

El cambio climático. Hipótesis actuales y riesgos para la salud

CLIMATE CHANGE. CURRENT HYPOTHESES AND HEALTH RISKS

María José MANZANO BARNÉS¹, Elena ESPIGARES RODRÍGUEZ¹, Elena MORENO ROLDÁN¹, Amira Leila DIB², Miguel ESPIGARES GARCÍA¹

¹ Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia. Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada (España).

² Animal Health and Productions Laboratory, Institute of Veterinary Sciences, University of Frères Mentouri Constantine, Algeria.

Correspondencia: Miguel Espigares García. Correo-e: mespigares@ugr.es

RESUMEN

El origen y las causas del cambio, así como sus consecuencias están siendo objeto de debate entre la comunidad científica. Por tanto, se puede decir que hay dos corrientes de pensamiento, por un lado los que defiende la actual hipótesis del efecto invernadero y por otro lado los que sostienen que las causas naturales tiene una importancia principal en la cambio del clima.

Contrastando las diferentes hipótesis se determinan las causas del cambio climático como consecuencia de las variaciones en el balance energético de la tierra, el cual depende de la energía solar que llega a la tierra, de la reflectividad y de la concentración de gases efecto invernadero, que están influenciado por factores naturales o factores antropogénicos.

A través de numerosos estudios se han observados una serie de cambios en la atmosfera, en la criosfera, en los océanos y en el nivel del mar, los cuales son reflejo del cambio del clima. Pero a pesar de importantes evidencias también existen algunas incertidumbres considerables que alimentan el debate entre ambas corrientes de pensamiento.

El cambio climático está afectando a la salud humana, según las hipótesis, los efectos sobre la salud pueden ser positivos o negativos. Los efectos positivos serán más localizados mientras los efectos negativos tendrán una mayor repercusión en toda la sociedad. Estos efectos no afectan por igual a todo la población, hay grupos de mayor riesgo y vulnerabilidad, como son los países con menos recursos, las personas mayores y los niños.

Consciente de que el cambio climático representa una amenaza apremiante y con efectos potencialmente irreversibles para las sociedades humanas y el planeta y, por lo tanto, exige la cooperación más amplia posible de todos los países y su participación en una respuesta internacional efectiva y apropiada, con objetivo de reducir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, el 12 de diciembre del 2015 se publicó el acuerdo de París.

Palabras clave: Cambio climático, salud humana, efecto invernadero, acción antropogénica, calentamiento global.

INTRODUCCIÓN

El los últimos años el cambio climático es uno de los temas que ha suscitado más interés tanto en la comunidad científica como en la opinión pública. El cambio climático es muy complejo y difícil de cuantificar, hoy en día es considerado por muchos como la gran amenaza del siglo XXI, pero no todas las co-

rrientes de pensamiento apuntan hacia el mismo lugar y tampoco creen en los mismos efectos catastróficos.

El cambio climático puede definirse según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) como la variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos

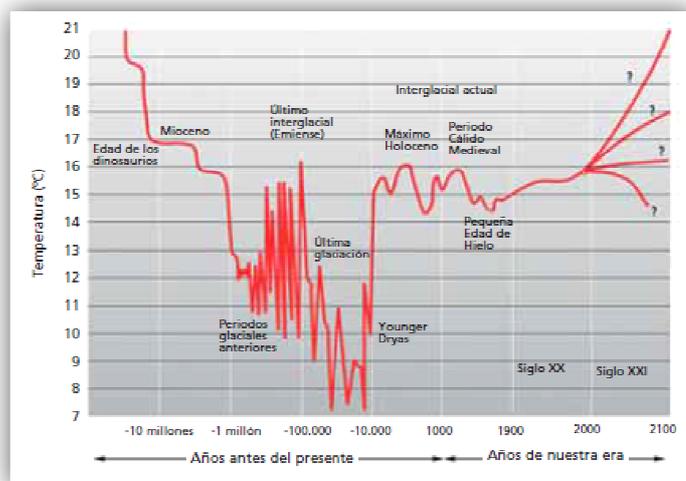


Figura 1. Variaciones de temperatura media de la tierra a escala geológica. El tiempo está representado en escala logarítmica. Tomada de Bureau of Meteorology, Commonwealth of Australia, 2006.

de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana (IPCC, 2007).

Si miramos el pasado vemos que el clima ha ido variando desde el origen de la tierra, hace más de 4.500 millones de años, hasta el día de hoy, como se observa en la Figura 1, donde se muestran periodos de relativa estabilidad y periodos abruptos; como ejemplo de ello son los periodos interglaciario y glacial respectivamente. En los últimos años la superficie de la tierra se ha ido calentando durante el último siglo en unos 0.8 °C (Jones et al., 1999), y por tanto invierte la tendencia descendente que se venía observando en los últimos siglos (Mann et al., 1999).

Para muchos científicos la magnitud de estos cambios no se pueden explicar solo por acciones naturales, por lo que conociendo la sensibilidad del clima a ciertos componentes, teniendo en cuenta los cambios térmicos observados y todos los demás factores que pueden incidir sobre el clima, solo la inclusión de los gases efecto invernadero podía explicar el calentamiento global observado (Ballester et al., 2006). Esto llevó a la formulación de la hipótesis actual en la que se señala que la causa principal de los cambios climáticos recientes son las emisiones de efecto invernadero procedentes de las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles (Collins et al., 2007). Las consecuencias serán catastróficas y afectarán a la vida de todos los seres vivos de la tierra, especialmente la salud humana. El informe del IPCC en 2007 sobre el cambio climático consideraba que la probabilidad de que el cambio climático se deba a la acción humana es del 90% (IPCC, 2007).

