya que reunía las mejores condiciones para ello, incluyendo su carácter sanitario. Todos los grupos se celebraron a las 18 horas, salvo los de trabajadores sindicados y representantes sindicales, en los que se optó por horario matutino, según recomendación de ISTAS.

2.4. Puesta en marcha de los grupos de discusión

Una vez se concretó todo lo anterior, se pasó a celebrar los distintos grupos de discusión. Cabe anotar que en ningún caso el moderador conocía a las personas con las que se iba a reunir. Además, su papel específico fue necesario porque, como suele suceder en esta técnica, en alguna ocasión durante el desarrollo de las discusiones tuvo que reconducir o matizar el debate.

Cada reunión comenzaba con el agradecimiento al convocante y una breve explicación de la sesión, sin desvelar más de lo necesario para no determinar las respuestas. De este modo, se leía la primera pregunta a todos los asistentes, para que los que quisieran responder y debatir, pudieran hacerlo libremente, y así sucesivamente hasta la última.

La ayudante del moderador fue la que se encargó de utilizar y mantener la grabadora, así como de tomar anotaciones del discurso no verbal de los participantes. Esta actividad se duplicaba con el otro ayudante, un técnico de ISTAS.

Cabe exponer que se utilizó una grabadora solo de audio, imprescindible para hacer necesarias las trascripciones, pero no de video, que pudiera incomodar a los participantes y restringir sus opiniones. Del mismo modo, tampoco se utilizó el nombre real de los asistentes, permitiendo, para clasificar las opiniones, que cada uno utilizara el seudónimo que quisiera.

Después de cada sesión de grupo de discusión, el moderador y la ayudante realizaban la puesta en común; del mismo modo, la ayudante pasaba a realizar las transcripciones pertinentes, utilizando el seudónimo que hubiera elegido cada asistente. Se finalizaba el estudio de cada grupo concretando las distintas percepciones del debate.

A continuación se presenta la Tabla 1 con los datos más representativos de cada grupo de discusión.

Tabla 1. Datos generales de los miembros de los grupos de discusión

	GD1 Trabajadores sindicados	GD2 Representantes sindicales	GD3 Personas mayores	GD4 Personas mayores	GD5 Alérgicos al polen
Sexo	Mujer: 1 Hombre: 11	Mujer: 5 Hombre: 4	Mujer: 3 Hombre: 6	Mujer: 2 Hombre: 6	Mujer: 2 Hombre: 5
Rango de edad	30-58	40-61	66-79	63-79	44-58
Estado civil	Solteros: 4 Casados: 6 Divorciados: 1 Viudos: 1	Solteros: 1 Casados: 7 Divorciados: 1 Viudos: 0	Solteros: 2 Casados: 7 Divorciados: 0 Viudos: 0	Solteros: 0 Casados: 7 Divorciados: 0 Viudos: 1	Solteros: 0 Casados: 7 Divorciados: 0 Viudos: 0
Hijos	Sí: 10 No: 2	Sí: 8 No: 1	Sí: 7 No: 2	Sí: 8 No: 0	Sí: 7 No: 0
Nivel de estudios	Primarios: 5 ESO: 2 Bachiller/FP: 3 Universit.: 2	Primarios: 1 ESO: 0 Bachiller/FP: 1 Universit.:7	Primarios: 5 ESO: 1 Bachiller/FP: 1 Universit: 2	Primarios: 4 ESO: 0 Bachiller/FP: 3 Universit.: 1	Primarios: 0 ESO: 2 Bachiller/FP: 1 Universit.: 4
Relación con la alergia					Propia: 6 Hijo/s: 2
Años de antigüedad profesional	< 11: 7 11-20: 3 21-30: 1 >30: 1	< 11: 3 11-20: 5 21-30: 0 >30: 1			
Antigüedad de la alergia en años					< 11: 0 11-20: 3 21-30: 0 >30: 4
Problemas de salud			Sí: 6 No: 3	Sí: 4 No: 4	Sí: 1 No: 6

3.- Resultados

Primer grupo de discusión, trabajadores sindicados

Características de los participantes:

El grupo de trabajadores sindicados, como se puede observar en la tabla anterior, estaba formado por 11 hombres y 1 mujer; el rango de edad está entre los 30 y los 58 años y la mayoría estaban casados y con hijos. Respecto a las características profesionales, casi todos trabajaban en puestos, como se solicitó, que requieren estar al aire libre (jardinería, construcción…) y, por lo tanto, estaban relacionados de forma directa con el riesgo a tratar. Las personas que no trabajaban al aire libre, también tenían relación con respecto al riesgo, por ejemplo, trabajando con personas inmigrantes…

Características respecto a las preguntas realizadas:

En este primer grupo, respecto a la pregunta primera (Sí: 11, No: 1), la mayoría opinó que sí consideraba que pueda afectar el cambio climático a su salud en el trabajo, incluso: "*creo que ahora es más. Yo en mi caso lo veo más concentrado*", aunque cabe destacar el caso de una persona que dice no haberse planteado esa pregunta nunca, porque: "*Realmente, yo no trabajo a la intemperie; trabajo como asesora y me lo estoy replanteando en este momento*", concretamente: "*Asesoro todas las situaciones de extranjería*". Incluso en alguna ocasión otros opinaron: "*Yo creo que eso son temas que socialmente no tienen una repercusión inmediata, porque como no se ve el efecto*".

Respecto a la segunda pregunta (Sí: 2, No: 10), la mayoría respondió que no ha recibido ningún tipo de formación en relación con temas de prevención en su trabajo, aunque a medida que se va desarrollando la conversación describen situaciones indirectas, de las que ellos no se habían percatado, en las que sí reciben algún tipo de formación u orientación: "*En cuanto a la pregunta de si hemos recibido información (…), no sé si fue a consecuencia de la época de calor de ese año, nos dieron una charla que iba relacionada de prevención de riesgos laborales, a partir de tal temperatura no es conveniente estar al sol o tal temperatura de frío, los protectores solares, pero no sé, pensando…, lo hacían pensando en el cambio climático o en la época de ese año*".

Respecto a la tercera pregunta (Sí: 12, No: 0), todos opinaron que sí es importante recibir información sobre cambio climático, entre otras explicaciones, porque: "*Todos tenemos una responsabilidad*". El matiz introducido de esfuerzo personal en esta formación, ya no tuvo unanimidad; aunque la mayoría dijo también que sí acudiría a recibir esa información fuera de su horario laboral, una persona expresó que acudiría solo si esa información, recibida fuera de su horario laboral, se viera reflejada en el *curriculum* y otro participante se expresó con toda confianza: "*Es muy importante pero no sé si asistiría, siendo sincero*".

En la cuarta y última pregunta (Sí: 12, No: 0), se abre el vivo debate porque cada uno tiene una opinión personal respecto al calentamiento global, aunque en este caso, todos los participantes están de acuerdo en afirmar que sí creen que existe el calentamiento global y que es debido al: "*Abuso y la consecuencia de la sociedad de consumo*".

El segundo grupo de discusión, representantes sindicales

Características de los participantes:

Se observa que el nivel de estudios es más alto que en el primer grupo de discusión, el rango de edad también resulta un poco más elevado (entre 40 y 61 años) hay más casados que solteros y casi todos tienen hijos. Además, se puede observar como en este caso hay casi el mismo número de mujeres que de hombres (5:4).

Características respecto a las preguntas realizadas:

En cuanto a cómo puede afectar el cambio climático en el sector de actividad en el grupo de Valencia (Sí: 8, No: 1), la mayoría responde que sí afecta aunque las personas a las que representen no se den cuenta, como explica un participante: "*...repercusiones directas sobre la salud, no hemos estudiado, ni tenemos requerimientos, o sea, no tenemos peticiones de cómo me afecta a mí el cambio climático, si no somos nosotros lo que estamos haciendo esa sensibilización sobre cómo te afecta el cambio climático para los grupos de trabajadoras y trabajadores a los que nos dirigimos, entiendan y comprendan cómo les afecta el cambio climático a sus condiciones de trabajo y cómo les afectan ambientalmente*". Otro participante apunta: "*Tenemos demandas de otro tipo de riesgos, pero de riesgos que vengan provocados por el cambio climático, no*", a lo que un tercer participante responde: "*Yo pienso que si no hay demandas es por la carencia de información que existe entre la población*".

Con la segunda pregunta, si han participado en alguna actividad preventiva en relación al cambio climático y la salud laboral (Sí: 4, No: 5), existe una división en la que casi la mitad dice que han participado en alguna actividad y la otra mitad no: "*A nivel informativo nosotros sí que hacemos, pero claro, sin relacionarlo directamente con el cambio climático.*"

Respecto a la tercera pregunta (Sí: 9, No: 0), todos responden que sí estarían dispuestos a recibir información aunque algún participante duda al opinar que se realizara de su horario laboral: "*Dentro del horario de mi ámbito privado, ahí habría que matizar*".

En la cuarta pregunta, que no resultó cuantificable, se abrió de nuevo el debate. Aunque todos los participantes fueron rotundos en su opinión, sí creen en el calentamiento global, como este participante que dijo: "*Yo estoy plenamente convencido que el cambio climático existe*", "*Creo que es una cosa objetiva, científicamente demostrable y además se puede comprobar en el día a día*", cuando el moderador hizo la matización de qué opinaban sobre las consultas que reciben como representantes sindicales, fue cuando existieron distintas posturas. Algunos dijeron que no ven que la sociedad se dé cuenta o, como apuntó otro: "*No se hace nada al respecto, estamos igual, o sea, no se hace nada por ninguna parte*", o: "*No está en su pensamiento, entre otras cosas porque en muchos casos es población que su primera necesidad es sobrevivir y, por lo tanto, esto quizás se quede en un segundo plano*".

Tercer y cuarto grupo de discusión: personas mayores

Características de los participantes:

En el caso del tercer y cuarto grupo de discusión, los de personas mayores, como ya se ha explicado, se escogieron los grupos de dos localidades diferentes de la Comunitat Valenciana, y de este modo se abordó mejor y dio mayor amplitud al trabajo. En el grupo tercero al igual que en el cuarto, se observa en el cuadro como hay más hombres que mujeres, y que la edad del tercer grupo tiene un rango de 66 a 79 años, y la del cuarto es similar, entre los 63 y los 79 años de edad. Además, en el grupo de discusión tercero, hay 2 solteros y 7 casados, a diferencia del cuarto grupo de discusión de personas mayores, en el que hay 7 casados y 1 divorciado. La mayoría de los componentes de ambos grupos de discusión tienen hijos, solo en el tercer grupo de discusión no tienen hijos dos personas. En cuanto a los estudios también van a la par. Lo más notable de este apartado es que la mayoría son personas con estudios primarios (5 en el tercer grupo y 4 en el cuarto). Con estudios universitarios hay 3 personas, 2 en el tercero y 1 en el cuarto.

Características respecto a las preguntas realizadas:

Respecto a la primera pregunta, si consideran que el cambio climático puede afectar a su salud, las personas mayores del tercer grupo (Sí: 8, No: 1) opinaron casi todas que sí, alguno incluso concretaba: "*Yo creo que a las personas mayores nos va a perjudicar más que para los jóvenes*". Excepto el participante que opinó de manera negativa: "*Yo no creo en el cambio climático*". En el cuarto grupo de discusión, 5 de los 8 participantes opinaron que sí, que el cambio climático puede afectar a su salud.

En la segunda cuestión, hubo una similitud en los dos grupos de discusión en los que la mayoría de los participantes respondieron a la pregunta de si han recibido algún tipo de información, explicando que lo que conocían lo sabían por los medios de comunicación: "*En la televisión, en la radio*". "*He escuchado lo mismo que ellos por mi cuenta, pero información, ninguna, lo que sé yo, lo que creo saber, es por ver en la televisión, y tú te formas tu opinión*", "*La única información que he tenido es la que he leído en los medios de comunicación y lo que he leído en Internet*". A excepción de un participante de este cuarto grupo de discusión que aclaró: "*En el centro de salud, cuando llega el verano, hay carteles con información de prevención de golpes de calor*".

La tercera pregunta, si creen necesario recibir información sobre el cambio climático y su salud, los dos grupos de mayores (Grau de Gandia y Ròtova) contestaron que sí lo consideraban necesario. El moderador retomó el tema y replanteó la cuestión preguntando si esa información la recibirían haciendo un esfuerzo, a lo que la mayoría contestó que no lo realizarían: "*Yo opino lo mismo, el saber no ocupa lugar, si estamos más formados, digo yo que será mejor (…) aunque a Valencia, francamente, no iría a recibirla*", otro participante reafirmó a lo anterior: "*Pienso que (…) si mañana dijeran: en Valencia hay una conferencia sobre el cambio climático, si afecta a la salud, o no, el que quiera venir gratis, 55 plazas en un autobús, solo irían 5. Pienso que falta, más que información, interés*".

En cuanto a la última pregunta, qué opinan del calentamiento global, en el tercer grupo de discusión (Sí: 7, No: 2)

la mayoría respondió de manera positiva, solo dos de las nueve personas respondieron que no les preocupaba. El resto explicaron su respuesta afirmativa; en este caso, la mayoría hace referencia a lo que dijo en la primera cuestión: "*Yo creo que antes, en la primera pregunta ya lo he expresado, yo digo que el clima está cambiando, más o menos deprisa, pero está cambiando*". El cuarto grupo de discusión, el segundo de personas mayores (Sí: 2, No: 6), a diferencia del anterior, la mayoría respondió que no creían en el calentamiento global y los que sí creían no les preocupaba por ellos. Los participantes opinaron: "*Por nosotros, no nos importa mucho, pero por nuestros hijos y nietos, sí*", "*Yo soy tan viejo que no me toca ya, pero a mis nietos, sí*", reafirmó otro participante de este cuarto grupo de discusión, el segundo y último de personas mayores.

Quinto grupo de discusión: personas alérgicas al polen

Características de los participantes:

Por último, en el caso del quinto grupo de discusión, de personas alérgicas al polen (directa o indirectamente, es decir, no son ellos sino sus hijos quienes son alérgicos) hubieron más hombres (5) que mujeres (2), el rango de edad estaba comprendido entre 44 y 58 años, en este caso, todos, estaban casados, al igual que todos tienen hijos. La mayoría tienen estudios universitarios. En este grupo, 5 de las 7 personas tiene relación con la alergia al polen de manera directa (ellos son los que la padecen), uno de los 7 tiene la relación de manera indirecta (sus hijos son los la padecen) y hay una persona que padece la alergia de las dos maneras, él y sus hijos la tienen.

Características respecto a las preguntas realizadas

Respecto a la pregunta primera, si cree que les puede afectar el cambio climático, de alguna manera, a su problema de salud, o al de su menor a cargo, existe un cierto desconcierto por parte de casi todos los participantes y ninguno de ellos contesta con un sí rotundo: "*Dicen que ahora es posible, que sí, pero, (…) pues, no lo sé, sinceramente (…), no sabría que decir*". Otro participante opina de forma similar: "*No sé qué decirte, el cambio climático (…), no creo que afecte para bien, pero la verdad es que a mí (…), no lo he notado*". Hay una tercera persona que opina de igual modo: "*Yo imagino que nos debe afectar a todos, pero al mismo tiempo, como estoy cumpliendo años, no sé si es debido a eso que no esté igual de bien (…), pero vamos, creo que sí*" Hay otros participantes que opinan que sí afecta, pero dependiendo el momento de evolución de su alergia: "*En estos momentos, no; pero en periodos de inestabilidad, sí que me ha afectado bastante*".

En cuanto a la segunda pregunta, la mayoría respondió que no a si han recibido algún tipo de información directa o indirectamente con su problema de alergia al polen (Sí: 2, No: 5): "*En la televisión hablan del índice del polen, pero nada relacionado con el cambio climático*". Otro participante opinaba igual: "*A mí nadie me ha relacionado mi alergia al polen con el cambio climático*". Solo hay dos personas que opinaban claramente que sí: "*Yo la verdad, es que he leído bastantes artículos en la prensa sobre la influencia del cambio climático relacionado con esto. Ahora, directamente, un médico no me ha dicho nada*", y: "*Yo como conozco un poco este tema, sí que sé de médicos*

que hablan con sus pacientes de esto (…) como estoy dentro, me doy cuenta de estas cosas" (por su vinculación profesional con el sistema sanitario).