Pero no todos los científicos e investigadores apoyan la misma teoría. Existe un desacuerdo en cuanto a la magnitud del fenómeno del cambio climático y al papel de la actividad humana en el fortalecimiento del efecto invernadero y en el calentamiento. Por su parte, estos últimos consideran que se está exagerando la acción antrópica, y que en el calentamiento intervienen otros factores naturales que no se han tenido en cuenta para el desarrollo de la hipótesis actual.

Los impactos sobre la salud humana también están siendo objeto de debate entre ambas corrientes de pensamiento, los defensores de la hipótesis antrópica consideran solo efectos negativos del cambio climático, y si hubiese alguno positivo sería puntual que con el paso del tiempo predominaría el negativo, mientras que las corrientes de pensamiento opuestas consideran que las consecuencias no son tan catastróficas y que en muchos aspectos el calentamiento global puede tener efectos positivos.

A pesar de las diversas opiniones e incertidumbre acerca del cambio climático y la salud, el consenso científico lo considera una amenaza para la salud humana y el bienestar de muchas maneras, incluyendo el aumento de los impactos de los fenómenos meteorológicos extremos, incendios forestales, disminución de la calidad del aire, amenazas a la salud mental y las enfermedades transmitidas por los alimentos, el agua y los vectores, tales como mosquitos y garrapatas. El cambio climático amplificará algunas de las amenazas para la salud existentes que enfrenta ahora la nación, y se intensificarán y surgirán nuevas amenazas. No todo el mundo tiene el mismo riesgo; ciertas personas y comunidades son especialmente vulnerables, incluidos los niños, los ancianos, los enfermos, los pobres, y algunas zonas geográficas (Luber et al., 2014).

La medición de los efectos sanitarios del cambio climático sólo puede hacerse de forma aproximada. No obstante, en una evaluación llevada a cabo por la OMS, que tiene en cuenta sólo algunas de las posibles repercusiones sanitarias, y que asume un crecimiento económico y progresos sanitarios continuados, se concluyó que según las previsiones, el cambio climático causará anualmente unas 250.000 defunciones adicionales entre 2030 y 2050; 38.000 por exposición de personas ancianas al calor; 48.000 por diarrea; 60.000 por paludismo; y 95.000 por desnutrición infantil (OMS, 2014).

Ante la problemática y preocupación que está conllevando el cambio climático abordaremos el tema dividiéndolo en diferentes apartados, tratando de analizar las cuestiones más importantes:

¿Las variaciones climáticas que se observan se mantendrán a largo plazo?

¿Son debidas a la acción humana y no a causas naturales?

¿Las consecuencias serán tan catastróficas como se pronostican?

¿Se producirán unos efectos negativos sobre la salud tan drásticos como se describen?

Es difícil encontrar una respuesta exacta a las preguntas anteriores, el tema del cambio climático es muy amplio, diverso y complejo.

BALANCE ENERGÉTICO DE LA TIERRA

El clima en la tierra está determinado por complejas interacciones entre el sol, la hidrosfera, la atmósfera, la criosfera, la superficie terrestre y la biosfera. Estas interacciones son cambiantes en el transcurso del tiempo, lo que hace que su reajuste para establecer el clima sea complejo, por lo que es razonable pensar que el clima resultante no tiene porqué ser algo inalterable. Se sabe que el clima de la tierra ha sido en el pasado diferente al actual y también será distinto en el futuro (Duarte et al., 2006). Las variaciones del clima se han relacionado con cambios en el balance energético de la tierra, el cual depende del equilibrio de la energía que entra y sale de la tierra. Cuando la energía del sol es absorbida por el sistema de la Tierra, ésta se calienta; cuando la energía del sol se refleja hacia el espacio, la Tierra evita el calentamiento; y cuando la energía absorbida se libera hacia el espacio la Tierra se enfría.

Los cambios en el balance energético de la tierra dependen de las siguientes causas, las cuales, por la acción de la naturaleza o bien la acción antrópica han ido variando su efecto sobre el clima de tierra:

- Variaciones en la energía del sol que llega a la tierra.
- Cambios en la reflectividad de la atmósfera y la superficie de la tierra
- Cambio en el efecto invernadero.

a) Variaciones en la energía del sol que llega a la Tierra

Ciertos cambios naturales afectan a la cantidad de energía solar que llega a la Tierra, estos son cambios en el sol y cambios en la órbita de la Tierra.

Los cambios que ocurren en el mismo Sol pueden afectar a la intensidad de la luz solar que alcanza la superficie de la Tierra. La intensidad de la luz del Sol puede producir un calentamiento (en períodos de fuerte intensidad solar) o enfriamiento (en los períodos de débil intensidad solar). Ejemplo de ello son la llamada *Pequeña Edad de Hielo* entre los siglos XVII y XIX, durante la cual había una fase de baja actividad solar entre 1645-1715 que coincidió con temperaturas más frescas (IPCC, 2013).

Los cambios en la órbita de la Tierra, así como la inclinación y la posición de su eje pueden afectar a la

cantidad de luz solar que alcanza la superficie terrestre. Estos cambios parecen ser la causa principal de los ciclos anteriores de las edades de hielo o glaciación, en el que la Tierra ha experimentado largos períodos de temperaturas frías, así como los períodos interglaciares más cortos o interglaciares, de temperaturas relativamente cálidas (EPA, 2014). La elipse orbital cambia de orientación en el espacio, dando lugar a lo que se llama movimiento de precesión de los equinoccios. Esto hace que las estaciones astronómicas se den en diferentes lugares de la órbita con periodicidades aproximadas de 19.000 y 23.000 años. El resultado final por tanto es que, aunque fuese constante la energía que el sol emite hacia la Tierra, esta se distribuye diferente sobre la superficie de la misma. Lo anterior constituye la llamada teoría de los ciclos de Milankovitch, la cual permite explicar, junto con algún mecanismo interno, la sucesión de las eras geológicas anteriormente indicadas (Duarte et al., 2009).

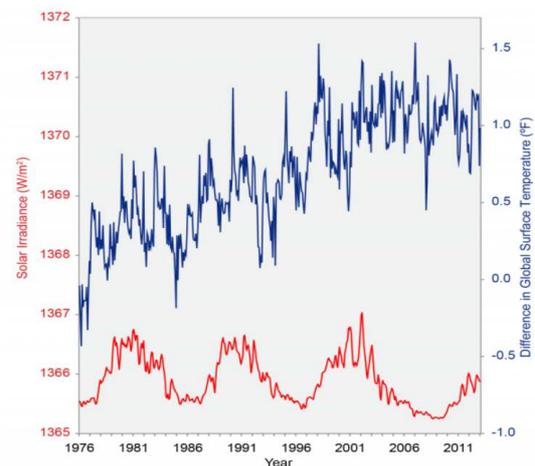


Figura 2. Medición de la temperatura de la superficie y la energía del Sol. Tomada de U.S. Global Change Research Program (USGCRP), 2009.

En la actualidad los cambios en el Sol continúan afectando al sistema climático, pero durante el último ciclo solar de 11 años, la producción solar ha sido ligeramente más pequeña de lo que había sido desde la mitad del siglo XX (figura 2), por lo que no explica el reciente calentamiento de la tierra (IPCC, 2013). Del mismo modo, los cambios en la forma de la órbita de la Tierra, así como la inclinación y la posición del eje afectan la temperatura en escalas de tiempo muy largas (de decenas a cientos de miles de años), y por lo tanto, tampoco pueden explicar el calentamiento reciente (EPA, 2014). Si observamos la imagen, en la parte superior (en azul) representa las variaciones de temperatura desde 1978, observándose un incremento, y en la parte de abajo (en rojo) se representan los ciclos naturales del Sol cada 11 años, observándose pequeñas subidas y bajadas, pero sin aumento neto. Durante el último periodo se observa

un aumento de la temperatura mientras las variaciones del Sol siguen su ciclo normal.

Además de de lo anterior, si los cambios solares hubiesen sido los responsables del calentamiento, tanto la troposfera como la estratosfera se hubieran calentado, pero esto no es así, sino que la troposfera se ha calentado mientras la estratosfera se ha enfriado (Collins et al., 2007).

b) Cambios en la reflectividad de la atmósfera y superficie de la Tierra

Cuando la luz solar llega a la Tierra, está puede ser reflejada o absorbida. La cantidad que se refleja o absorbe dependerá del color y otras características de la tierra y del mar, de la cobertura de nubes y de los aerosoles. A la cantidad de radiación solar que es reflejada al espacio o es disipada en forma de calor, tras ser recibida, se le conoce como *albedo*, y se expresa en porcentaje.

Los objetos y superficies de color claro, como la nieve y las nubes, tienen un albedo mayor (20-80%), y por tanto tienden a reflejar más luz solar, mientras que los objetos y las superficies más oscuras, como el océano, el suelo o los bosques, tiene un albedo menor (alrededor del 10%), tienden a absorber más luz solar (Duarte et al., 2006).

Los aerosoles son pequeñas partículas o gotitas de líquido cuyo impacto en el clima es de naturaleza doble (Penner et al.2001), es decir, pueden tanto absorber como reflejar la luz solar; en un principio estas gotitas impedirán la llegada de radiación solar, pero si su tiempo de residencia en la atmosfera es grande, y dependiendo de su naturaleza, pueden remitir radiación térmica hacia el suelo o intensificarla (Duarte et al., 2006).

Un ejemplo de los aerosoles de enfriamiento son los volcanes, que han desempeñado un papel notable en el clima. Partículas volcánicas que llegan a la atmósfera superior pueden reflejar suficiente luz solar de vuelta al espacio para enfriar la superficie del planeta en unas pocas décimas de grado durante varios años (IPCC, 2013). Otro ejemplo de aerosoles de enfriamiento son las emisiones de azufre a partir de la quema de combustibles pues también reflejan la luz solar. Por el contrario las partículas negras carbonosas (hollín), tienen un efecto de calentamiento pues absorbe la luz del sol (EPA, 2014).

La Tierra tiene un albedo del 30%, es decir, un 30% de la energía que incide sobre nuestro planeta es reflejada y el 70% será absorbida, la cual a su vez es remitida en forma de radiación infrarroja (Rosell y Schmittner, 2012).

Los cambios humanos en el uso y cobertura del suelo han cambiado la reflectividad de la Tierra. Procesos como la deforestación, reforestación, desertificación y la urbanización a menudo contribuyen a los cambios en el clima en los lugares donde se producen. Estos efectos pueden ser importantes a nivel regional, pero son más pequeños cuando se promedia en todo el mundo (Duarte et al.,2006).