A la tercera pregunta, si creen necesario recibir algún tipo de información sobre cambio climático, concretando "fuera de su horario laboral" (el moderador recalcó esta condición como requisito de esfuerzo), opinaron con claridad, abriendo un pequeño debate entre la mitad que opinaba:"*Yo no lo creo, solo bajo recomendación*", o "*Yo no, me informaría más, si tengo algún síntoma, me lo trato y punto*", y "*yo no, porque no me pica por ahora*" y la otra mitad, que por contra opinaba: "*Hombre, si fuera para mejorar mi salud, evidentemente sí*", "*A mi, sí, me encanta ir a conferencias sobre esto*", "*A mí, me interesa mucho el tema, me gusta*". En resumen, 3 participantes opinaron que harían el esfuerzo para recibir información y los otros 4 que no lo harían.

En cuanto a la última pregunta, si les preocupa el calentamiento global y porqué, dos de los participantes contestaron que no: "*Actualmente, no; porque eso está a miles y miles y miles de años. Lo veo muy lejos*" o "*Me preocupa, pero no especialmente, porque como no lo palpo diariamente…*" y las otras cinco personas opinaron que sí: "*En parte, sí me preocupa*", o: "*A mí, me preocupa bastante y me interesa el tema. Creo que estamos rompiendo la baraja (…) ya hemos hecho bastante*". Otros dicen: "*También me preocupa bastante y considero que podemos tomar medidas (…) y que la gente debe comprometerse*", "*Opino que el cambio climático es una cosa inevitable, pero lo que no se puede hacer es acelerarlo*", o: "*Sí que me preocupa, no a corto plazo, pero sí a largo, porque seguramente la Tierra que dejamos va a ser peor que la que vivimos nosotros. Pero no le veo mucha solución; poner puertas al campo es muy difícil*".

7.- Discusión

Gracias a este instrumento, el grupo de discusión, se pudo obtener con mayor facilidad la información que los distintos participantes tienen sobre el cambio climático y centrarse, también, en la actuación no verbal. De este modo, se percibió con claridad la opinión que tiene cada persona sobre el tema que se debatió. Así, también quedó reflejado el proceso no verbal y la interactuación que hicieron entre ellos durante la discusión. A destacar el cambio de opinión de algunos participantes a lo largo del debate, como fue el caso de un trabajador sindicado, que trabajaba con situaciones de extranjería, y no conocía la relación entre su actividad laboral e impacto del cambio climático.

Cabe exponer también que, en general, los distintos grupos de participantes se sintieron cómodos con las discusiones, con expresiones sinceras y sin cortapisas. Se preguntaban entre ellos e intercambiaron opiniones y reafirmaban otras a lo largo del discurso.

Resaltar también como el segundo grupo de discusión, el de representantes sindicales, era bastante similar en las respuestas; es decir, en casi todas las preguntas opinaron de manera uniforme, a diferencia del resto de grupos, que tuvieron una opinión más variada.

Destacar, asimismo, en los dos grupos de discusión de personas mayores, el claro desconocimiento sobre el cambio climático.

8.- Conclusiones

Aunque no se debe extrapolar la información cualitativa recogida, se pueden exponer las siguientes conclusiones de la información de los grupos de discusión:

- En los colectivos de riesgo, es necesario incrementar la información del impacto del cambio climático en su salud, de forma rigurosa y clara, a cargo de las administraciones competentes.

- En el ámbito de la salud laboral estas actuaciones, más allá de riesgo derivado de las temperaturas extremas, son especialmente necesarias y serían bien recibidas.

- Cabe también recalcar la desorientación que genera la información que los participantes reciben desde los medios de comunicación, en parte por lo polemizado que está el tema del calentamiento global.

9.- Bibliografía

1 Mereira PA (dir). La sociedad ante el cambio climático. Conocimientos, valoraciones y comportamientos en la población española. Madrid: Fundación Mapfre; 2011.

2 Valles MS. Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional. Madrid: Síntesis editorial; 2000.

3 Ibáñez J. Más allá de la sociología. El grupo de discusión: técnica y crítica. Madrid: Siglo XXI; 1986.

4 Peiró R. El grupo de discusión en el entorno sanitario. Quaderns de Salut Pública i Administració de Serveis de Salut, 8. Valencia: Institut Valencià d'Estudis en Salut Pública; 1996.

5 Más R, Escribà V, Cárdenas M. Estresores laborales percibidos por el personal de enfermería hospitalario: un estudio cualitativo. Arch Prev Riesgos Labor 1999;2(4):159-67.

3.5.2. La opinión de los expertos en salud y medio ambiente: consulta directa y encuesta abierta

1.- Introducción

Tan importante como generar conocimiento es difundirlo entre el amplio abanico de actores que abarca la lucha contra el cambio climático. En este abanico, los profesionales de la salud y del medio ambiente ocupan un papel central, por lo que hay que garantizar tanto su sensibilización acerca de la magnitud del problema, como el conocimiento riguroso de sus mecanismos de acción y de la complejidad de su impacto.

Para que los profesionales de la salud y del medio ambiente ejerzan su labor de abogacía, es también importante que conozcan las estrategias de mitigación al cambio climático asumidas en España, pero especialmente importante es la difusión entre estos profesionales de las estrategias de adaptación en el sector salud al cambio climático. En cuanto a mitigación, en la actualidad se han puesto en marcha diferentes acciones para reducir la tendencia creciente de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y poder cumplir de este modo con los compromisos asumidos por España al ratificar el Protocolo de Kioto. En cuanto a la adaptación, en España el marco de referencia lo establece el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) presentado en 2006, cuyo objetivo es incluir la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales. En su Segundo Programa de Trabajo, además de los sectores ya prioritarios abordados en el Primer Programa (recursos hídricos, costas y biodiversidad), se consideran también otros sectores relevantes entre los que figura la salud, sin embargo su integración e influencia en el sistema de salud es todavía muy escasa.

De otra parte, es necesario conocer las valoraciones y conocimientos de los profesionales que trabajan relacionados con el cambio climático, la salud pública y el medio ambiente, ya que de su actuación depende, en buena parte, la efectividad de las medidas propuestas.

2.- Seminario para expertos

Con estas bases, se convocó a expertos en cambio climático y salud, bien en su conjunto o en algún efecto sanitario concreto, o en salud ambiental, para manifestar sus opiniones. La obtención de expertos se basó tanto en los asesoramientos de los autores de los trabajos monográficos de este Programa, en relación con sus respectivos temas, como en la selección complementaria del Equipo de Dirección. Se incluyeron también expertos de especialidades relacionadas con la salud y el medio ambiente: calidad ambiental, salud pública, epidemiología, toxicología ambiental o salud laboral.

Un primer grupo de profesionales fue invitado al *Seminario para Expertos de Salud y Medio Ambiente sobre el Proyecto Cambio Climático y Salud en España: Presente y Futuro* (Madrid, 1 de junio de 2011) donde se repartieron las galeradas de los capítulos monográficos de lo que entonces era el Proyecto. Sus autores pudieron explicar los respectivos trabajos y responder a las preguntas suscitadas; como colofón, el Equipo de Dirección presentó a debate las conclusiones provisionales. Allí mismo y durante dos semanas, los expertos asistentes pudieron presentar consideraciones y propuestas a cualquier trabajo repartido o a las conclusiones, que fueron reelaboradas

con estas aportaciones; también algún trabajo monográfico tuvo modificaciones de interés.

Para no determinar las respuestas, la asistencia al Seminario, al que solo se podía acudir por invitación previa y al que por eficiencia se eligió a profesionales españoles, predominando los que realizan su actividad cerca de la ciudad donde se celebró, fue incompatible con la remisión de la encuesta.

A un segundo grupo de expertos, que incluyeron los diez no españoles, se les ha pasado una encuesta específica, anónima y voluntaria, para recoger sus valoraciones, conocimientos y propuestas sobre el impacto del cambio climático en la salud en España. Con las opiniones de los expertos españoles se ha elaborado el estudio que se describe a continuación, mientras que las respuestas de los expertos internacionales, que tenían preguntas similares pero referidas a su ámbito específico de actuación –nacional o internacional–, se han utilizado para enriquecer las conclusiones de los estudios y trabajos previstos en el Proyecto inicial y que son la base del actual Programa.

3.- Encuesta para expertos

3.1.- Objetivo del estudio

El objetivo de este estudio es recoger las valoraciones y conocimientos de profesionales relacionados con el cambio climático, la salud pública y el medio ambiente, sobre el impacto del cambio climático en la salud en España, sobre los planes y estrategias que se llevan a cabo para combatirlo y recoger sus propuestas de mejora al respecto.

3.2.- Métodos

La información contenida en este estudio se ha obtenido mediante el envío de una encuesta de elaboración propia, anónima y voluntaria a 47 profesionales del ámbito del cambio

Tabla I. Cuestionario

1.- ¿Considera que el cambio climático es una amenaza seria para la salud de la población en España? ¿Por qué?

2.- ¿Cuáles serán las consecuencias que considera más relevantes para la salud de los españoles, derivadas del cambio climático, ordenadas por importancia decreciente?

3.- En España, como en otros países, se están elaborando estrategias y planes de acción para hacer frente al cambio climático. ¿Cree que las actuaciones relativas a la salud humana son suficientes y adecuadas al problema? Por favor, si considera que no es así, describa las más importantes que deberían realizarse.

4.- ¿Podría indicar los grupos de población más vulnerables a los efectos en la salud del cambio climático en España?

5.- De forma específica, en el ámbito de la investigación ¿es necesario ampliar los estudios actuales con otras líneas complementarias? Si es así, ¿Cuáles son más necesarias?

6.- En su opinión, ¿la ciudadanía recibe información adecuada y suficiente sobre los posibles efectos del cambio climático en su salud? En caso de respuesta negativa, ¿podría anotar algunas ideas de mejora, indicando la actividad que debe realizarse y el organismo o los organismos que deben afrontarla?

7.- ¿Qué valoración le merece la actuación preventiva de las instituciones y organismos públicos en este ámbito? ¿Desea destacar algunos?

8.- ¿Qué opina de las actuaciones preventivas en el ámbito laboral español, en relación con el cambio climático?

9.- Desde el Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, de la Fundación General de la Universidad Complutense, se está constituyendo una red estable multidisciplinar de expertos colaboradores y consultores de los ámbitos de las ciencias medioambientales y de la salud, u otras disciplinas que puedan tener relación con el tema del cambio climático y la salud, con el objeto de recabar información y establecer los ámbitos necesarios para el debate científico y la cooperación. ¿Estaría dispuesto a colaborar con esta red?

10.- En relación al cambio climático y la salud en España, ¿desea añadir algún aspecto más?

11.- En relación a la actuación de los organismos e instituciones internacionales respecto al cambio climático y la salud ¿desea añadir algún aspecto más?

climático, la salud y el medio ambiente del ámbito español. Las encuestas se enviaron y recogieron por correo electrónico entre el 15 de junio y el 1 de agosto de este año, respondiendo en el plazo un total de 34 profesionales, cuyo listado, junto a los no españoles, se presenta en el Anexo II.

El cuestionario constó de 11 preguntas abiertas (Tabla 1). La pregunta 9, cuya información tiene otra finalidad evidente, no ha sido incluida en el análisis de este estudio.

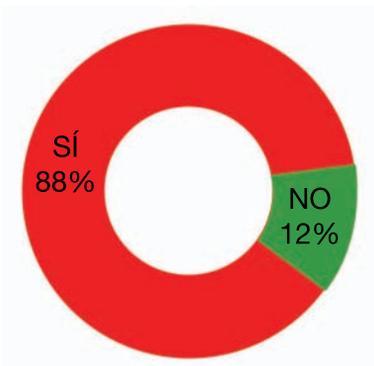
Las cuestiones tratadas en esta encuesta son:

- Las creencias y opiniones sobre la magnitud del impacto del cambio climático sobre la salud.
- Los conocimientos sobre los efectos del cambio climático sobre la salud.
- El conocimiento y la valoración de las estrategias relativas al impacto en salud del cambio climático en España.
- El conocimiento e identificación de los grupos de población más vulnerables frente al cambio climático en España.
- La valoración sobre la investigación realizada en España en este ámbito.
- La valoración sobre la calidad de la información de la ciudadanía sobre cambio climático y salud.
- La valoración sobre las actuaciones preventivas en el ámbito público y en el laboral.

Además, en las preguntas 3, 5 y 6 se recogen las propuestas de los encuestados sobre estrategias de acción frente al cambio climático, líneas de investigación complementarias y mejora de la información de los ciudadanos.

A partir de las respuestas se elaboró un análisis temático integrado que recoge las ideas fundamentales transmitidas por los encuestados. Debido a la falta de estudios previos de estas características (con preguntas abiertas y con participantes del ámbito profesional de los sectores del cambio climático, la salud y el medio ambiente) no ha existido la posibilidad de realizar comparaciones de los resultados, por lo que para la discusión del estudio se ha realizado una interpretación del análisis temático.

Figura 1. ¿Considera que el cambio climático es una amenaza para la salud de la población en España?



3.3.- Resultados

3.3.1.- Influencia del cambio climático sobre la salud en España

La primera pregunta de la encuesta tiene como objetivo valorar la importancia que los encuestados atribuyen al cambio climático como amenaza para la salud en España. La tasa de respuesta a esta pregunta fue del 100% (34/34).

De los 34 encuestados participantes, el 88,2% (30) consideran que el cambio climático es una amenaza seria para la población en España, sin embargo 6 de ellos (17,6% del total) lo consideran una amenaza relativa (no en la actualidad o solo para sectores poblacionales concretos) y el 11,8% (4) no lo consideran una amenaza para España (Figura 1).

En el grupo de los que consideran el cambio climático una amenaza seria para la salud de la población en España en la actualidad, destacan dos razones mencionadas por los encuestados:

- El medio ambiente es un factor determinante de la salud de las poblaciones, por lo que cualquier perturbación y deterioro en el mismo tiene repercusiones directas o indirectas sobre la salud de la población. El clima es uno de los procesos que regulan la vida en el planeta por lo que indiscutiblemente influye en la calidad de vida y el bienestar de los seres humanos.

- España debido a su situación geográfica, a las características del territorio y su problemática ambiental, y a las circunstancias demográficas, socioculturales y económicas que atraviesa, es un país con especiales vulnerabilidades frente al cambio climático en el contexto europeo.

Entre los mecanismos de acción del cambio climático sobre la salud, los más mencionados son:

- El aumento de las olas de calor

- El incremento de eventos meteorológicos extremos

- Los cambios en la distribución y los patrones de comportamiento de algunos vectores de enfermedades subtropicales

- La reducción de recursos hídricos y alimenticios

- El aumento de la pobreza

- El incremento de aeroalérgenos

- Varios encuestados mencionan entre los mecanismos el deterioro de la calidad del aire, la contaminación química del suelo y de los recursos hídricos o el deterioro de la capa de ozono estratosférico.

En el grupo de los que NO consideran el cambio climático una amenaza seria para la salud de la población en España:

- Uno de los encuestados opina que no existe evidencia científica.

- Un encuestado no lo considera una amenaza inminente teniendo en cuenta la cobertura sanitaria y social en España.

- Un encuestado no lo considera una amenaza seria porque el impacto previsto en la mortalidad es inferior al que produce la contaminación por tráfico.

- Un encuestado explica que no es una amenaza para España ya que los efectos están previstos para otras áreas del planeta (Sureste asiático y África).

3.3.2.- Principales efectos del cambio climático en la salud en España

Esta pregunta tiene como objetivo enumerar los efectos en salud del cambio climático en España en orden decreciente de importancia. La tasa de respuesta a esta pregunta fue del 97,1% (33/34) ya que un encuestado no menciona ningún impacto por

Tabla 2. Efectos en salud de mayor importancia en España

EFECTOS EN SALUD DE MAYOR IMPORTANCIA EN ESPAÑA	n (%)
Olas de calor / Temperaturas extremas	12 (36,4%)
Eventos climáticos extremos	6 (18,2%)
Disminución de recursos hídricos y alimenticios	4 (12,1%)
Deterioro de la calidad del aire / Incremento de enfermedades cardiorrespiratorias	4 (12,1%)
Modificación en el patrón de distribución y comportamiento de las enfermedades vectoriales y otras enfermedades infecciosas	2 (6%)
Aumento de morbilidad por aeroalergenos polínicos	2 (6%)
Aumento de enfermedades cutáneas por radiación ultravioleta	2 (6%)
Aumento de enfermedades de transmisión hídrica y alimentaria	1 (3%)

Tabla 2. Listado de efectos en salud mencionados por los encuestados

LISTADO COMPLETO DE EFECTOS EN SALUD MENCIONADOS POR LOS ENCUESTADOS	n (%)
Modificación en el patrón de distribución y comportamiento de las enfermedades vectoriales y otras enfermedades infecciosas	24 (72,7%)
Olas de calor / Temperaturas extremas	19 (57,6%)
Eventos climáticos extremos	17 (51,5%)
Deterioro de la calidad del aire / Incremento de enfermedades cardiorrespiratorias	17 (51,5%)
Aumento de enfermedades de transmisión hídrica y alimentaria	12 (36,4%)
Disminución de recursos hídricos y alimenticios	11 (33,3%)
Aumento de morbilidad por aeroalergenos polínicos	10 (30,3%)
Aumento de enfermedades cutáneas por radiación ultravioleta	9 (27,3%)
Incremento de la exposición a contaminación química del medio	4 (12,1%)
Migración de poblaciones humanas	3 (9,1%)
Disminución y alteración de la distribución de la biodiversidad	2 (6,1%)
Incremento de la pobreza y de las desigualdades en salud	2 (6,1%)
Enfermedades mentales	1 (3%)

considerar que no existe evidencia de que el cambio climático sea una amenaza para la salud.