Existen dudas en torno a las secuencias climáticas de modificación del albedo de las nubes por los aerosoles generados por las actividades humanas: sus complejas interacciones con las nubes aumentan el brillo de éstas, que reflejan más la luz solar hacia el espacio. Otra incertidumbre proviene del efecto directo de los aerosoles antropogénicos, como las partículas. En general, los efectos de los aerosoles van a producir un enfriamiento que en parte podría compensar el calentamiento debido a los gases efecto invernadero de larga duración (Collins et al., 2007).

c) Variaciones en la composición de la atmósfera

El Sol emite una radiación de onda corta y alta energía, esta radiación cuando llega a la superficie de la Tierra puede ser reflejada de vuelta al espacio o absorbida por la superficie. Alrededor de un 30% de energía del Sol se refleja directamente de vuelta al espacio por la atmósfera, las nubes y la superficie de la Tierra, y el resto de energía del sol es absorbida. Pero la Tierra libera parte de esa energía absorbida a la atmósfera en forma de calor (radiación de onda corta o infrarroja). Los gases de efecto invernadero absorben la energía, disminuyendo la pérdida de calor hacia el espacio. De esta manera, actuarán como un invernadero y por tanto, la superficie terrestre resulta recalentada. Este proceso se conoce comúnmente como el *efecto invernadero*. La mayor parte de los gases efecto invernadero están presentes en la atmósfera de forma natural, contribuyendo al efecto invernadero que ha permitido el desarrollo de vida en nuestro planeta. Sin embargo, las actividades humanas han generado otros gases contaminantes, como óxidos de nitrógeno y clorofluorocarbonos CFCs, y aumentado la producción del resto, lo que ha producido un mayor calentamiento (Pérez López y Espigares García, 1993).

Los gases efecto invernadero más importantes bajo un punto de vista del efecto que producen son: el vapor de agua, el dióxido de carbono, el ozono troposférico, óxido nitroso, metano y los gases fluorados. Los dos primeros son los principales gases efecto invernadero pues poseen un amplio espectro de absorción infrarrojo (Pérez López y Espigares García, 1993).

Vapor de agua

El vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante y también el más importante en términos de su contribución al efecto invernadero natural, a pesar de tener una vida atmosférica corta.

El vapor de agua es el principal mecanismo de depuración de los contaminantes en la troposfera, debido a que favorecen la aparición de radicales hidroxilo (OH^\bullet) generados con el concurso del ozono, que juegan un papel importante, porque oxidan y favorecen la eliminación de todo tipo de compuestos a nivel de troposfera (Pérez López y Espigares García, 1993). Algunas actividades humanas pueden influir en los niveles de vapor de agua locales; a

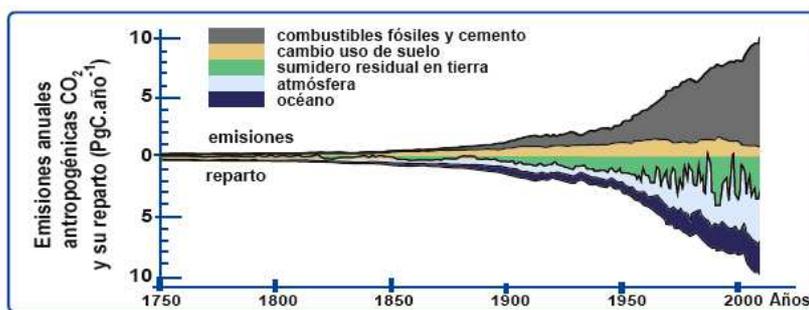


Figura 3. Emisiones antropogénicas de CO₂ y su reparto. Tomada de IPCC, 2013.

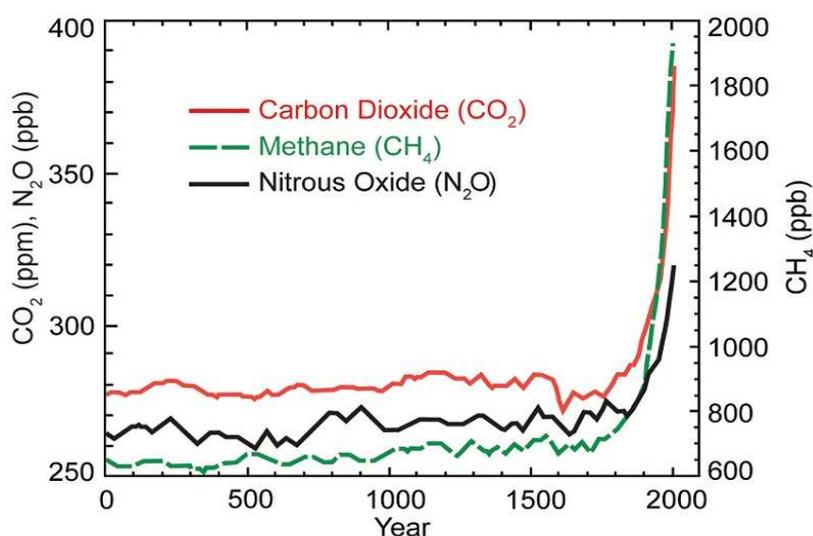


Figura 4. Concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera durante los últimos 2.000 años. Fuente: Evaluación Nacional EE.UU., 2014.

escala global, la concentración de vapor de agua es controlada por la temperatura, lo que influye en las tasas globales de la evaporación y la precipitación (IPCC, 2013).

Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono de origen natural forma parte del ciclo del carbono; es absorbido mediante la fotosíntesis y emitido a través de la respiración de las plantas y de los animales, oxidación del metano, erupciones volcánicas, e intercambio océano-atmósfera, ejerciendo el océano un efecto sumidero, mientras que las fuentes antropogénicas estas relacionadas con la quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, procesos industriales, etc. (figura 3).

El CO₂ contribuye mucho al efecto invernadero natural, pero desde los inicios de la revolución industrial se está produciendo un desequilibrio en el ciclo biogeoquímico del carbono, cuyo efecto más evidente es la acumulación en el eslabón atmosférico potenciado por el efecto invernadero natural (Pérez López y Espigares García, 1993).