Los encuestados refieren que es difícil priorizar y ordenar según magnitud del impacto ya que muchos de ellos no están cuantificados. Por otro lado, estos efectos no serán homogéneos en el territorio español donde existe una gran variedad de patrones climáticos.

Como se puede observar en la Tabla 2, el efecto en salud más señalado como el de mayor importancia en España es el incremento en la morbimortalidad relacionada con las olas de calor y las temperaturas extremas (12/33), seguido de las consecuencias en salud del aumento de frecuencia y magnitud de los eventos climáticos extremos (6/33).

A continuación se muestra el listado completo de los efectos en salud mencionados por los encuestados (Tabla 3), siendo el más mencionado globalmente la modificación del patrón de distribución y del comportamiento de las enfermedades vectoriales y otras enfermedades infecciosas.

La mayoría de encuestados no se extienden en explicar en profundidad cada uno de los efectos en salud que menciona, sin embargo aquí se exponen los comentarios recogidos en las respuestas a esta pregunta:

- Modificación en el patrón de distribución y comportamiento de las enfermedades vectoriales y otras enfermedades infecciosas: aparición de enfermedades emergentes tropicales y subtropicales por cambios ecológicos y ambientales que hacen posible el desarrollo de especies de vectores que en el pasado no estaban adaptados a estas latitudes. Asimismo cambios en los ciclos y patro-

nes de comportamiento de determinados vectores (artrópodos, garrapatas, roedores…). También enfermedades reemergentes relacionadas con los movimientos migratorios de poblaciones de zonas más vulnerables al cambio climático. Mencionan el dengue, las encefalitis, la fiebre Chikungunya, el Virus del Nilo Occidental y el paludismo. También se menciona el aumento de casos de legionelosis por el mayor uso de sistemas de refrigeración.

- Olas de calor y temperaturas extremas: incremento de la frecuencia e intensidad de las olas de calor y del frío intenso, afectando especialmente a la población anciana y enfermos crónicos. Supone un aumento en la morbimortalidad por enfermedades cardiorrespiratorias.

- Eventos climáticos extremos: lluvias torrenciales, tormentas, sequías, tornados, huracanes, incendios...

- Deterioro de la calidad del aire: causará un incremento de la morbimortalidad por enfermedades cardiorrespiratorias en zonas urbanas relacionadas con los fenómenos de inversión térmica que son cada vez más frecuentes y elevan los niveles de contaminación. Aumentará la contaminación fotoquímica por ozono y también por partículas al aumentar el número de incendios.

- Aumento de enfermedades de transmisión hídrica y alimentaria: por contaminación tanto química como microbiológica, vinculadas al efecto del aumento de la temperatura sobre los procesos de elaboración, transporte y conservación de alimentos y a la presencia de más biotoxinas, micotoxinas, toxinas marinas…

- Disminución de recursos hídricos y alimenticios: aumento de sequías, desnutrición y hambrunas.
- Aeroalérgenos: los encuestados se refieren a un efecto de modificación e incremento de sensibilización y alergias al polen al aumentar los periodos de polinización cambiando los calendarios habituales de alergias. Desde mediados del siglo XX los casos de polinosis han pasado de afectar a un 1% de la población a afectar a un 15-24%, dependiendo de la zona de estudio.

- Aumento de enfermedades cutáneas por radiación ultravioleta: quemaduras, melanoma, cataratas…

- Incremento de la exposición a contaminación química del medio: por aumento de la concentración de contaminantes aumentando su biodisponibilidad en los ecosistemas y a la población humana.

- Migración de poblaciones humanas: desde zonas más vulnerables al cambio climático (por inundaciones, pérdida de tierras de cultivo, temperaturas extremas, deterioro medioambiental o erosión costera) a zonas de mayor seguridad y también desde áreas rurales a zonas urbanas, aumentando el hacinamiento y las enfermedades relacionadas con las malas condiciones higiénico-sanitarias.

- Disminución y alteración de la distribución de la biodiversidad: con repercusión sobre la calidad de vida de las poblaciones humanas. También cambio en la distribución de especies marinas por ejemplo las medusas por incremento de la temperatura del agua.

- Incremento de la pobreza y de las desigualdades en salud: y consecuen-

temente, aumento de conflictos bélicos y de la violencia.

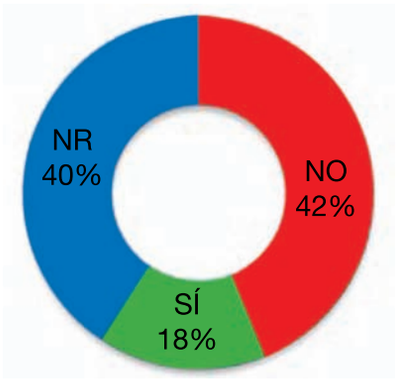
- Enfermedades mentales: ansiedad, violencia, estrés… por cambios de hábitat y cultura.

3.3.3.- Estrategias y planes de acción sobre cambio climático y salud en España

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 97,1% (33/34). Un 42,4% (14/33) de los encuestados opina que las actuaciones relativas a la salud humana reflejadas en las estrategias y planes de acción para hacer frente al cambio climático NO son suficientes o adecuadas al problema, frente a un 18,2% (6/33) que cree que SÍ lo son y un 39,4% (13/33) que no se decanta. En este último grupo, 5 encuestados (15,6% del total) no concretan su respuesta refiriendo no poder opinar por desconocimiento de dichas estrategias y planes en el ámbito del Estado (Figura 2).

En cuanto a los que SÍ consideran las medidas suficientes y adecuadas destacan las siguientes matizaciones:

Figura 2. ¿Cree que las actuaciones relativas a la salud humana son suficientes y adecuadas al problema?



- Los planes de adaptación podrán ser suficientes siempre que en un futuro no disminuya la cobertura sanitaria y social de España y siempre que realmente se implementen los planes desarrollados.

- Las actuaciones en relación a la salud humana son adecuadas, no obstante, deberían intensificarse los planes de acción encaminados al cumplimiento de los objetivos establecidos en relación con las emisiones de CO_2.

Por otro lado, en el grupo más numeroso, los que consideran que las medidas NO son adecuadas ni suficientes, podemos reseñar los siguientes comentarios en sus respuestas:

- No existe el consenso ni la voluntad necesaria para alcanzar el objetivo de no sobrepasar los 2 °C de calentamiento global y que las concentraciones de CO_2 equivalente se estabilicen por debajo de las 550 ppm.

- A pesar de contar con organismos específicos como la Oficina Española de Cambio Climático que ha impulsado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y de haber desarrollado estrategias autonómicas, el impacto sobre el Sistema Nacional de Salud es escaso y la coordinación intersectorial es insuficiente.

- Las estrategias de adaptación tienen un horizonte temporal a medio y largo plazo por lo que las actuaciones en materia de salud humana están empezando a plantearse y todavía no existe un conjunto consistente. No obstante, el sector salud es uno de los prioritarios tanto en la estrategia española (PNACC) como en el Libro Blanco de la Unión Europea. Existe el peligro en

la actualidad de que no se mantenga el soporte político necesario para desarrollar las medidas planteadas en las estrategias.

- Las actuaciones se están centrando en la caracterización del problema y en las medidas paliativas, no obstante, es necesario adoptar medidas integradoras donde se aborde de manera conjunta la mejora de los ecosistemas naturales con el impacto en la salud y los aspectos sociales y económicos (propuesta ya contemplada en el Segundo Programa de Trabajo del PNACC, pero cuyo desarrollo es aún bajo).

- Las medidas no parecen adecuadas por la falta de coordinación institucional y por la poca dotación de medios y recursos para su implementación (por ejemplo, el Observatorio de Salud y Cambio Climático).

- La presencia de medidas sobre la salud es más estratégica que operativa.

- El Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad debe impulsar medidas acordes con el riesgo para la salud que plantean los organismos internacionales.

- Las medidas no son eficaces por ser demasiado permisivas con la industria y con el tránsito de vehículos.

- La única estrategia eficaz para disminuir el impacto en salud del cambio climático es la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

PROPUESTAS DE LOS ENCUESTADOS:

A continuación se recogen las principales propuestas de actuaciones de los encuestados agrupadas en cinco grandes bloques temáticos.

1.- Mitigación

- Fomentar políticas energéticas y medioambientales más eficientes y severas con medidas más contundentes contra las industrias, empresas u organismos que no cumplan los requisitos de gestión ambiental.

- Ejercer una función de abogacía desde la salud pública para influir en las medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y en la creación de sumideros.

- Cambiar los modelos productivos, de consumo y de ocio.

- Desarrollar e implementar planes de mitigación a nivel local y municipal.

2.- Adaptación en salud

- Evaluar los efectos del cambio climático en la salud, la vulnerabilidad y la adaptación de la población humana.

- Establecer un sistema de gestión de riesgo que proponga medidas de adaptación basadas en el principio de precaución y en el análisis costo-beneficio.

- Mantener y mejorar el actual Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.

- Intensificar las medidas para combatir el previsible aumento de las olas de calor. Educación y sensibilización de la población para combatir sus efectos.

- Crear campañas que fomenten: la protección de la radiación solar, la adecuada hidratación, la elección de alimentos adecuados y el control de vectores.

- Potenciar del uso de transporte público.

- Planificar las zonas verdes urbanas y de los árboles ornamentales utilizando especies menos alergénicas.

- Promover el aumento de espacios sombreados, arbolados, irrigados y frescos.

- Mejorar la planificación urbanística orientada a evitar la formación de islas de calor urbano y las inundaciones.

- Identificar la vulnerabilidad al cambio climático de las infraestructuras de abastecimiento de aguas, de la cadena de suministros de alimentos, del almacenamiento de sustancias peligrosas, del control vectorial, de los centros sanitarios, etc. Y elaborar los correspondientes mapas de riesgo y proponer las oportunas medidas de adaptación.

- Integrar la adaptación al cambio climático en la normativa sanitaria y en el desarrollo de planes de actuación y programas de vigilancia y control sanitarios.

- Planificar los servicios asistenciales sanitarios para afrontar las nuevas necesidades.

- Establecer medidas de fortalecimiento de la capacidad de adaptación en cuanto a recursos, tecnologías e infraestructuras de salud pública.

3.- Monitorización y vigilancia

- Crear un sistema de información y vigilancia con indicadores de morbimortalidad consensuados y comparables.

- Elaborar estudios epidemiológicos de las enfermedades producidas por contaminantes atmosféricos, incluyendo los pólenes y el ozono.

- Mejorar los sistemas de alerta que permitan la predicción de eventos meteorológicos extremos, olas de calor, de los episodios de niveles altos de partículas (de ozono y de pólenes), y faciliten la información a la población, incluyendo protocolos de actuación en centros sanitarios y sociales para la acogida, diagnóstico y tratamiento de pacientes.

- Sistematizar los sistemas de vigilancia y control de plagas y vectores.

- Fomentar la investigación hacia la monitorización y generación de escenarios y modelos.

4.- Información y comunicación

- Movilizar a todos los actores implicados, llevando a cabo programas de comunicación, concienciación y formación de la población general. Sin una mayor sensibilización de la población, el proceso de toma de decisiones no puede progresar en la línea adecuada porque choca con los intereses de los individuos. El encuestado refiere que este es uno de los ejes identificados tanto en el Plan de Acción de la oficina europea de la OMS como en el PNACC.

- Mejorar la educación e información de la población para que adopte más medidas de prevención y promover los hábitos saludables desde el punto de vista medioambiental.

- Potenciar la formación y capacitación de distintos grupos profesionales que pueden ayudar a fomentar la concienciación de sectores diversos de la población, por ejemplo, los profesores de primaria y secundaria y los profesionales de la salud.

- Mejorar la información para las personas alérgicas sobre la distribución y los niveles de polen.

5.- Coordinación institucional

- Constituir referencias organizativas en las administraciones e instituciones sanitarias para desarrollar planes operativos específicos.

- Coordinar y reforzar el papel de la salud pública en todas las políticas y planes relacionados con el cambio climático mediante la creación efectiva de un Observatorio de Cambio Climático y Salud.

- Abordar el problema de manera horizontal y multisectorial con mayor coordinación entre políticas.

- Intensificar la cooperación internacional para evitar el incremento de enfermedades vectoriales en países endémicos mediante políticas de ordenación del territorio y de educación.

3.3.4.- Poblaciones vulnerables a los efectos en salud del cambio climático en España

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 97,1% (33/34). Cabe resaltar que además de destacar los grupos más vulnerables señalados a continuación, los encuestados subrayan que la magnitud y complejidad del problema convierte a toda la población en vulnerable al impacto del cambio climático.

En la Tabla 4 se describen los colectivos señalados por los encuestados como especialmente vulnerables, así como el número de encuestados que menciona cada uno de ellos. El grupo de población más vulnerable es el de la población mayor, seguida por la población infantil y los enfermos crónicos.

- Con respecto a las personas mayores, los encuestados señalan que los mayores de 65 años son una población cada vez más numerosa en España, dependiente y con menos capacidad adaptativa al entorno.

- La población infantil es también más dependiente y presentan un mayor riesgo de enfermar por la falta de madurez de sus órganos, su mayor actividad y su menor tamaño.

- En cuanto a los enfermos crónicos presenta mayor vulnerabilidad la población con enfermedades cardiorrespiratorias, renales, inmunodeprimidos, obesos, discapacitados y consumidores de alcohol o drogas, por ser más

Tabla 4. Grupos de población más vulnerables a los efectos en salud del cambio climático en España

GRUPOS DE POBLACIÓN	n (%)
POBLACIÓN MAYOR	30 (90,9%)
POBLACIÓN INFANTIL	27 (81,8%)
ENFERMOS CRÓNICOS	21 (63,6%)
CLASES SOCIALES DESFAVORECIDAS	15 (45,4%)
TRABAJADORES AL AIRE LIBRE	7 (21,2%)
RESIDENTES EN ZONAS DE RIESGO	3 (9,1%)
EMBARAZADAS	2 (6,1%)
MUJERES	1 (3%)
VIAJEROS INTERNACIONALES	1 (3%)
NS/NC	1 (3%)

sensibles a cambios ambientales y tener menor capacidad adaptativa.

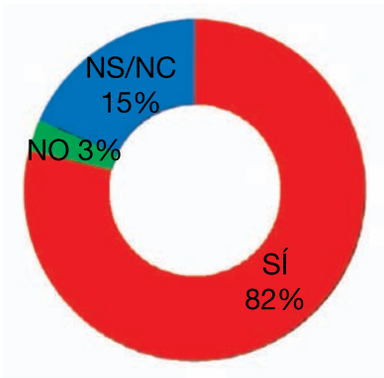
- Entre las clases sociales desfavorecidas, los encuestados hacen especial mención a los desempleados de larga duración, los inmigrantes irregulares, los grupos marginales y la población con menor acceso a la atención sanitaria.

- En cuanto a los trabajadores al aire libre, mencionan agricultores, trabajadores de la construcción y deportistas y también trabajadores próximos a focos de calor.

- Los encuestados que mencionan las poblaciones residentes en áreas geográficas de mayor riesgo señalan especialmente las zonas costeras, las grandes urbes y las zonas afectadas por eventos climáticos extremos en las que son fundamentales los procesos de aclimatación y de prevención para la reducción de las consecuencias negativas.

- La población femenina aparece como grupo más vulnerable en 3 respuestas. Solo una de ellas se refiere a las mujeres en general como un sector especialmente vulnerable por la mayor carga de trabajo y por ser una población socioeconómicamente desfavorecida. Otros dos encuestados señalan a las mujeres embarazadas como grupo de especial riesgo.

Figura 3. ¿Es necesario ampliar los estudios actuales con otras líneas de investigación complementarias?



3.3.5.- Líneas de investigación

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 97,1% (33/34). La mayoría de los encuestados, el 81,8% (27/33), opina que es necesario ampliar los estudios actuales con líneas de investigación complementarias. Un 15,2% (5/33), no se posiciona al respecto bien refiriéndose a las líneas ya establecidas por las actuales estrategias en España y en las comunidades autónomas (3 encuestados) o por desconocer el tema (2 encuestados). Tan solo un 3% (1/33) opina que no es un tema de interés relevante por existir posibilidades de estudio de mayor necesidad (Figura 3).

Los encuestados señalan la necesidad de continuar avanzando en la consecución de evidencia científica del impacto en salud del cambio climático a pesar de las dificultades que supone la multicausalidad y la cantidad de posibles factores de confusión en estos estudios, ya que obtener pruebas científicas en este campo ayudaría a respaldar las medidas de protección de la salud y las políticas y medidas para mitigar el cambio climático. En estas respuestas generales se pueden recoger una serie de características de los estudios epidemiológicos y sistemas de vigilancia en salud y cambio climático que los encuestados consideran fundamentales:

- Realizar estos estudios a nivel local y regional.

- Uso de bases de datos históricas que aporten evidencia del impacto (ejemplo, la Red Española de Aerobiología, que funciona desde 1992, con problemas de financiación en la actualidad).

- Los sistemas de vigilancia y alerta temprana deben integrar información meteorológica, ambiental, de salud y sociodemográfica.

- Realizar los estudios de manera multidisciplinar.

- Trabajar con sistemas de indicadores integrados y estandarizados en el ámbito internacional.

A continuación se recogen las propuestas concretas de los encuestados acerca de las líneas de investigación más necesarias o más importantes en el ámbito de la salud y el cambio climático.

Cambio climático y energía

En esta área más general los objetivos de los estudios que los encuestados consideran necesarios son:

- Creación de escenarios climatológicos a escala local.

- Mitigación del cambio climático. Desarrollo tecnológico en todos los sectores para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Ahorro energético, energías renovables y energías limpias.

Impacto en salud del cambio climático

En el ámbito de la salud, los encuestados refieren las siguientes líneas de investigación y estudio:

- Sistema de predicción de extremos térmicos a escala local o comarcal y seguimiento del impacto en la salud, considerando las variables socioeconómicas para evaluar los planes de actuación.

- Modelos de predicción de los posibles efectos en salud debidos a los cambios en la contaminación atmosférica.

- Impacto en salud de la exposición crónica en bajas concentraciones a contaminantes químicos y físicos.

- Investigación en control ambiental de calidad del aire interior y exterior (virus, bacterias, hongos, pólenes y los alérgenos derivados de todos ellos) con metodologías de medición más precisas, resultados a tiempo real y bajo coste.

- Simulación con modelos predictivos de movimiento de especies de insectos y parásitos vectores desde el punto de vista biológico-ecológico, influenciados por los cambios climáticos distinguiéndolos de los causados por desplazamientos de la población y de mercancías.

- Distribución de poblaciones, vectores y reservorios y correlación con los parámetros climáticos y la incidencia de las enfermedades transmisibles.

- Sistemas eficientes y sostenibles de control de plagas y vectores.

- Mejora de la producción de alimentos en condiciones de cambio climático para garantizar la seguridad alimentaria.

- Investigación sobre disponibilidad de recursos hídricos.

- Impacto económico en el sector agrícola, servicios, industria… para planifi-

car medidas correctoras que minimicen situaciones de desequilibrio que tendrían efectos en salud pública.

- Estudios de planificación urbanística y salud.
- Investigación de las sinergias del cambio climático con otros factores de riesgo conocidos para ciertas enfermedades.
- Desarrollo de nuevos fármacos y vacunas para enfermedades sobre las que influye el cambio climático que tienen un gran impacto en regiones desfavorecidas y que están en aumento en países desarrollados.
- Evaluación de riesgo y vulnerabilidad ante el impacto del cambio climático, tanto de la sociedad como del sistema sanitario.
- Beneficios en salud de las medidas de lucha contra el cambio climático.
- Identificación de las barreras que dificultan la incorporación de consideraciones de salud en la planificación y ejecución de políticas, estrategias y programas de ámbitos no sanitarios.
- Investigación sociológica hacia nuevos modelos de desarrollo humano y científico. Aplicación de la filosofía, la ética y la sociología en las ciencias de la salud.

3.3.6.- Información a la ciudadanía

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 97,1% (33/34). La mayoría de los encuestados, el 90,9% (30/33), opina que la información que recibe la ciudadanía sobre los posibles efectos del cambio climático en su salud NO es suficiente ni adecuada. Un 9,1% (3/33) opina que SÍ.

Entre las aclaraciones de los encuestados cuya respuesta fue negativa, destacan:

- Los mensajes en muchas ocasiones son contradictorios, no son homogéneos, y pueden provocar cansancio y desinterés.
- En los medios de comunicación el tema se trata de manera frívola, poco precisa y alarmista, con información poco fundada, haciendo perder credibilidad.
- En ocasiones las propias autoridades tienden a buscar como expertos a aquellos que usan la ciencia de forma alarmista y deforman la objetividad de los datos.
- El tema más tratado y sobre el que los ciudadanos tienen claras las medidas a tomar, son las olas de calor.

Propuestas de mejora para la información a la ciudadanía:

- Reforzar los sistemas de información y vigilancia epidemiológica, y mejorar los estudios de impacto en salud, para generar información científica y de calidad en la que basarse a la hora de comunicar los datos a la ciudadanía.
- Planificar y focalizar las actuaciones de comunicación, dejándolas en manos de las autoridades sanitarias y distinguiendo qué tipo de mensajes se difunden de manera más eficaz tanto en el ámbito nacional, como regional y local.
- Identificar a aquellos profesionales que generan credibilidad y empatía entre la población.

- Crear alianzas entre la administración de salud y los medios de comunicación y adaptar los mensajes a los diferentes tipos de público.

- Potenciar la bidireccionalidad en la comunicación con retroalimentación del público para evaluar la comprensibilidad de los mensajes.

- Mejorar la comunicación del riesgo y de la incertidumbre, con el fin de que la población comprenda correctamente el significado de los resultados "no concluyentes".

- Mejorar y ampliar la información sobre la necesidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y las medidas que deben tomar los ciudadanos para contribuir a la mitigación.

- Mejorar los portales web informativos oficiales, haciéndolos más interactivos y atractivos, con *links* a buenas prácticas y con acceso diferenciado para profesionales (información técnica) y para ciudadanos (más interactivo y creativo).

- Desarrollar campañas en el ámbito estatal de concienciación ciudadana en la televisión, con periodicidad y permanencia suficientes, diseñadas por profesionales de la comunicación y de la salud pública sobre el impacto en salud del cambio climático, las medidas de mitigación y las de adaptación a tomar por los diferentes actores.

- En el ámbito autonómico, movilizar y formar a los profesionales sanitarios para que en su trabajo diario informen, sensibilicen e involucren a los ciudadanos en las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático relacionadas con la salud.

- En el ámbito municipal, crear oportunidades de participación ciudadana y realización de debates, conducidos por profesionales de la administración local y sanitaria, donde se alcancen acuerdos y compromisos sobre las prioridades de actuación a realizar en su entorno.

- Elaborar y transmitir en la televisión pública documentales sobre los escenarios posibles y los efectos de estos en la salud y en la forma de vida.

- Reforzar la información especialmente en educación primaria y secundaria.

3.3.7.- Actuación preventiva de los organismos públicos

La tasa de respuesta esta pregunta es del 94,1% (32/34). De los que han participado, un 90,6% (3/32) refiere conocer las actuaciones preventivas de las instituciones públicas en este ámbito. Un 9,4% (3/32) las valora positivamente y un 81,2% (26/32) las valora negativamente.

Los encuestados que han expresado una valoración negativa han descrito las actuaciones preventivas como insuficientes, muy limitadas, de pequeño calado, deficientes o inexistentes.

Se repite en las respuestas que las medidas preventivas más eficientes e importantes son las de ahorro y uso eficiente de la energía, ordenación sostenible del territorio, movilidad sostenible… y que estas en España son claramente insuficientes.

3.3.8.- Actuaciones preventivas en el ámbito laboral

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 100% (34/34). Un 47,1%

(16/34) responde que desconoce las medidas preventivas en el ámbito laboral español.

De las respuestas a esta pregunta se extraen como comentarios positivos o ejemplos de buenas prácticas, las campañas de información sobre comportamientos saludables frente a las olas de calor, los convenios en el sector de la construcción en este sentido y el fomento de las nuevas herramientas informáticas (teletrabajo y teleconferencias) para evitar desplazamientos innecesarios.

De entre los comentarios negativos, las actuaciones preventivas se describen como deficientes, insuficiente o inexistentes. Se señala que la información no llega de manera adecuada a los trabajadores y que en lo que más énfasis se pone en el mundo empresarial es en el ahorro energético y en la colaboración de los trabajadores en la consecución de ese objetivo.

Las propuestas al respecto son:

- Adaptar las instalaciones y edificios a la variabilidad meteorológica estructuralmente y en cuanto a eficiencia energética.
- Promover el uso de nuevas tecnologías para el ahorro energético en el ámbito empresarial.
- Mejorar la integración de la gestión de prevención laboral con la medioambiental, hacerla más viable y asequible.
- Evitar entornos favorecedores de enfermedades alérgicas.
- Programar las tareas que exijan mayor esfuerzo físico a las horas más frescas del turno de trabajo.
- Aumentar las medidas de protección personal.

3.3.9.- Otros aspectos en relación al cambio climático en España

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 50% (17/34).

Es destacable que entre las respuestas a esta pregunta, la más repetida es la opinión de que "queda casi todo por hacer".

El principal problema que señalan los encuestados en esta pregunta es la falta de un liderazgo en la salud pública que refuerce la colaboración y coordinación entre las administraciones autonómicas y la central, y entre la administración sanitaria y la ambiental.

Este trabajo coordinado y con objetivos comunes debe estar por encima de ideologías políticas e intereses económicos, prevaleciendo los criterios técnicos y científicos sobre los políticos. Es necesaria también la dotación de una referencia documental y orgánica en el organigrama estatal y dentro del sistema de salud.

Señalan también que la salud pública debería impregnarse de un enfoque ambientalista y ejercer su función de abogacía sobre otros sectores implicados en la problemática así como garantizar la ejecución y resultados de los planes y estrategias mediante evaluaciones continuas.

Es fundamental garantizar el cumplimiento de la normativa vigente para lo que un encuestado considera necesaria la aplicación de medidas coercitivas a las industrias y países desarrollados contaminantes.

Para afrontar el problema sería de ayuda contar con sistemas de información multidisciplinares de los que se haga una análisis objetivo y libre de intereses; fomentando la investigación y el desarrollo y la difusión del conocimiento.

3.3.10.- Otros aspectos en relación a la actuación internacional en cambio climático y salud

La tasa de respuesta a esta pregunta ha sido del 44,1% (15/34).

La actuación internacional frente al cambio climático es señalada como el principal problema que condiciona los demás. Los encuestados resaltan la falta de gobernanza internacional y el poco poder político y ejecutivo de organismos como la OMS frente al poder de los mercados y de los intereses económicos. Exigen un mayor compromiso de los gobiernos y de las instituciones internacionales en la lucha activa por la mitigación del cambio climático mediante acciones estratégicas conjuntas, acuerdos vinculantes y políticas internacionales de obligado cumplimiento.

El peso de los grupos técnicos debería ser mayor en la planificación de las agendas de las instituciones internacionales, y deberían además ser capaces de mantener la independencia y la objetividad necesarias para mantener su credibilidad y garantizar la transparencia.

También se recogen las propuestas: poner en conexión las líneas de trabajo relativas al cambio climático y la salud y las relativas a los determinantes sociales de la salud, facilitar la formación de personas expertas en España, con estilo independiente y objetivo en la forma de valorar los datos científicos para mejorar la influencia internacional, y fomentar la investigación y el desarrollo y la difusión del conocimiento.

Hay que comprometerse y actuar sobre la causa principal que es el modo de vida actual y el modelo de consumo. Sentar las bases de un desarrollo verdaderamente sostenible y cooperar para evitar los efectos del cambio climático sobre sus principales víctimas que son los habitantes de las zonas deprimidas del planeta.

3.4.- Discusión

Sobre la participación de los profesionales en el estudio, llama la atención la poca implicación o relación de su trabajo que algunos perciben con respecto al cambio climático. Varios de ellos no se consideran expertos del tema debido a que están especializados en un área temática concreta y su actividad profesional, sujeta a demandas a corto plazo, adolece de la ausencia de un enfoque ecosistémico y global de la problemática ambiental.

En cuanto a la percepción del cambio climático como una amenaza para la salud, por un lado hay que destacar como un resultado positivo que ningún encuestado ha dudado o negado la existencia del fenómeno, frente a un 10,7% de la población general en España que refiere no saber si existe y un 8,5% que niega su existencia[2], si bien aquí no se ha explorado el conocimiento y percepción acerca de las causas humanas y/o naturales del cambio climático.

En esta pregunta también encontramos una alta proporción de encuestados con

tendencia a diferir en el tiempo y distanciar en el espacio la magnitud de la amenaza, coincidiendo con los resultados de otros estudios sobre la representación social del cambio climático entre la población general[1,2].

En cuanto a la opinión de los encuestados sobre las estrategias y planes de acción sobre cambio climático y salud en España, es pequeño el porcentaje que los considera suficientes y adecuados, supeditando además esta opinión al mantenimiento futuro de las prestaciones y la cobertura del sistema de salud en un contexto de crisis económica en el que surge el debate de las sostenibilidad del sistema.

La mayoría de los encuestados no percibe un compromiso serio ni eficaz en la lucha contra el cambio climático, ni en la mitigación, ni en la aplicación de los planes de adaptación en el sector salud; destacando la falta de coordinación institucional.

Resulta alentador que los encuestados entre sus propuestas incidan reiterativamente en la importancia de las medidas de mitigación como la principal solución al cambio climático, si bien son importantes también las medidas de adaptación para el calentamiento que inevitablemente sufriremos por la inercia climática. En este sentido, las principales propuestas son referentes a las temperaturas extremas (impacto sobre el que más se ha trabajado en España): sistemas de vigilancia y alerta temprana y planificación urbanística para paliar los efectos de las islas de calor en grandes urbes.

El resto de propuestas recogidas se enmarcan en el refuerzo de la vigilancia epidemiológica de los efectos y vulnerabilidades, la mejora de la comunicación y formación de la ciudadanía y de los profesionales, y la necesidad del abordaje multisectorial bajo un liderazgo institucional público.

La identificación de las poblaciones vulnerables es satisfactoria aunque destaca la caracterización social y económica sobre la geográfica. Solamente 3 encuestados se refieren a los habitantes de las zonas de riesgo como son las costas o las amplias áreas que en España sufren desertización. También son muy pocos los encuestados que han abordado la perspectiva de género en la identificación de vulnerabilidades.

Las líneas de investigación adicionales sugeridas por los encuestados vuelven a abordar la mitigación y eficiencia energética como una de las prioridades. Por otro lado, las propuestas de temas de investigación se corresponden con los efectos que se señalaron como más importantes para España en la pregunta 2, es decir, las temperaturas extremas, la distribución de vectores, la calidad del aire o la productividad agrícola, y abarcan también la investigación sociológica, el impacto económico o la investigación farmacéutica. De este modo, en esta pregunta se recoge de un modo amplio la intersectorialidad de la problemática percibida por los encuestados.

La percepción de los encuestados acerca de la adecuación de la información de la ciudadanía retrata una realidad preocupante y que supone una

1. Meira PA. Comunicar el cambio climático. Escenario social y líneas de acción. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; 2009

2. Meira PA. La sociedad ante el cambio climático. Conocimientos, valoraciones y comportamientos en la población española. Madrid: Fundación MAPFRE; 2011.

de las principales barreras para el necesario cambio de hábitos y comportamiento de la sociedad. La aclaración que mejor resume las opiniones en esta pregunta es que la información que transmiten los medios de comunicación es contradictoria y alarmista, provocando el cansancio y el desinterés de los ciudadanos. Se requiere mayor uniformidad y rigor científico, y la colaboración entre las administraciones implicadas para emitir información clarificadora y adaptada a los públicos prioritarios con el objetivo de conseguir la incorporación de la lucha contra el cambio climático en los hábitos de vida tanto de los ciudadanos como de los profesionales.