Las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado en más de un 40% desde la época preindustrial (figura 4), de aproximadamente 280 partes por millón en volumen (ppmv) en el siglo XXI a 397 ppmv en 2015. En abril de 2014, la concentración media mensual en Mauna Loa excedía 400 ppm, por primera vez en la historia humana. El nivel de CO₂ actual es mayor de lo que ha sido en al menos 800.000 años (IPCC, 2013).

Algunas erupciones volcánicas liberaron grandes cantidades de CO₂ en el pasado lejano. Sin embargo en los últimos tiempos, unos 70 volcanes son normalmente activos cada año, de los cuales el volcán Kilauea en Hawai tiene una producción de CO₂ de referencia anual de alrededor de 0,0031 gigatoneladas por año (Gerlach et al., 2002). Los estudios realizados indican que las emisiones globales de dióxido de carbono procedente de los volcanes subaéreos y submarinos liberan mucho menos porcentaje del dióxido de carbono emitido actualmente por las actividades humanas; por ejemplo, se necesitaría una adición de 11.200 volcanes equivalentes al Kilauae para ampliar la tasa de emisión de CO₂ volcánica

global a la tasa de emisión de CO₂ antrópico (Marty and Tolstikhin, 1998).

Aunque sí se ha propuesto que la intensa liberación volcánica de dióxido de carbono en las profundidades del pasado geológico causó el calentamiento global, y posiblemente algunas extinciones en masa, lo cual es un tema actualmente de debate científico.

Metano (CH₄)

El metano atmosférico, procede de la descomposición anaeróbica bacteriana de la materia orgánica en zonas húmedas como pantanos, arrozales y océanos, de la fermentación intestinal de rumiantes fundamentalmente, y de la descomposición en vertederos de residuos orgánicos; aunque la mayoría tiene procedencia de origen antropogénico, producido fundamentalmente por procesos incompletos de combustión de biomasa, extracción de combustibles fósiles y prácticas agrícolas. El metano es más abundante en la atmósfera de la Tierra ahora que en cualquier momento de los últimos 800.000 años. El

aumento de las concentraciones de CH₄ se han producido especialmente durante la mayor parte del siglo XX y ahora son más de dos veces y medio los niveles preindustriales (figura 4), aunque en las últimas décadas, la tasa de crecimiento se ha ralentizado considerablemente (IPCC, 2013).

Óxido nitroso (N₂O)

El óxido nitroso se produce principalmente en las actividades agrícolas y los procesos biológicos naturales. La quema de combustibles y algunos otros procesos también crean N₂O. Las concentraciones de este gas han aumentado aproximadamente un 20% desde el inicio de la Revolución Industrial (figura 4), con un aumento relativamente rápido hacia el final del siglo XX (EPA, 2014). Las tres líneas de este gráfico representan las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en el tiempo. Los tres gases siguen un patrón muy similar que comienza bajo y es constante, pero en 1900 comienza a incrementarse de forma espectacular.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC	-----
Cambio de 2012-2013	↑2.7%	↓1.7%	↑2.8%	↑1.5%	Total: ↑2.0%
Residencia en años	Variable	12.2±3	120	12-102	-----
Niveles preindustriales	278ppmv	0.7 ppmv	275ppbv	0	-----
Niveles en 2014	397ppmv	1.833ppm	327pbbv	0.106-0.508 ppbv	-----
GWP	1	21	310	Varios entre 6200-10000	-----

Figura 5. Datos de los gases efecto invernadero con mayor variación en los últimos años. Ppmv: partes por millón de volumen. Pbbv: partes por billón de volumen. GWP: Potencial de calentamiento global con relación al dióxido de carbono. Tabla de elaboración propia a partir de Environmental Programme. Introducción al cambio climático y NOAA (Earth System Research Laboratory).

Antes de 1900 las concentraciones de dióxido de carbono y óxido nitroso se mantienen en niveles alrededor de 280 partes por millón y 250 partes por mil millones, respectivamente. Para el año 2000, las medidas de dióxido de carbono alrededor de 380 partes por millón y las medidas de óxido nitroso alrededor de 320 partes por mil millones. Del mismo modo el metano se mantiene en alrededor de 700 partes por mil millones hasta alrededor de 1800. En 2000, las concentraciones de metano medían cerca de 2.000 partes por mil millones (EPA 2014).

Las concentraciones actuales de CO₂, CH₄ (metano) y N₂O (óxido nitroso) exceden sustancialmente el rango de concentraciones registradas en los testigos de hielo durante los últimos 800.000 años, y desde 1750 han aumentado, excediendo los niveles

preindustriales en 40%, 150% y 20%, respectivamente (IPCC, 2013).

Ozono troposférico (O₃)

El ozono troposférico (O₃), que también tiene una vida atmosférica corta, es un potente gas de efecto invernadero. Las reacciones químicas crean ozono a partir de las emisiones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles de los automóviles, centrales eléctricas y otras fuentes industriales y comerciales en presencia de luz solar. Además de atrapar el calor, el ozono troposférico es un contaminante que puede causar problemas de salud respiratoria y dañar los cultivos y los ecosistemas (EPA, 2014).

Gases fluorados

Los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), son llamados gases fluorados. A diferencia de vapor de agua y ozono, estos gases fluorados tienen una vida atmosférica muy larga, y algunas de estas emisiones afectarán el clima durante muchas décadas o siglos. A veces se llaman gases de alto potencial de calentamiento atmosférico ya que, por una determinada cantidad de masa, atrapan sustancialmente más calor que el CO₂. Algunos HFC permanecen en la atmósfera durante unos pocos años, mientras que el SF₆ puede permanecer en la atmósfera durante miles de años (EPA, 2014).

La perturbación en la atmósfera que se produce por la presencia en la atmósfera de una molécula adicional de un gas de efecto

invernadero se conoce como *forzamiento radiativo* que es la variación de la capacidad de radiación de la Tierra debida a cambios en las concentraciones de gases invernadero. Se expresa en W·m⁻²·Ppmm⁻¹ (Pérez López y Espigares García, 1993).

Todos estos gases además tienen una vida media en la atmósfera que es muy variada de unos a otros, pudiendo ser años, décadas o incluso siglos, por tanto, su impacto sobre el clima también lo será. Esto queda recogido en el termino potencial de recalentamiento global de los gases efecto invernadero (GWP, Global Warming Potencial), el cual queda definido como la capacidad de forzamiento radiativo, en un tiempo determinado, generada por un Kg de un determinado gas respecto al CO₂ (Pérez López y Espigares García, 1993). Por ejemplo, para el metano

Sobre la base de las concentraciones (ppb) ajustadas por las características de retención de calor(PCG)	% del efecto invernadero	% por causas naturales	% por causas antropogénicas
Vapor de agua	95.000%	94.999%	0.001%
Dioxido de carbono	3.618%	3.502%	0.117%
Metano	0.360%	0.294%	0.066%
Óxido de nitroso	0.950%	0.903%	0.047%
Gases varios (CFC's,etc)	0.072%	0.025%	0.047%
TOTAL	100.00%	92.72%	0.28%

Figura 6. Contribución de los gases de efecto invernadero

(CH₄) el GWP es 21, lo que significa que el metano produce un calentamiento de 21 veces mayor que una cantidad equivalente de CO₂ en un período de 100 años.

Las dos características más importantes de un gas de efecto invernadero en términos de impacto sobre el clima son la capacidad para absorber la energía (evitando que inmediatamente se escape al espacio), y el tiempo que el gas se queda en la atmósfera (EPA, 2014).

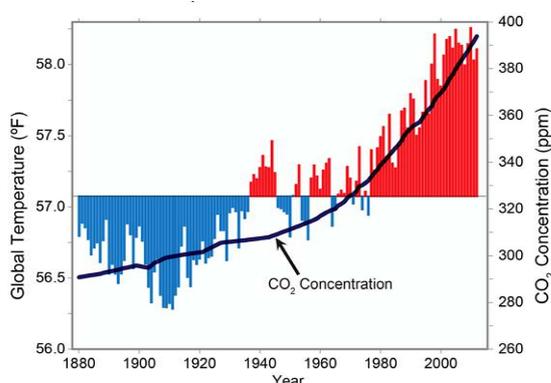


Figura 7. Cambios de la concentración de CO₂ y temperatura. Tomada de Walsh et al., 2014.

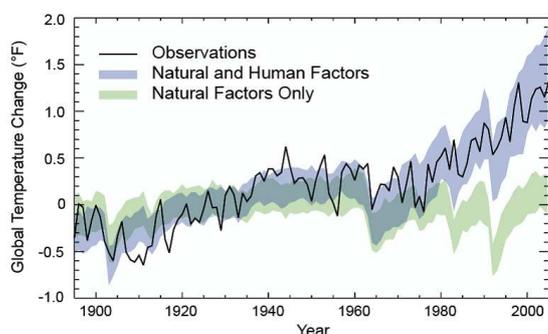


Figura 8. Separación de las influencias naturales y antropogénicas en el clima. Tomada de Walsh et al., 2014.

Como se ha ido describiendo cada gas contribuye al efecto invernadero en una proporción diferente y además su concentración depende de causas naturales y/o antropogénicas. En la figura 6 se expresa el porcentaje que representa cada gas sobre el efecto invernadero y el porcentaje correspondiente a las causas naturales y antropogénicas.

La hipótesis antropogénica afirma la sensibilidad de la temperatura al CO₂, para comprobarlo se representan los cambios de la temperatura a lo largo de los años frente a la evolución de los niveles de CO₂, y se obtiene la figura 7. Las barras rojas muestran las temperaturas por encima de la media a largo plazo, y las barras azules indican temperaturas por debajo de la media a largo plazo. La línea de color negro representa la concentración de dióxido de carbono atmosférico (CO₂) en partes por millón (ppm). Hay una tendencia clara de calentamiento global a largo plazo, aunque algunos años no muestran un aumento de la temperatura con respecto al año anterior, y algunos años muestran cambios mayores que otros. Estas fluctuaciones de año a año en la temperatura se deben a procesos naturales, tales como los efectos de El Niño, La Niña, y erupciones volcánicas, pero en los años 1940, a pesar del incremento continuo del contenido de CO₂ en la atmósfera, se registró un ligero descenso de temperaturas (Ehrlich y Holdren, 1973), por lo que el calentamiento no solo se reduce al efecto invernadero, otros factores intervienen en la temperatura, tales como la humedad del aire, régimen de vientos, nubes, estados de vegetación, manchas solares, corrientes marinas, factores estelares, etc.

Como puede observarse en la figura 8, si simulamos los modelos que solo utilizan factores naturales solares y volcánicos (verde), no reflejan los incrementos actuales de temperatura. Sin embargo, los modelos resultantes de la adición de las emisiones antropogénicas y las naturales (azules) si reproducen la subida real de la temperatura.