En cuanto a las actuaciones preventivas de los organismos públicos, de nuevo la opinión es muy negativa, también repitiéndose como excepción la implantación de medidas para prevenir los efectos de las temperaturas extremas en verano. Por otro lado, destaca la gran proporción de encuestados que desconoce la aplicación de medidas preventivas en el ámbito laboral o su existencia.

Como queda reflejado en los comentarios adicionales a la encuesta, queda mucho por hacer en cuanto a la lucha contra el cambio climático en España y a nivel internacional. El papel institucional es precario y prevalecen los intereses económicos frente a los sociales. Es necesario por tanto un compromiso internacional hacia un cambio de modelo de vida y consumo donde las premisas sean la sostenibilidad ambiental y la justicia social.

3.5.- Conclusiones

- Los profesionales consultados consideran que el cambio climático es una seria amenaza para la salud de la población en España.
- Los principales efectos en salud del cambio climático en España, según los encuestados, son los derivados de las olas de calor, los eventos climáticos extremos, la disminución de recursos hídricos y alimenticios y el deterioro de la calidad del aire.
- Las poblaciones más vulnerables frente al impacto en salud del cambio climático en España son las personas mayores, los niños, los enfermos crónicos y las clases sociales desfavorecidas.
- Las estrategias y planes de acción sobre cambio climático en España son insuficientes y carentes de liderazgo y compromiso.
- Es necesario ampliar la investigación para la búsqueda de una mayor eficiencia energética y una economía baja en carbono, así como ampliar los estudios epidemiológicos de las consecuencias en salud del cambio climático.
- La información a la ciudadanía no es suficiente ni adecuada, siendo necesario mayor rigor científico y la coordinación de los actores implicados en esta tarea.
- La principal medida en la lucha eficaz contra el cambio climático es la mitigación y requiere de un cambio sustancial en el modo de vida actual hacia la sostenibilidad.

3.6.1. Bases para una propuesta de indicadores de salud ambiental ante un escenario de cambio climático en España

1.- Introducción

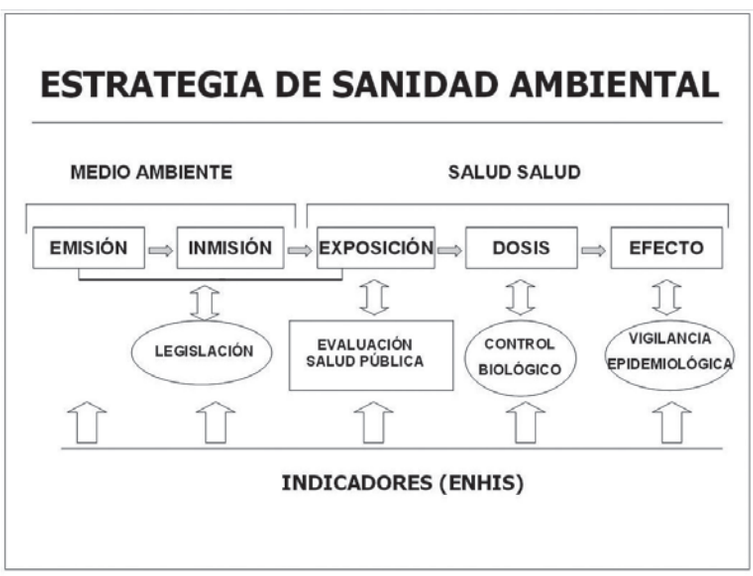
Un grupo de expertos organizado por la revista *Lancet* y la universidad de Londres estima que el cambio climático será el primer determinante de la salud en el siglo XXI[1]. Este grupo, además de animar a la acción para establecer pautas en la mitigación, aboga por crear un movimiento dentro de la salud pública que aborde las amenazas del cambio climático para la salud humana y recomienda un cambio profundo en las relaciones internacionales, las políticas de producción, la economía, el urbanismo y la organización social[1].

La literatura científica ha hecho hincapié en una serie de factores de riesgo ambiental que se verían agravados ante el cambo climático: calidad del agua, seguridad de los alimentos, extremos térmicos, vectores, aeroalérgenos, etc.[2,3]

Este informe ha intentado recoger las previsibles consecuencias para la salud de la población que podrían llegar a suceder en un país como España, cuya ubicación geográfica cae dentro de las zonas con un mayor riesgo en un escenario de cambio climático.

Establecidos los elementos del medio ambiente que pueden verse comprometidos, así como las enfermedades que se derivarían de lo anterior, un plan de acción que hiciese frente al cambio climático en España debería contar con el instrumento capaz de ver cómo evolucionan los distintos componentes que lo constituyen. Entendemos que este instrumento podría ser un conjunto de indicadores de salud ambiental.

Figura 1. Modelo conceptual de emisión-exposición-efecto.



2.- Estrategia de salud ambiental

La salud ambiental, como área de conocimiento enclavada en el ámbito la salud pública, tiene por objeto la identificación, caracterización, vigilancia, control y evaluación de los efectos en la salud de los factores de riesgo ambiental[4]. Para hacer frente a estas tareas, disponemos de distintas herramientas cuya aplicación se lleva a cabo en cada uno de los eslabones que constituye la cadena emisión-exposición-efecto, como puede apreciarse en la Figura 1.

Este modelo conceptual, de aplicación a todos los contaminantes, comienza con la emisión de cualquiera de ellos al medio ambiente: aire, agua o suelo. Por distintos procesos inherentes tanto a las propiedades físicas y químicas del medio receptor como del propio contaminante, este se difunde, dispersa o diluye, alcanzando una concentración denominada de inmisión. La herramienta básica de la sanidad ambiental en estos casos es la

legislación, que pone condiciones tanto a la emisión como a la concentración que alcanza ese contaminante en el medio ambiente.

La exposición al contaminante en cuestión estará condicionada por la presencia de humanos en ese medio y las pautas que siguen con respecto a él. Las fuentes de exposición más frecuentes son el aire, el agua de consumo humano, los alimentos y los suelos contaminados, pero puede haber otras y es fundamental identificarlas. El trabajo más tradicional de la salud pública en esta fase ha sido -y es- la vigilancia y el control de los elementos del medio susceptibles de contener factores de riesgo y verificar que cumplen con los criterios de calidad establecidos en la legislación. Además, surge como herramienta de la sanidad ambiental la evaluación del riesgo (*risk assessment*) en sus distintas variantes cuantitativas como un modelo que valora el riesgo para la salud por la exposición "total" al contaminante en cuestión, teniendo en cuenta todas las vías de exposición identificadas para una población concreta.

La exposición a través de las diferentes vías, y considerando las condiciones fisiológicas de las personas expuestas y las peculiaridades metabólicas del contaminante, da origen a una dosis o, en su ausencia, a un efecto biológico precoz y reversible, cuyos mejores marcadores aportan la determinación de la concentración, o de sus efectos biológicos precoces y reversibles, en muestras representativas humanas, por supuesto con los requisitos pautados para su obtención y características. Este es el objeto del control biológico de la exposición ambiental en las poblaciones, que se constituye así, en la medida en que las técnicas analíticas lo permiten, en una potente herramienta de trabajo de la sanidad ambiental.

Por último, tenemos la determinación del efecto en la salud a que da lugar la exposición anterior. Aquellos efectos más característicos y evidentes, formarían parte de la vigilancia epidemiológica, en definitiva, de la epidemiología como herramienta estratégica.

Como complemento a todo ello, surgen los indicadores de salud ambiental, que pueden ser establecidos para cada uno de los eslabones de la cadena definida en la Figura 1.

3.- Indicadores de salud ambiental

Como es bien conocido, desde hace unos años la Unión Europea viene trabajando de forma conjunta con la Oficina de la Región Europea de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para dar respuesta a la demanda derivada de dos acciones complementarias puestas en marcha por ambas instituciones: la Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud, que ha desarrollado su primer ciclo a través del Plan de Acción Europeo de Medio Ambiente y Salud (2004-2010), denominada iniciativa SCALE (*Science, Children, Awareness, Legal instrument, Evaluation*) e impulsada por la Unión Europea, y dos instrumentos de la Región Europea de la OMS: primero, los Planes de Acción Nacionales sobre Medio Ambiente y Salud (los NEHAPs de la 3ª Conferencia Interministerial de Londres, 1999) y, posteriormente, su concreción para los niños como población más sensible, a través del Plan de Acción para el Medio Ambiente y la Salud de la Infancia en Europa (el CEHAPE, siempre por sus acrónimos en inglés, aprobado en Budapest, 2004)[5,6,7].

Fruto de esta acción conjunta es el desarrollo de indicadores de salud ambiental, en el denominado proyecto ENHIS (*European Environment Health Information System*), que pueden contribuir a mejorar el conocimiento del conjunto de factores de riesgo de origen ambiental en el ámbito en el que se apliquen. La ventaja adicional que tienen es que al ser indicadores perfectamente definidos sirven para comparar entre países y, en nuestro caso, entre comunidades autónomas.

Los indicadores de salud ambiental están pensados para conocer la situación y la evolución de los factores de riesgo ambientales en los distintos países y regiones (o para España, comunidades autónomas y, en algunos casos, ciudades) para su posterior comunicación a los distintos usuarios (población, políticos, organismos no gubernamentales, sociedades científicas, etc.).

La propuesta de indicadores ENHIS se basa en el ya clásico esquema elaborado por algunos autores[8,9] que siguen la secuencia de generación de riesgos ambientales: Fuerzas impulsoras, Presión, Estado, Exposición, Efecto y Acción, que hemos traducido al esquema de la Figura 1 como Emisión, Inmisión, Exposición, Dosis y Efecto.

La última Conferencia Interministerial de los ministros de salud y de medio ambiente de los países de la Región Europea de la OMS, que tuvo lugar en Parma en el año 2010, reforzó la estrategia CEHAPE y toda la política de indicadores ENHIS vinculados a ella y además puso el énfasis en proteger la salud de los potenciales efectos del cambio climático, al que considera uno de los retos esenciales para la salud pública[10].

La OMS, utilizando algunos de los indicadores ENHIS propuestos, llevó a cabo en el año 2010 una aproximación a la evolución que estaban teniendo los distintos países de la Región Europea en materia de salud ambiental. El informe constata los esfuerzos que se han llevado a cabo en materia de calidad del agua y recogida y tratamiento de las aguas residuales y la mejora que se ha producido como consecuencia de ello. Otros factores de riesgo, como la calidad del aire, tanto interior como exterior, no han podido ser evaluados en toda su extensión porque no se miden los valores de inmisión de forma adecuada o porque las políticas implantadas en algunos países europeos son escasas[11].

3.- Cambio climático y salud en España: indicadores

La propuesta que se hace es que, para cada uno de los elementos que potencialmente se verían afectados ante un escenario de cambio climático, se construyan indicadores de seguimiento. Estos indicadores pueden ser elaborados siguiendo la metodología definida en ENHIS.

De todas formas, el Equipo de Dirección del Programa Cambio Climático y Salud es consciente de que este apartado, que es clave, necesita de un desarrollo mucho más profundo, para definir aquellos indicadores que formarían parte, de forma inequívoca, del seguimiento y evolución del conjunto de factores de riesgo que se verían potencialmente afectados en un escenario de cambio climático.

La propuesta que a continuación se hace es solamente una serie de

indicadores que podrían formar parte de la estrategia sanitaria española contra el cambio climático. Estos indicadores, primarios y secundarios, y referidos a un ámbito territorial autonómico como mínimo, serían los siguientes:

1.- Número de días que se activan cada uno de los niveles de alertas por olas de calor (y frío).
- Mortalidad atribuible a las olas de calor (y frío)
- Morbilidad atribuible a las olas de calor (y frío)

2.- Número de brotes de enfermedades de origen hídrico.
- Calidad del agua de consumo humano: número de incumplimientos de los criterios de calidad del agua potable en red de distribución.
- Evolución de la tasa de incidencia de legionelosis.

3.- Densidad de vectores relacionados con el cambio climático.
- Evolución de enfermedades de origen vectorial.

4.- Población expuesta a niveles altos de ozono y partículas (PM2,5).
- Evolución de enfermedades respiratorias.

5.- Número de brotes de origen alimentario.
- Evolución de las tasas de incidencias de salmonelosis
- Número de alertas alimentarias activadas por riesgos químicos, microbiológicos o de otro tipo.

6.- Evolución fenológica del polen alergénico.
- Evolución de las tasas de asmáticos.
- Evolución del consumo de antihistamínicos.

7.- Eventos meteorológicos extremos y número y caracterización de la población afectada.
- Planes preventivos existentes

8.- Número de días anuales en cada categoría del Índice de radiación UV.
- Políticas para reducir la exposición de los niños a las radiaciones UV.
- Evolución de las tasas de incidencia de los melanomas
- Evolución de las tasa de incidencia de los cánceres no melánicos

4.- Definición de los indicadores

Siguiendo con el *modus operandi* de ENHIS, cada indicador contará con la siguiente estructura:

1.- Ficha técnica.

La ficha técnica contará con un conjunto de apartados muy concretos que permita que todos los usuarios de ese indicador sepan qué información necesitan para construirlo y qué proceso deben seguir para que los indicadores estén igualmente construidos, que es la esencia básica para poder comparar entre las comunidades autónomas, competentes en la gestión de las acciones sanitarias.

Los apartados de la ficha técnica son los siguientes:

- Nombre del indicador
- Metodología
- Datos necesarios
- Fuente
- Definición de los términos y conceptos

- Cálculo de la población expuesta (si es posible)
- Unidades de medida
- Periodicidad
- Referencias

2.- Datos de la serie histórica disponible

3.- Gráficos

4.- Mapas

5.- Análisis de la información

6.- Difusión de la información

7.- Conclusiones

Toda estrategia de actuación de salud pública frente a un escenario de cambio climático en España que ayude a reducir los potenciales riesgos sanitarios debe incluir la definición de indicadores. Estos indicadores deberían ser elaborados siguiendo una metodología común, que permitiese su ágil construcción y su comparabilidad.

El logro de este objetivo requiere de un amplio consenso técnico. Para materializarlo, es necesario constituir un grupo de trabajo formado por expertos de los diferentes organismos implicados, al que se le encomendase esta tarea. El Equipo de Dirección del Programa considera que, siendo como es fundamental construir los indicadores que permitan conocer la evolución de los factores de riesgo, en el tiempo y en el espacio, no es menos cierto que sin el consenso al que apelamos, sería un trabajo estéril seguir avanzando. Por ello, dejamos la propuesta tal y como la formulamos para que sirva, en todo caso, de germen para el debate que perseguimos.

6.- Bibliografía

1 Costello A, Abbas M, Allen A, et al. Managing the health effects of climate change. Lancet 2009;373:1693-733.

2 McMichael AJ, Neira M, Heymann DL. World Health Assembly 2008; climate change and health. Lancet 2008;371:1895-6.

3 World Health Organization. Climate change is affecting our heath. Something should be done now. WHO. Geneve, 2009.

4 World Health Organization. Our planet, our health. WHO. Geneve, 1993.

5 COM/2003/0338. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo. Estrategia europea de medio ambiente y salud. Disponible en HYPERLINK "http://eur-lex.europa.eu/" http://eur-lex.europa.eu/ [visitado el 22 de julio de 2011].

6 World Health Organization. Declaration Third Ministerial Conference on Environment and Health, London, 16–18 June 1999. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 1999. Disponible en: HYPERLINK "http://www.euro.who.int/" http://www.euro.who.int/ [visitado el 22 de julio de 2011].

7 World Health Organization. Children's Environment and Health Action Plan for Europe (CEHAPE). WHO. Geneve, 2004.

8 Organisation for Economic Cooperation and Devolopment. Environmental indicators. A preliminary set. Paris, 1991.

9 Corvalán C, Kjellström T, Smith KR. Health, Environment and Sustainable Development.Identifying Links and Indicators to Promote Action. Epidemiology 1999;10(5):656-60.

10 Fifth Ministerial Conference on Environment and Health Parma, Italy, 2010. Protecting children's health in a changing environment. Parma Declaration on Environment and Health. Disponible en HYPERLINK "http://www.euro.who.int/en/what-we-do/event/fifth-ministerial-conference-on-environment-and-health" http://www.euro.who.int/en/what-we-do/event/fifth-ministerial-conference-on-environment-and-health [visitado el 26 de julio de 2011].

11 World Health Organization. Health and Environment in Europe: Progress Assessment. Disponible en HYPERLINK "http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/96463/E93556.pdf" http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/96463/E93556.pdf . [visitado el 26 de julio de 2011].