Existen factores que en estos modelos no se tienen en cuenta, y sus consecuencias climáticas son importantes, como la modificación del albedo de las nubes por los aerosoles generados por las actividades humanas: sus complejas interacciones con las nubes aumentan el brillo de éstas, que reflejan entonces más luz solar hacia el espacio. Otra fuente de incertidumbre proviene del efecto de los aerosoles: ¿en qué cuántía reflejan y absorben directamente la luz solar?. En general, estos efectos de los aerosoles tienden a producir un enfriamiento que compensaría en parte el

calentamiento debido a los gases efecto invernadero (Collins et al., 2007).

Un fenómeno relacionado con la variación del clima es conocido como *retroalimentación*, y hace referencia a cuando un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que a su vez influye en el proceso inicial. Puede ser de dos tipos, positiva o negativa: la primera aumenta el calentamiento climático, mientras que la retroalimentación negativa disminuye el calentamiento.

- Ejemplo de retroalimentación positiva: el aumento de temperatura producirá un mayor derretimiento del hielo, por lo que aumenta la superficie oscura del océano, la cual absorbe más la energía del sol y por tanto producirá un aumento de temperatura.

- Ejemplo de retroalimentación negativa: el aumento de temperatura retrasa la pérdida en hojas en los árboles caduciformes, esto aumenta la fotosíntesis y por tanto disminuye el CO₂, lo cual contribuye a disminuir la temperatura.

El efecto colectivo de todos los procesos de retroalimentación determina cuánto se calienta o se enfría el clima en respuesta a un solo forzamiento. El forzamiento neto es la suma de todos los forzamientos climáticos individuales.

CAMBIOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

A lo largo de los años se han ido observando alteraciones en la Tierra como consecuencia del campo climático. A continuación se exponen los cambios ya observados según los informes de evaluación del IPCC en 2013.

Atmósfera

La temperatura media global muestra un incremento de 0,85 °C (entre 0,65 °C y 1,06 °C) en el periodo 1880-2012. Cada una de las últimas tres décadas ha sido más cálida que todas las anteriores desde 1850, siendo la primera década del siglo XXI la más cálida de todas. Las tendencias en periodos cortos (entre 10 y 15 años) están muy afectadas por la variabilidad natural, tal y como sucede, por ejemplo, en los últimos 15 años, en los que la tasa de calentamiento ha sido inferior a la media registrada desde 1951. La precipitación ha aumentado en las zonas terrestres de latitudes medias del hemisferio norte y se han observado cambios en los episodios extremos desde 1950. El número de días y noches frías ha disminuido y el número de días y noches cálidas ha aumentado a nivel global (IPCC, 2013).

Océanos

La capa superior del océano (desde la superficie hasta los 700 m de profundidad) se ha calentado en

el periodo 1971-2010. El calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie sumando más de 0,1 °C por década en los primeros 75 m durante el periodo 1971-2010, decrece con la profundidad y se extiende hasta los 2000 m (IPCC, 2013). Las aguas cercanas a la superficie de los océanos se han hecho más dulces en latitudes altas y medias, mientras que en las latitudes inferiores se han vuelto más saladas de acuerdo con las modificaciones de los patrones a gran escala de las precipitaciones (Collins et al., 2007).

Criosfera

En las últimas décadas se han observado reducciones de masa en los glaciares y los mantos de hielo especialmente en Groenlandia y el continente Antártico. Los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo y el hielo del Ártico y el manto de nieve en primavera en el hemisferio norte han seguido reduciéndose en extensión. Es muy probable que el ritmo de la pérdida de hielo de los glaciares en todo el mundo, excepto los glaciares situados en la periferia de los mantos de hielo, haya sido en promedio de 226 Gt/año durante el periodo 1971-2009, y de 275 Gt/año, durante el periodo 1993-2009/10 (IPCC, 2013).

Nivel del mar

El nivel medio del mar a nivel global ha aumentado 1,7 mm/año en el periodo 1901-2010, 0,19m en total, 3,2 mm/año entre 1993 y 2010 (IPCC, 2013). El nivel del mar sube porque su agua se expande al calentarse y porque el agua de los glaciares y placas de hielo que se funden se añade a los océanos (Collins et al., 2007).

Todas las proyecciones y evaluaciones efectuadas hasta la fecha sitúan a España en un área geográfica donde el cambio climático puede ser particularmente intenso y en un marco socioeconómico y ecológico que la hace particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático. Para el ámbito mediterráneo, que ocupa la mayor parte del territorio español, se señalan disminuciones en la precipitación total anual de lluvia, escorrentía de los ríos (y la capacidad asociada de producir energía hidroeléctrica), cosechas y turismo; e incrementos en incendios forestales, riesgo de desertificación, demanda de agua para agricultura (que contrasta con la menor disponibilidad de agua), problemas de salud asociados tanto a fenómenos extremos como a enfermedades de transmisión vectorial, y riesgo de pérdida de biodiversidad (Castro Acuña et al., 2011).