3.6.2. Propuestas y líneas estratégicas de intervención ante los factores de riesgo y efectos potenciales

1.- Olas de calor y frío intenso

- Investigaciones para la optimización de los planes de prevención ya que son la única opción para minimizar los impactos en salud ante el cambio climático que ya está teniendo lugar.
- Determinación, a la mayor escala posible, de la temperatura de disparo de las olas de calor y de frío, mediante estudios epidemiológicos que relacionen la temperatura con la mortalidad.
- Cuantificación, a nivel provincial, del impacto de la temperatura sobre la mortalidad según diferentes grupos de edad y causas específicas, introduciendo todas aquellas variables que puedan resultar relacionadas con esta asociación (humedad relativa, presión, variables relacionadas con contaminación atmosférica, epidemias de gripe, variables de tipo polínico, etc).
- Investigación de cómo afectan las temperaturas extremas a otros indicadores sanitarios (ingresos hospitalarios, atención primaria, urgencias hospitalarias).
- Servicios de alarma dirigidos directamente a las personas de riesgo.
- Campañas de información dirigidas a los grupos de riesgo identificados.

2.- Eventos extremos

- Sistemas integrales de vigilancia que incorporen indicadores del estado de salud de los grupos de población en riesgo y de colectivos especiales para intervenir adecuadamente ante eventos extremos (definición de población en riesgo).
- Estudio de las alertas históricas de diferentes sucesos y sus impactos a partir de las fuentes de información disponibles: datos meteorológicos, datos sobre cortes de electricidad, cartografía de inundaciones, indemnizaciones por sectores, datos de actividad hospitalaria, de urgencias, datos de consumo médico (medicamentos, consultas)…
- Determinación de indicadores de impacto en salud y análisis de la evolución en el tiempo.
- Vigilancia epidemiológica a medio y largo plazo, mediante protocolos de seguimiento de cohortes de las poblaciones afectadas.
- Mejor concepción de los planes de gestión y de las acciones de prevención puestas en marcha antes, durante y después del evento.

3.- Agua

- Interconexión, mejora y fortalecimiento de los sistemas de vigilancia sanitaria y vigilancia epidemiológica relacionados con el agua.
- Incorporación de planes de seguridad en la gestión del agua, que integren la delimitación y gestión de los riesgos ocasionados por el cambio climático.
- Análisis de las tecnologías emergentes para la regeneración de las aguas residuales y la desalación de aguas salobres o marinas.
- Uso de aguas pluviales y reutilización de aguas grises reutilizadas en los mismos edificios de forma sanitariamente controlada.

- Análisis a nivel regional y local de las vulnerabilidades de los abastecimientos al cambio climático (aguas fósiles, impacto por plaguicidas, nuevos contaminantes emergentes, cianobacterias y otras especies de fitoplancton tóxico).

- Investigación sobre tecnologías y experiencia de adaptación generada durante las sequías en España.

4.- Alimentos

- Implementación de bases de datos históricas que recojan los datos procedentes de la vigilancia ambiental y epidemiológica de las enfermedades alimentarias.

- Estudios sobre la evolución histórica epidemiológica de las enfermedades alimentarias (patrón estacional y su tendencia).

- Desarrollo de modelos predictivos capaces de identificar en tiempo real el riesgo de presencia de patógenos en los distintos alimentos y de infección en las distintas zonas.

- Mapas de riesgo de las enfermedades alimentarias que permitan identificar el riesgo presente y el futuro (planes de acción).

- Planes de acción sanitarios ante fenómenos meteorológicos extremos que integren tanto las autoridades sanitarias, Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición como a las autoridades ambientales.

- Mejora de la capacidad de respuesta de los servicios de salud en las zonas de mayor riesgo para obtener una respuesta adecuada ante los incrementos de brotes de origen alimentario en un contexto de cambio climático.

5.- Vectores

- Implantación de sistemas de vigilancia de vectores exóticos y autóctonos en nuestro país.

- Formación en el campo de la entomología por parte de los técnicos responsables para optimizar resultados (métodos de muestreo más efectivos, empleo de atrayentes específicos en función de la especie, emplazamiento concreto de cada estación de muestreo en función de los hábitos de los vectores, conocimiento de la dinámica poblacional de los vectores para deducir la posible estacionalidad…).

- Formación también de los profesionales asistenciales por parte de las unidades de medicina tropical, con mayor apoyo en especialistas en entomología médica, (p.e. sospecha de infradiagnóstico de arbovirosis).

- Establecimiento de programas integrales de control de los vectores.

- Información de la población, no solo el colectivo de turistas en relación a las medidas profilácticas a tomar antes y durante sus viajes a zonas endémicas, sino también la población residente sobre la importancia de sus acciones cotidianas en el control de los vectores (evitar pequeños estancamientos de agua en propiedades privadas).

6.- Contaminación atmosférica

- Sistemas de vigilancia integrales (emisión, inmisión, efectos).
- Estudios epidemiológicos para valorar el impacto del ozono, partículas finas y otros contaminantes relacionados con la variabilidad climática.
- Estudios epidemiológicos, o evaluación de impacto en salud, que valoraran los posibles beneficios de las acciones para mitigar el cambio climático (beneficios conjuntos de las políticas de mitigación).
- Desarrollo de modelos para la predicción de los posibles efectos en salud de los cambios previstos en cuanto al clima y la calidad del aire.
- Valoración del diferente impacto en subgrupos de la población dependiendo de las características demográficas o socioeconómicas.

7.- Aeroalérgenos

- Control de aeroalérgenos: redes aerobiológicas:
  - predicciones, tendencias y evidenciar los posibles impactos del cambio climático en los alérgenos atmosféricos.
  - sistema de información en salud a pacientes y profesionales sanitarios.
- Desarrollo y aplicación de sistemas de predicción local, a corto y medio plazo y diseñar sistemas de alerta.
- Desarrollo y aplicación de modelos de dispersión y procedencia del polen y las esporas atmosféricas.
- Desarrollo de estudios de epidemiología ambiental sobre las afecciones alérgicas respiratorias inducidas por polen y esporas.
- Acciones encaminadas al control de las plantas productoras de polen alergénico, principalmente en dos direcciones:
  - limpieza y erradicación de los espacios urbanos de plantas herbáceas productoras de polen alergénico.
  - gestión 'sensible' de los espacios verdes urbanos y de la flora urbana ornamental.
- Mejora de la información a pacientes y sectores asistenciales sobre los riesgos ambientales debidos a los aeroalérgenos.

8.- Radiaciones ultravioletas (UV)

- Sistema de información del índice UV solar mundial (IUV), con criterio sanitario, dirigido a los dermatólogos y personal de Atención Primaria.
- Registros de incidencia, tanto de morbilidad como de mortalidad, de melanoma, cánceres no melánicos y cataratas, para conocer su evolución.
- Estrategias de información poblacional para que las personas conozcan su fototipo y sepan identificar las mejores medias protectoras frente a la radiación solar.
- Línea prioritaria de actuación para los niños.
- Líneas de investigación para conocer la evolución de IUV en España y su relación con los efectos más perjudiciales para la salud.

- Evaluar las acciones con los indicadores específicos definidos por el *Environment and Health Information System* (ENHIS).

3.6.3. Conclusiones generales del Programa Cambio Climático y Salud en España

1 El impacto del cambio climático en la salud humana es complejo y contiene elementos de incertidumbre en algunos aspectos. En este Programa nos hemos centrado en los efectos de este impacto que la comunidad científica considera más importantes para nuestro país.

2 Consideramos que, para un abordaje adecuado de los problemas de salud, hemos de referirnos al cambio global como conjunto de situaciones en las que el cambio climático es el elemento central, pero no el único (migraciones, envejecimiento de la población, costes de los servicios sanitarios…).

3 En España, las actuaciones de adaptación al impacto del cambio climático sobre la salud humana (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático), requieren la implicación directa del Sistema Nacional de Salud.

4 Las actuaciones sanitarias, para ser efectivas, deben abarcar el conjunto de necesidades: investigación, sistemas de información, redes de vigilancia, sistema de indicadores, programas de intervención y comunicación del riesgo; la evaluación de todas ellas es un elemento indispensable.

5 De forma general, es imprescindible fortalecer la investigación sobre los factores de riesgo presentes en los escenarios de cambio climático en el territorio español, sobre todo, con carácter multidisciplinar (investigación ambiental, incluyendo la meteorológica, combinada con la epidemiológica), cuyos resultados sean capaces de aportar redes de vigilancia integrales y específicas, con sus respectivos indicadores de riesgo para la salud.

6 La investigación sobre los problemas derivados del cambio climático en España, en concreto, sobre la vigilancia sanitaria de las aguas y la seguridad alimentaria, como elementos centrales de la salud de los ciudadanos, requiere un esfuerzo proporcional a sus debilidades actuales.

7 El programa sanitario más importante de adaptación al cambio climático, y casi el único, está destinado a las olas de calor. Supone un buen antecedente en la coordinación entre el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Agencia Estatal de Meteorología), que debe potenciarse y ampliarse.

8 Es necesario mejorar la eficacia de la comunicación a la ciudadanía, en especial, a la población de mayor riesgo, así como a la red asistencial. La elaboración de protocolos específicos de comunicación ante los riesgos concretos para la salud debe ser tarea principal de todos los implicados.

9 El Observatorio de Salud y Cambio Climático, de los Ministerios de Sanidad, Política Social e Igualdad y de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, precisa ser una realidad cuanto antes, siendo la ejecución de sus propuestas ante el Sistema Nacional de Salud la mejor medida de su efectividad.

10 Un área específica del impacto sanitario del cambio climático es la salud laboral. Más allá de los trabajos expuestos a temperaturas extremas, desde sus ámbitos propios de actuación debieran fortalecerse las intervenciones con una visión integral de las condiciones de vida y trabajo, identificando a los colectivos de trabajadores de mayor riesgo para ela-

borar las consiguientes medidas preventivas.

11 Aunque los trabajos de este Programa están destinados, de forma preferente, a la adaptación a los efectos del cambio climático en la salud, no debe olvidarse la importancia del sector sanitario como elemento productivo causante, de forma directa o indirecta, de contaminación y, por tanto, de emisión de gases de efecto invernadero. Las actuaciones de mitigación del propio sector sanitario tienen, además, la ventaja de aportar a los ciudadanos una mejora en su salud y sensibilizar sobre las prácticas saludables, objetivos básicos del sector.

4
Epílogo

4 Epílogo: cambio climático y salud

1.- Antecedentes

Hoy en día ya no se cuestiona que el cambio climático es un hecho y una amenaza real, ni tampoco que la actividad humana ha tenido una influencia directa en el calentamiento de la Tierra. La explotación de los ecosistemas ha provocado grandes ganancias y un vertiginoso desarrollo económico desde la revolución industrial, sin embargo, este crecimiento también ha ido acompañado de una degradación de muchos servicios de los ecosistemas. En la actualidad sabemos que esta degradación no puede continuar si queremos asegurar las necesidades de las generaciones futuras. Si queremos asegurar el sustento y el bienestar de estas generaciones, se tienen que introducir cambios en las políticas, instituciones y prácticas de consumo y producción actuales.

Es evidente que la intervención humana ha provocado un cambio y una degradación de los servicios del ecosistema, los cuales son un pilar de la vida y el bienestar humanos, al proporcionar servicios tales como la provisión de fuentes de combustible, agua y alimentos suficientes y la regulación de los vectores de enfermedades, plagas y agentes patógenos. La intervención humana está alterando la capacidad de los ecosistemas para proporcionar sus bienes y servicios, y esto puede repercutir en la salud de la población en distinto grado, según sea su dependencia de dichos bienes y servicios y también de otros determinantes de la vulnerabilidad, tales como la pobreza, la disponibilidad de atención sanitaria y la exposición al riesgo.

El clima es una parte integral del funcionamiento de los ecosistemas terrestres y marinos e influye directa e indirectamente en la salud humana. El cambio climático influye en los requisitos básicos de la salud, a saber, un aire limpio, agua potable, alimentos suficientes, entornos salubres y una vivienda segura[1].

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988 para analizar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. Una de las principales funciones del IPCC es realizar una evaluación periódica de los conocimientos existentes sobre el cambio climático y elaborar Informes Especiales y Documentos Técnicos sobre temas concretos. Hay que recalcar que este grupo de trabajo incluye capítulos relativos a los impactos del cambio climático en la salud tanto en su Tercer como en su Cuarto Informe de Evaluación, elaborados en 2001 y 2007, respectivamente.

Tal y como expone el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) el cambio

1. WHO. Protecting Health from Climate Change: connecting science, policy and people. World Health Organization, 2009.

climático implicará a corto y largo plazo impactos en la salud. Estos impactos incluyen la malnutrición, el aumento de la mortalidad y la morbilidad a causa de fenómenos meteorológicos extremos, el aumento de enfermedades diarreicas, enfermedades cardiorrespiratorias y la alteración espacial de algunas enfermedades infecciosas. Aunque el cambio climático reportará algunos efectos beneficiosos para la salud en determinados contextos, sin embargo, a nivel global, el impacto será negativo para la salud de la población[2].

Si analizamos tan solo el impacto que el cambio climático implicará en la disponibilidad y calidad de agua, es evidente que un cambio en el clima tendrá un impacto en la prevalencia de determinadas enfermedades altamente sensibles al mismo, tales como la diarrea, que en el año 2004 ocasionó 2.2 millones de muertes[3]. Casi un 90% de la carga total de diarrea es atribuible a la falta de acceso a agua de calidad y a higiene[4].

Si bien el cambio climático afectará a todas las poblaciones, los riesgos para la salud variarán dependiendo del lugar donde viva la población y en muchos casos serán mayormente sufridos por quienes menos han contribuido al cambio climático. La población de pequeñas islas y otras zonas costeras, grandes ciudades, y zonas montañosas y polares son especialmente vulnerables en distintos modos[5].

2.- Plan de trabajo de la Organización Mundial de la Salud en cambio climático y salud

La Organización Mundial de la Salud reconoce el cambio climático como una importante amenaza para la salud que conlleva un cambio a la hora de proteger a las poblaciones más vulnerables. El cambio climático afecta inevitablemente requisitos básicos de la salud, tales como el aire puro, el agua potable, entornos salubres, alimentos suficientes y una vivienda segura, con lo que a su vez afecta a algunas de las más importantes enfermedades actuales y emergentes. La OMS estima que el cambio climático está causando ya más de 140.000[6] muertes adicionales al año, la mayoría en países en desarrollo.

La OMS cuenta con un plan activo y de larga duración para proteger la salud del cambio climático, ya que empezó a trabajar en estos temas a finales de la década de los ochenta. Desde entonces, el alcance y la escala del trabajo realizado han ido cambiando a lo largo del tiempo, hasta que en el año 2008, los 193 Estados Miembros representados en la Asamblea Mundial

2. IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri RK y Reisinger A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2007. 104 págs. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

3. WHO. The Global Burden of Disease: 2004 update. Geneva, World Health Organization, 2008. (http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf).

4. Prüss-Üstün A et al. Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. Geneva, World Health Organization, 2008.

5. WHO. Protecting Health from Climate Change: connecting science, policy and people. World Health Organization, Geneva, 2009.

6. WHO. Global Health Risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. World Health Organization, Geneva, 2009. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf

de la Salud, adoptaron una nueva resolución en protección de la salud y los sistemas de salud del cambio climático. En esta resolución se solicitó un compromiso de mayor nivel por parte del sector sanitario. Como consecuencia de esta petición, la OMS expandió sus actividades en el área del cambio climático y la salud, y las organizó bajo un plan de trabajo que fue aprobado por su Consejo Ejecutivo en 2009. Este plan de trabajo orienta las prioridades de la OMS para llevar a cabo actividades en cuatro áreas fundamentales: sensibilización, alianzas, ciencia y datos probatorios y fortalecimiento de los sistemas de salud para hacer frente a las amenazas a la salud que el cambio climático implica.

El objetivo del plan de trabajo sobre cambio climático y salud es:

- ayudar a los sistemas de salud de todos los países, en particular de los Estados de ingresos bajos y medios, y a los pequeños estados insulares, a reforzar su capacidad para evaluar y hacer frente a la vulnerabilidad, los riesgos y los impactos en la salud ocasionados por el cambio climático

- definir estrategias y medidas para proteger la salud humana, en particular la de los grupos mas vulnerables, y

- compartir conocimientos y buenas prácticas.

El plan de trabajo de la OMS en cambio climático y salud recoge las siguientes acciones prioritarias:

- Sensibilización: fomentar la toma de conciencia sobre la gran amenaza que supone el cambio climático para la salud.

- Alianzas: coordinarse con organismos asociados del sistema de las Naciones Unidas, y procurar que la salud ocupe el lugar que merece en la agenda del cambio climático.

- Ciencia y datos probatorios: coordinar las revisiones de la evidencia científica existente sobre la relación entre el cambio climático y la salud, y elaborar una agenda de investigación mundial.

- Fortalecimiento de los sistemas de salud: ayudar a los países a determinar los puntos vulnerables de sus sistemas sanitarios y crear capacidades para reducir la vulnerabilidad de los sistemas de salud al cambio climático.

Dentro de la respuesta general de Naciones Unidas al desafío global del cambio climático, la OMS da voz al sector de la salud y, a través de sus oficinas de país, regionales y la sede, la Organización proporciona datos científicos y apoya la creación y fortalecimiento de capacidades y la ejecución de proyectos para fortalecer la respuesta del sistema de salud al cambio climático, y para procurar que la salud sea debidamente considerada en las decisiones adoptadas por otros sectores, tales como el de la energía y el de los transportes.

Teniendo como punto de referencia este plan de trabajo, la OMS desarrolla su trabajo relacionado al cambio climático tanto en el área de adaptación como en el de mitigación.

En adaptación, la OMS está firmemente comprometida con los países de cara a fortalecer la capacidad del sector sanitario para hacer frente al cambio climático así como a disminuir los impactos adversos a la salud. El enfoque de la OMS en adaptación

intenta asegurar que los sistemas de salud están preparados para responder efectivamente a los riesgos climáticos. En este sentido, para promover la acción temprana en cambio climático y salud, los países tendrán que contar con capacidades humanas e institucionales relativas a la salud pública, de modo que puedan[7]:

a) recabar, analizar e interpretar información relativa a riesgos medioambientales sensibles al clima y sus pautas epidemiológicas de una forma continua;

b) ser capaces de tomar decisiones basadas en la evidencia de cara a implementar acciones preventivas que reduzcan la vulnerabilidad de la población y mitiguen los riesgos de salud pública relativos al clima conforme a sus respectivas circunstancias epidemiológicas;

c) predecir, estar preparado y responder a los impactos en la salud de los eventos climáticos extremos y el cambio medioambiental;

d) hacer frente a los eventos climáticos extremos y a las crisis humanitarias;

e) llevar a cabo investigación, de cara a entender mejor la vulnerabilidad de la población y las implicaciones para la salud del cambio climático a nivel local; y

f) coordinar y promover el desarrollo sostenible y las políticas intersectoriales que promuevan la salud considerando la adaptación en otros sectores.

La implementación de todas estas acciones conferirá a los países el estatus de "resiliente climático" para la salud, en el sentido de que estos países podrán manejar de una manera efectiva los riesgos para la salud derivados del cambio y la variabilidad climática, a la vez que contribuyen a la provisión de atención primaria de salud. La prioridad estratégica de la OMS en adaptación es ayudar a los países en desarrollo a hacer frente a estos desafíos e incluir las cuestiones de adaptación en las políticas y prácticas de salud, medioambientales y de desarrollo, con vistas a disminuir los impactos negativos del cambio climático en la salud.

Las acciones, a implementar por los sistemas de salud de cara a reducir los impactos del cambio climático, conllevan intervenciones de salud pública dentro del sector sanitario formal, tales como el control de enfermedades tropicales desentendidas, la provisión de atención primaria de salud y acciones para mejorar los determinantes sociales y medioambientales de la salud, que van desde el acceso a agua limpia y saneamiento al fortalecimiento del bienestar de las mujeres. Un tema común es asegurar la equidad y dar prioridad a los grupos en situación de vulnerabilidad.

Además de en adaptación, la OMS también trabaja en temas relacionados con la mitigación del cambio climático, resaltando que la reducción del calentamiento global puede ser buena para la salud, el medio ambiente y la economía. La OMS analiza los impactos esperados en la salud en determinados sectores donde se aplican medidas de mitigación, tales como vivienda, transporte, energía

7. WHO. Protecting Health from Climate Change: connecting science, policy and people. World Health Organization, 2009, Geneva.

doméstica y salud. En estos sectores, la OMS promueve las políticas de mitigación que conlleven cambios en nuestros hábitos de transporte, alimentación y consumo de energía, de tal manera que se reduzcan las emisiones pero también se fomenten otros co-beneficios para la salud, tales como el aumento de la actividad física, la reducción de la obesidad y las lesiones relacionadas con el transporte, la mejora de la calidad del aire, la reducción del asma y otras enfermedades respiratorias, la mejora de la dieta y la reducción de la diabetes, las enfermedades cardiacas y el cáncer.

3.- Marco normativo. Inclusión de la salud dentro del marco normativo medioambiental y del cambio climático

El desarrollo del marco normativo relativo al cambio climático está estrechamente ligado al progresivo desarrollo del Derecho Internacional Medioambiental, en gran parte fundado en la protección de la salud humana de diversas amenazas tales como la polución y la degradación medioambiental.

La primera Conferencia Internacional sobre el Medio Humano se celebró en Estocolmo en 1972, y centró la atención internacional en temas medioambientales, especialmente relacionados con la degradación ambiental y la contaminación transfronteriza. La Declaración de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano incluye la salud dentro de su principio número 7, relativo a la contaminación de los mares y también reconoce la relación existente entre la degradación medioambiental y la contaminación con los efectos nocivos para la salud física, mental y social del hombre[8].

Tras la Conferencia de Estocolmo cabe destacar la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como "Cumbre de la Tierra", en Río de Janeiro en 1992. En la Cumbre de la Tierra se reconoció internacionalmente la necesidad de integrar la protección del medio ambiente en las cuestiones socio-económicas relativas al desarrollo y esta es la idea que subyace en la definición de "desarrollo sostenible" elaborada por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (Comisión Brundtland) en 1987, que afirma que este tipo de desarrollo es el que "satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"[9]. La Cumbre de la Tierra asentó el concepto de desarrollo sostenible y afirmó que para lograrlo es necesario avanzar en la integración y equilibrio entre las dimensiones

8. Principio 7 de la Declaración de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano: Los Estados deberán tomar todas las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que puedan poner en peligro la salud del hombre, dañar los recursos vivos y la vida marina, menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otras utilizaciones legítimas del mar.
I. Proclama que: …A nuestro alrededor vemos multiplicarse las pruebas del daño causado por el hombre en muchas regiones de la Tierra: niveles peligrosos de contaminación del agua, el aire, la tierra y los seres vivos; grandes trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos insustituibles y graves deficiencias, nocivas para la salud física, mental y social del hombre, en el medio por él creado, especialmente en aquel en que vive y trabaja. http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=97

9. Report of the World Commission on Environment and Development: "Our common future". http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N87/184/67/IMG/N8718467.pdf?OpenElement

sociales, medioambientales y económicas de las formas que tenemos de satisfacer nuestras necesidades.

Los principales logros de la CNUMAD fueron la Agenda 21, la Declaración de Río, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) y la Declaración de Principios Forestales.

Si analizamos el trato que los tres primeros de estos logros dan a la salud pública, es de destacar que esta es parte integrante de ellos. La Agenda 21 propone una serie de acciones de cara a conseguir un desarrollo sostenible en el siglo XXI y establece el nexo entre la calidad del medio ambiente y el estándar de salud humana, mirando al medio ambiente no como una fuente de enfermedad sino como una fuente de salud y exponiendo las nociones de equidad, igualdad y justicia distributiva, elementos clave del régimen global del cambio climático[10]. En aras a informar a los responsables de políticas, la Agenda 21 incluye también la salud como un sector prioritario en el que hay que desarrollar la evidencia sobre los impactos del cambio y la variabilidad climática así como el agotamiento de la capa de ozono y la contaminación atmosférica.

En lo que respecta a la Declaración de Río, proclama en su principio número 1 que "los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible" y que estos "tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza"[11]. El principio número 14, por su parte, reconoce la problemática transfronteriza ambiental y su relación con la salud[12].

Por último, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), principal norma internacional reguladora del cambio climático, hace referencia a la salud en dos cuestiones fundamentales. La primera es la relativa a la definición de efectos adversos del cambio climático, donde incluye como fundamentales los ocasionados a la salud y el bienestar humanos[13]. La segunda cuestión hace referencia a la inclusión de la salud como criterio a analizar en la evaluación de impacto de las políticas y programas de mitigación y adaptación, cuestión que viene recogida en el articulo 4.1.f[14] de la CMNUCC. Este artículo no es muy claro en un su formulación, ya que en su primera parte parece hacer referencia a la necesidad de las Partes de transversalizar las cuestiones de cambio climático en todas las políticas y medidas sociales, económicas y ambientales emprendidas por las

10. William Onzivu. Health in International and domestic climate change law: Towards reinforcing the legal regime to promote and protect health in the context of climate change. 2010

11. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_riodecl.shtml

12. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_riodecl.shtml

13. Artículo 1.1 de la CMNUCC: 1. Por "efectos adversos del cambio climático" se entiende los cambios en el medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos.

14. Artículo 4.1.f de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático: 1. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán: ….f) Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él.

Partes, de cara a minimizar los efectos adversos del mismo (incluyendo aquellos en la salud), mientras que en la segunda parte recomienda la utilización de herramientas tales como la evaluación de impacto, esta vez únicamente en las políticas y medidas de adaptación y mitigación emprendidas por las Partes. Al tenor de esta prescripción, las Partes deberían, al menos, siempre analizar los impactos en la salud que sus políticas y medidas de adaptación y mitigación implicarían una vez diseñadas e implementadas y, presumiblemente, deberían priorizar aquellas que se tradujeran en mayores efectos positivos para la salud humana.

A pesar del reconocimiento normativo de la importancia de la protección y promoción de la salud en las cuestiones medioambientales en general y de las relacionadas al cambio climático en particular, la respuesta internacional para proteger la salud del cambio climático continua siendo débil. Dentro del proceso de adaptación apoyado por la CMNUCC, la OMS llevó a cabo un análisis de las consideraciones de salud en los Planes Nacionales de Acción para la Adaptación (NAPAs)[15], y comprobó que, de los 41 NAPAs analizados, 39 incluían salud (95%) como uno de los sectores impactados por el cambio climático. Sin embargo, tan solo el 23% de los Planes eran integrales en su análisis de la vulnerabilidad de la salud de la población y del sistema de salud. Del total de proyectos priorizados (459), tan solo 50 (11%) se centraron en salud, lo que traducido en costes supuso un 3% del coste total de los proyectos priorizados destinado a financiar proyectos de salud. El análisis concluyó que, salvo algunas excepciones, las intervenciones de salud pública incluidas en la actualidad en los NAPAs, es poco probable que se traduzcan en los procesos necesarios para reforzar la capacidad de los sistemas de salud de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático. Estas conclusiones reflejan la debilidad de las capacidades nacionales así como del apoyo internacional para analizar y atajar los impactos a la salud del cambio climático[16].

En lo que respecta a España, el Plan Nacional de Adaptación recoge la salud como un sector vulnerable al cambio climático, y se incluyen las siguientes primeras líneas de trabajo[17]:

- Evaluación de los efectos sobre la salud y cartografía de zonas vulnerables bajo diversos escenarios climáticos.
- Desarrollo de planes de actuación en salud pública basados en sistemas de alerta temprana.
- Programas de vigilancia y control de enfermedades de transmisión vectorial.
- Programas de sensibilización y participación ciudadana en relación con el cambio climático y la salud.

15. World Health Organization. Lucien Manga, Magaran Bagayoko, Tim Meredith and Maria Neira. Overview of health considerations within National Adaptation Programmes of Action for climate change in least developed countries and small island states. 10 June 2010. http://www.who.int/phe/Health_in_NAPAs_final.pdf

16. WHO. Overview of health considerations within National Adaptation Programmes of Action for climate change in least developed countries and small island states. Geneva, 10 June 2010. http://www.who.int/phe/Health_in_NAPAs_final.pdf

17. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de España. http://www.marm.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/iniciativas-en-el-ambito-nacional/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico/

4.- Recomendaciones de la OMS a nivel global[18]:

4.1. Inclusión de la salud en el centro de la agenda de cambio climático

Pese a la inclusión de la salud en el marco normativo del cambio climático, la agenda internacional está marcada por discusiones que se centran principalmente en el impacto económico y medioambiental del cambio climático. Habría que considerar que el fin último de la CMNUCC es la protección de la salud y el bienestar de la población, y que por ello, tal y como se incluye en el ártículo 2 de la misma[19], el objetivo de la Convención es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.

Tal y como se explicó anteriormente, es importante promover la realización de evaluaciones nacionales de los impactos de cambio climático en la salud. La evaluación de impacto a la salud (EIS) es "una combinación de procedimientos, métodos e instrumentos que permiten juzgar los posibles efectos de una política, un proyecto o un peligro en la salud de una población y su distribución en esta"[20]. Las políticas climáticas han de considerar los efectos que estas tendrán en la salud de la población, con lo que antes de aprobar políticas de mitigación se ha de promover el análisis de la disminución de la carga de morbilidad que dichas políticas pueden representar en caso de ser diseñadas e implementadas. Se han de priorizar aquellas políticas que más beneficios colaterales conlleven para la salud. Las evaluaciones de impacto en la salud (EIS) también han de llevarse a cabo con anterioridad a la formulación de políticas de adaptación social al cambio climático. La realización de una EIS responde a la exigencia incluida en el articulo 4.1.f. de la CMNUCC analizado con anterioridad.

4.2. Fortalecimiento de los sistemas de salud pública

Un enfoque preventivo en la salud pública incluye la protección frente al cambio climático, no como algo separado o una necesidad en disputa sino como algo intrínseco a dicho enfoque. La comunidad sanitaria tiene una gran experiencia en proteger a la población de amenazas sensibles al clima, a través de diferentes acciones de salud publica, tales como el control de las enfermedades transmitidas por vectores, la provisión de agua limpia y saneamiento y la reducción de la dependencia en fuentes de energía que contaminan el medio ambiente y dañan la salud. Ampliar la cobertura de estas y otras medidas, salvará vidas ahora, a la

18. WHO. Protecting Health from Climate Change: connecting science, policy and people. World Health Organization, 2009, Geneva.

19. Artículo 2 de la CMNUCC: Objetivo. El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

20. WHO Health impact assessment as a lool for intersectoral health policy. WHO European Centre for Environment and Health/ European Centre for Health Policy, 1999.

vez que contribuye al esfuerzo mundial de adaptación al cambio climático. El fortalecimiento de los sistemas de salud pública es de por sí necesario, pero el cambio climático hace esta necesidad aún mas crítica ya que los sistemas de salud mas débiles serán los que mayormente sufran los efectos adversos del mismo.

Además de ampliar la cobertura de medidas de salud pública existentes, los países necesitan evaluar sus principales vulnerabilidades al cambio climático y priorizar las acciones de adaptación que implicarán una mayor protección a la salud.

Los desastres naturales y epidemias pueden sobrecargar las capacidades de los sistemas de salud incluso en las naciones más desarrolladas. Aunque el número de desastres y el número de personas afectadas por ellos ha aumentado en las ultimas décadas, el número de víctimas mortales ha disminuido, debido principalmente a que las personas se han vuelto más capaces de adaptarse al cambio climático y protegerse a sí mismas. Para proteger más efectivamente a las poblaciones, es necesario reforzar los sistemas de alerta temprana, invertir en la reducción de riesgo de desastres, y fortalecer las intervenciones de salud en caso de emergencia. Este tipo de intervenciones también puede contribuir a que las comunidades se recuperen en caso de desastre.

Del mismo modo, el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y control de enfermedades infecciosas puede proteger la salud tanto a una escala local como mundial. La notificación rápida y precisa de enfermedades es un requisito indispensable para planificar el control de enfermedades y es necesario para facilitar el acceso a servicios de atención primaria, con lo que se asegura un tratamiento más rápido a los pacientes y se evitan los riesgos de una potencial propagación de la enfermedad.

También hay que tener en cuenta que hacer frente a los factores de riesgo medioambientales podría mejorar considerablemente la salud a la vez que contribuiría al desarrollo sostenible y a la consecución de los Objetivos del Milenio.

Por último hay que mencionar que, en todas las intervenciones de salud pública destinadas a proteger a las poblaciones de los efectos adversos de la salud, hay que insistir en la promoción de la equidad en el acceso a los servicios de salud pública.

4.3. Elección de modelos saludables hacia un desarrollo bajo en carbono

Muchas políticas y elecciones individuales tienen el potencial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que producen importantes co-beneficios para la salud. Estos beneficios locales e inmediatos pueden compensar en gran medida los costes económicos de la mitigación así como aportar una motivación política y personal para actuar ante el cambio climático.

Los beneficios directos en la salud son importantes argumentos políticos y públicos en apoyo de la mitigación y la comunidad sanitaria debe estar involucrada en el diseño de políticas tendentes a reducir las emisiones, de tal modo que dichos beneficios a la salud sean tenidos en cuenta y maximizados.

4.4. Movilización de las fortalezas de la comunidad sanitaria

Hacer frente al cambio climático representa un desafío para los responsables de políticas, tanto a nivel global como a nivel nacional. Las habilidades, capacidades y valores de los y las profesionales de la salud pueden contribuir de una manera esencial a dar una respuesta justa y efectiva al cambio climático. De cara a movilizar las fortalezas de la comunidad sanitaria, la OMS sugiere las siguientes diez acciones prioritarias, a ser implementadas por los profesionales de la salud, de tal forma que se proteja la salud frente al cambio climático[21]:

4.4.1.- Acciones a nivel mundial:

1. Preconice un acuerdo pos-Kyoto sólido y equitativo. Las tensiones que están sufriendo o se prevé que sufrirán los sistemas que sostienen la vida sobre la Tierra (alimentos, abrigo, agua y energía) exigen un compromiso equitativo, científicamente fundamentado y globalmente vinculante para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero y estabilizar el clima mundial.

2. Promueva el reconocimiento de la necesidad de un acuerdo "orientado a la salud". La protección de la salud y el bienestar debe ser uno de los tres objetivos principales del nuevo acuerdo (junto con el desarrollo y el medio ambiente); el fortalecimiento de los sistemas de salud debe identificarse como una de las áreas prioritarias de adaptación al cambio climático; y hay que dar prioridad a las medidas de mitigación que reporten salud y otros beneficios socioeconómicos.

4.4.2.- Acción nacional y local

3. Use sus conocimientos y autoridad para defender la necesidad de adoptar medidas. Refuerce la sensibilización del público y de las instancias normativas sobre los efectos adversos e inequitativos en la salud, ya manifiestos o previstos, del cambio climático, así como sobre los importantes beneficios sanitarios y la reducción de costos consiguiente que pueden derivarse de unas políticas de control del clima bien diseñadas. Colabore con otros para planificar las estrategias de adaptación y mitigación.

4. Evalúe la capacidad de afrontamiento de su comunidad y del sistema de salud local. Calibre y evalúe la preparación de su personal, instituciones y sistemas para hacer frente a amenazas específicas del país. Mejore su capacidad de investigación para evaluar las amenazas y la eficacia de las intervenciones.

5. Fortalezca la capacidad de adaptación de su sistema de salud. Muchos de los efectos previstos del cambio climático en la salud se pueden evitar o controlar emprendiendo intervenciones sobradamente conocidas y ensayadas en materia de salud pública y servicios de salud, como las siguientes: educación de la población, vigilancia de enfermedades, preparación para casos de desastre, lucha contra los mosquitos, higiene e inspección de

21. http://www.who.int/globalchange/publications/10_actions_final_es.pdf

los alimentos, administración de suplementos nutricionales, vacunación, atención primaria y atención de salud mental, y formación. Si esas capacidades son escasas, colabore con otros para fortalecerlas.

6. Aliente a sus instituciones de salud a predicar con el ejemplo. Al ser muy visibles y consumir gran cantidad de energía, las instituciones sanitarias pueden servir de modelo reduciendo sus propias emisiones de carbono, mejorando la salud y ahorrando dinero (véase www.corporatecitizen.nhs.uk). Siete ámbitos de acción potenciales son la gestión de la energía, el transporte, las operaciones de adquisición (en particular de alimentos y agua), la evacuación de desechos, los edificios y el paisaje, el empleo y los conocimientos prácticos, y la participación de las comunidades. Se ha comprobado que unas buenas prácticas en esas áreas mejoran la salud y el estado de ánimo del personal, crean poblaciones locales más sanas, aceleran la recuperación de los pacientes y permiten realizar economías (véase www.globalclimate@hcwh.org).

7. Abogue por los beneficios sanitarios de la reducción (mitigación) de las emisiones de gases de efecto invernadero. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero puede ser beneficiosa para la salud. En los países donde los automóviles constituyen el principal medio de transporte, el fomento de los desplazamientos a pie y en bicicleta reducirá las emisiones de carbono, hará que aumente la actividad física (lo que reducirá los casos de obesidad, cardiopatía y cáncer), provocará una disminución de los traumatismos y defunciones por accidentes de tránsito, y reducirá los niveles de contaminación y ruido. En los países donde los combustibles sólidos son el medio más utilizado para calentar los hogares y cocinar, su sustitución por otros combustibles más limpios y la provisión de estufas más eficientes propiciarán una disminución de la morbimortalidad por contaminación del aire en locales cerrados.

4.4.3.- Acción personal

8. Mejore sus conocimientos sobre las amenazas para la salud relacionadas con el clima. Se deben ofrecer módulos de formación general y continua a todos los profesionales de la salud (véase http://www.who.int/features/factfiles/climate_change/es/index.html).

9. Calcule y reduzca su propia huella de carbono. En la vida diaria podemos tomar muchas medidas para reducir nuestra propia contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero. Para calcular su "huella de carbono", visite http://actonco2.direct.gov.uk.

10. Promueva este tipo de medidas entre sus colegas. El sector de la salud puede tomar la iniciativa para crear un marco social y económico mundial que promueva la salud, la justicia social y la supervivencia: para la generación actual y las generaciones futuras, para ricos y pobres, a nivel local y a nivel mundial.

5.- Conclusiones

Los impactos del cambio climático en la salud se están sintiendo ya y es necesario actuar para combatirlos, por

lo que los sistemas de salud tienen que jugar un papel clave tanto en mitigación como en adaptación.

En lo que a adaptación se refiere, los sistemas de salud han de estar preparados, o ser resilientes climáticos para la salud, de cara a hacer frente y reducir los riesgos para la salud derivados tanto del cambio como de la variabilidad climática. La OMS recomienda un paquete mínimo de acciones que permitirán a los sistemas de salud de los países menos desarrollados ser resilientes climáticos[22]. Hay que fomentar la evaluación de vulnerabilidades y opciones de adaptación que permitan una planificación efectiva en cuestiones de salud y cambio climático.

Respecto a mitigación, la agenda internacional y nacional sobre cuestiones medioambientales y cambio climático debe reflejar la protección de salud como elemento clave en el desarrollo de las mismas y fomentar las políticas y programas que conlleven co-beneficios en la salud.

María Neira González y
Elena Villalobos Prats.

Departamento de Salud Pública
y Medio Ambiente.
Organización Mundial de la Salud

22. Geneva consultation on Essential Public Health Package to Enhance Climate Resilience in Least Developed Countries. 7-8 September 2010, Geneva, Switzerland.

5

Anexos

Anexo I: Lista de asistentes al Seminario para Expertos de Salud y Medio Ambiente sobre el Proyecto Cambio Climático y Salud en España: Presente y Futuro. Madrid, 1 de junio de 2011

1 Adela Montserrat Gutiérrez Bustillo, ponente *Polen*.

2 Alfonso Gutiérrez Teira, jefe de Servicio Técnico, Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

3 Ana Mª Ayuso Álvarez, Observatorio de la Sostenibilidad de España (OSE).

4 Andreu Segura Benedicto, presidente de la Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria (SESPAS).

5 Ángel Gómez Amorín, subdirector xeral de Programas de Control de Riscos Ambientais para a Saúde, Xunta de Galicia.

6 Antonio López Lafuente, profesor titular, Departamento de Edafología, Universidad Complutense de Madrid.

7 Begoña María-Tomé Gil, coordinadora del Área de Energía y Cambio Climático, ISTAS.

8 Belén Ramos Alcalde, Organización de Consumidores de España (OCU).

9 Daniel Fernández Font, Departamento Técnico, Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos.

10 Elena Boldo Pascua, Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III.

11 Emiliano Aránguez Ruiz, Equipo de Dirección del Proyecto.

12 Enrique Estrada Vélez, responsable del Área de Seguridad Alimentaria y Sanidad Ambiental de la Provincia de Valladolid, Junta de Castilla y León.

13 Francisco Vargas Marcos, Dirección General de Salud Pública y Sanidad Exterior, Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad.

14 Gema Blasco Novalbos, Departamento de Salud Ambiental, Ayuntamiento de Madrid.

15 Jaime Martínez Urtaza, ponente *Alimentos*.

16 Jaime Roset Álvarez, ponente *Aguas*.

17 Javier Aldaz Berruelo, jefe del Servicio de Seguridad Alimentaria y Sanidad Ambiental, Instituto de Salud Pública de Navarra.

18 Javier Segura del Pozo, jefe de Servicio de Prevención, Promoción de la Salud y Salud Ambiental, Ayuntamiento de Madrid.

19 José Jesús Guillén Pérez, jefe de Servicio de Salud Pública, Área de Salud de Cartagena. Región de Murcia.

20 José Mª Cámara Vicario, jefe de la Unidad Técnica de Vectores, Ayuntamiento de Madrid.

21 José Mª Ordóñez Iriarte, ponente *Radiaciones ultravioletas* y Equipo de Dirección del Proyecto.

22 José Mª Roel Valdés, Área de Salud Laboral, ISTAS.

23 José Vte. Martí Boscà, director del Proyecto y moderador.

24 Juan Atenza Fernández, director del Instituto de Ciencias de la Salud de Castilla-La Mancha.

25 Juan Javier Miró Pérez, ponente *Eventos meteorológicos extremos.*

26 Julio Díaz Jiménez, ponente *Olas de calor y frío.*

27 Manuel Garí Ramos, director del Área de Medio Ambiente, ISTAS y codirector del estudio.

28 Margarita Palau Miguel, jefa del Área de Calidad de las Aguas, Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad.

29 María Barberá Riera, Equipo de Dirección del Proyecto.

30 Mª Isabel Abad Sanz, jefa de la Sección de Sanidad Ambiental, Área VIII, Comunidad de Madrid.

31 Mª José Carroquino Saltó, Instituto de Investigación de Enfermedades Raras, Instituto de Salud Carlos III.

32 Mª Luisa Pita Toledo, jefa del Servicio de Sanidad Ambiental, Servicio Canario de Salud.

33 Montserrat Gamarra Villaverde, Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III.

34 Pablo Cotarelo Álvarez, coordinador de Cambio Climático, Ecologistas en Acción.

35 Patricia Cervigón Morales, Servicio Sanidad Ambiental, Comunidad de Madrid.

36 Ricardo Iglesias García, jefe del Servicio de Estructura y Organización Internacional, Ayuntamiento Madrid.

37 Ricardo Jiménez Peydró, ponente *Vectores trasmisores de enfermedades.*

38 Santiago Moreno Alcalde, Subdirección General de Higiene y Seguridad Alimentaria, Comunidad de Madrid.

39 Sara Pérez Díaz, Área de Energía y Cambio Climático, ISTAS.

40 Stella Moreno Grau, catedrática del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena.

41 Sagrario Herrero López, co-coordinadora estatal de Ecologistas en Acción.

Anexo II. Lista de expertos en Salud y Medio Ambiente encuestados

1 Agustín Llopis González, profesor titular de la Unidad de Salud Pública, Higiene y Sanidad Ambiental, Universitat de València

2 Ana Fresno Ruiz, subdirectora general adjunta, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

3 Ana Salinas Avellaneda, Sanidad Ambiental, Subdirección de Salud Pública de Bizkaia, Gobierno Vasco

4 Ana Rosa Moreno Sánchez, profesora del Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México

5 Carlos Corvalán, investigador, OPS, Washington DC

6 Carmen Galán Soldevilla, catedrática del Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de Córdoba

7 Covadonga Caballo Diéguez, jefa de Área de Seguridad Química y Biocidas, Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad

8 Eduardo de la Peña de Torres, científico titular del Departamento de Contaminación Ambiental, Instituto de Ciencias Agrarias – CSIC

9 Eugenio Vilanova Gisbert, catedrático y director del Instituto de Bioingeniería, Universidad Miguel Hernández de Elche

10 Fernando Escorza Muñoz, jefe del Área de Sanidad Ambiental, Dirección General de Salud Pública y Consumo, Gobierno de La Rioja

11 Fernando Simón Soria, director de Programa, Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III

12 Francisco Javier Falo Forniés, director general de Salud Pública, Gobierno de Aragón

13 Francisco José Peña Castiñeira, responsable del Programa Galego de Municipios Saudables e Sostibles, 2000-2012

14 Gilma C. Mantilla, Senior Staff Associate, International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University

15 Guadalupe Martínez Juárez, jefa de la Sección de Sanidad Ambiental, Instituto de Ciencias de la Salud de Castilla La Mancha

16 Hugo Spinelli, director del Instituto de Salud Colectiva, Universidad de Lanús, Argentina

17 Irene Corbella Cordomí, jefa del Àrea de Salut Ambiental, Agència de Protecció de la Salut, Generalitat de Catalunya

18 Isabel Marín Rodríguez, jefa del Servicio de Salud Pública, Delegación de la Consejería de Salud en Granada, Junta de Andalucía

19 Jordi Sunyer Deu, director adjunto del Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL), Barcelona

20 Jordina Belmonte Soler, profesora titular de la Unitat de Botànica, Universitat Autònoma de Barcelona

21 José Sanz Navarro, Servicio de Sanidad Ambiental, Región de Murcia

22 José Vela Ríos, jefe del Servicio de Salud Ambiental, Junta de Andalucía

23 José Ignacio Elorrieta Pérez de Diego, director general de Medio Ambiente y Sostenibilidad, Cementos Portland Valderrivas. Madrid

24 José Vicente Miró Bayarri, jefe del Servicio de Protección del Ambiente Atmosférico, Direcció General per al Canvi Climàtic , Generalitat Valenciana

25 Juan Manuel Cabasés Hita, catedrático de Economía Aplicada. Universidad Pública de Navarra.

26 Luis Francisco Sánchez Otero, coordinador del Sistema de Vigilancia en Salud Ambiental en la Región Amazónica, Organización del Tratado de Cooperación de la Amazonía. Brasilia DF

27 Luiz Augusto Cassanha Galvão, gerente del Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental – SDE – OPS/WHO. Washington, DC

28 Macrina María Martín Delgado, Servicio de Sanidad Ambiental, Dirección General de Salud Pública, Servicio Canario de Salud

29 Manuel Escolano Puig, director general de Investigación y Salud Pública, Generalitat Valenciana

30 María Ángeles Lumbreras Fernández de Nograro, jefa de la Sección de Sanidad Ambiental, Dirección General de Salud Pública, Gobierno de Cantabria

31 María Elisa Gómez Campoy, jefa del Servicio de Sanidad Ambiental, Región de Murcia

32 María Eugenia Molinero de Miguel, Salud Pública, Comarca MI-E (Zalla) Bizkaia

33 María Manuela Morales Suárez-Varela, catedrática de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universitat de València

34 María Teresa Martín Zuriaga, jefa de la Sección de Sanidad Ambiental, Subdirección Provincial de Sanidad de Teruel, Gobierno de Aragón

35 Mercedes Estébanez Carrillo, directora de Salud Pública, Gobierno Vasco

36 Mercedes Gumá Torá, jefa de la Sección de Sanidad Ambiental, Direcció General de Salut Pública i Consum, Govern de les Illes Balears

37 Óscar Tarragó, investigador, División de Toxicología y Medicina Ambiental, CDC/ATSDR, EE.UU.

38 Paz Valiente Calvo, subdirectora general de Impactos y Adaptación, Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

39 Piedad Martín Olmedo, profesora de la Escuela Andaluza de Salud Pública, Junta de Andalucía

40 Raquel Maria Rodrigues dos Santos, profesora de Saúde Ambiental, Escola Superior de Saúde de Beja. Vicepresidenta de la Sociedade Portuguesa de Saúde Ambiental

41 Rocío Azcúe Rodríguez, Dirección General de Ordenación e Inspección, Comunidad de Madrid

42 Rosalía Fernández Patier, jefa del Área de Contaminación Atmosférica, Centro Nacional de Sanidad Ambiental, Instituto de Salud Carlos III

43 Salua Osorio Mrad, coordinadora INAP-salud, Instituto Nacional de Salud, Colombia

44 Soledad Márquez Calderón, Secretaría General de Salud Pública y Participación, Junta de Andalucía

45 Xavier Rodó i López, director del Institut Català de Ciències del Clima (IC3).

CAMBIO GLOBAL ESPAÑA 2020/50

CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

Editan:
Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS)
Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA)
Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental (CCEIM)

Patrocina:
Fundación Caja Madrid