RIESGOS PARA LA SALUD

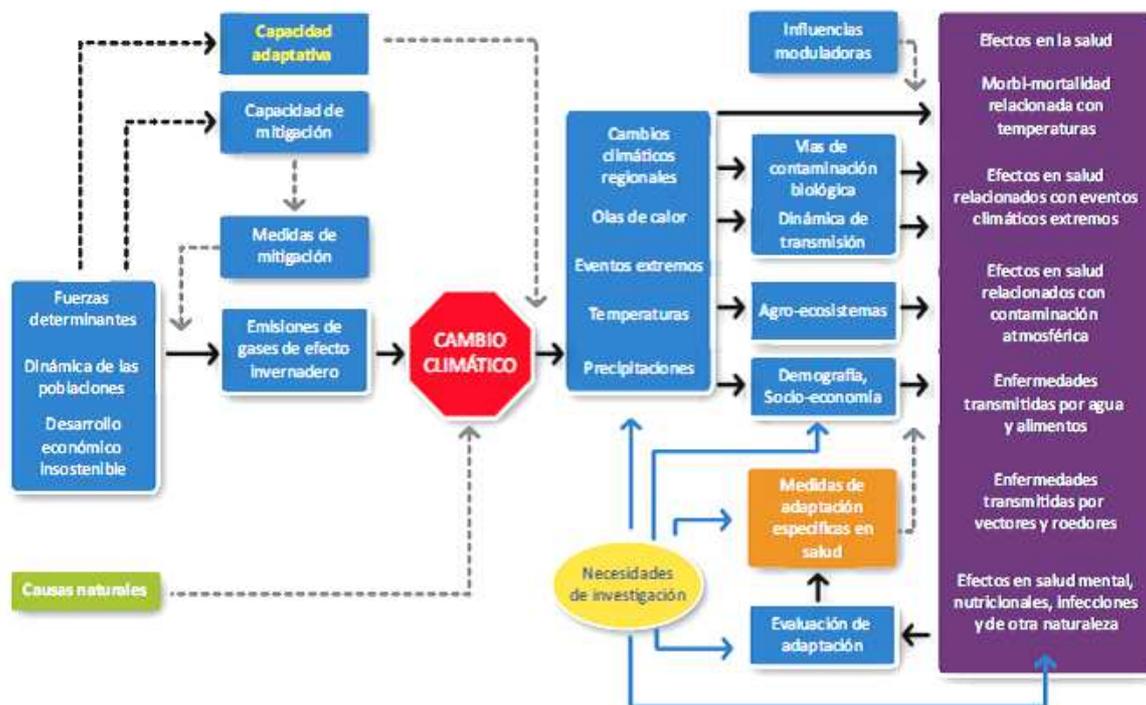


Figura 9. Origen, impactos sobre la salud y mitigación del cambio climático. Tomada de McMichael et al., 2003.

La salud humana y el medio ambiente mantienen una relación muy estrecha. Basta con recordar la clásica definición de Wyllie en 1970: “la salud es el perfecto y continuo ajustamiento del hombre al medio ambiente”; por lo que todo aquello que afecte a nuestro alrededor a largo o a corto plazo causará un deterioro en la salud. “No cabe duda de la preocupación general por el medio ambiente, pues es una parte fundamental de la vida en el planeta, y cuyo deterioro afectaría al estado de salubridad de todas las especies vivas” (Pérez López y Espigares García, 1993).

En los últimos decenios, los cambios del clima han causado impactos sobre los sistemas naturales y humanos, tanto en continentes como en los océanos. Los efectos producidos sobre ambos sistemas son de relativa importancia pero a continuación nos centramos en los aspectos sobre la salud, contrastando las hipótesis sobre el cambio climático.

El cambio climático producido tanto por causas naturales como por causas antropogénicas va a causar efectos sobre la salud, a través de situaciones que ponen en peligro el estado físico y mental de la población (figura 9). Ambas corrientes de pensamiento a cerca del cambio climático que venimos refiriéndonos concluyen que el cambio climático puede repercutir sobre la salud, pero difieren en grado preocupación. Mientras los defensores de la acción antropogénica solo consideran relevantes los efectos negativos sobre la salud, el grupo rival

considera que no son tan perjudiciales los efectos negativos y consideran de gran importancia los efectos positivos sobre la salud.

En la figura 9 se muestra de forma esquemática las consecuencias de los impactos del cambio climático sobre la salud, dónde deben actuar las medidas adaptación y mitigación y las principales incertidumbres y necesidades de investigación en el futuro más cercano.

El cambio climático puede afectar a la salud produciendo efectos positivos y negativos. Aunque nos centraremos más en los efectos negativos por su mayor preocupación frente a los positivos, y porque estos últimos son más localizados. A continuación citaremos algunos ejemplos positivos relevantes.

EL aumento de CO₂ tendrá un efectos positivo sobre plantas medicinales, y estas producen un beneficio sobre la salud. Ejemplos de ello: el aumento de flavonoides totales en las hojas de las plantas medicinales, como la *Centella asiática*, por el aumento de la concentración de CO₂, el cual aumenta la eficiencia del uso del agua de la planta y por tanto su rendimiento (Moghaddam et al., 2011); los niveles más altos de CO₂ aumentan la producción de ácido gálico y rútila en plantas de palma de aceite, los cuales son bioactivos, captan radicales libres, y por tanto, pueden reducir la posibilidad de enfermedades graves de cáncer como leucemia, cáncer de mama, hueso y pulmón (Ibrahim y Jaafar, 2012).

El aumento de temperatura en regiones muy frías favorecerá muchos aspectos de la salud humana, como por ejemplo una disminución del infarto del miocardio; según Wanitschek et al. (2013), "el aumento de la temperatura media de 7,5 °C desde el frío al cálido invierno se asoció con una disminución en los angiogramas coronarios agudos, en particular, debido a una menor incidencia de infarto del miocardio".

Expuestos ya ejemplos de efecto positivos nos centramos en los efectos negativos, los cuales pueden poner en riesgo la salud y por tanto, serán de mayor importancia para los estudios de los impactos del cambio climático.

Los efectos negativos pueden afectar a la salud directa e indirectamente, es decir, afectan a corto o a largo plazo sobre la salud. En el primer caso se incluyen los cambios en la temperatura, las precipitaciones y incendios, que afectan a cada individuo. De modo indirecto puede afectar las vías de transmisión de enfermedades, la disponibilidad y calidad del agua y alimentos, la calidad del aire que respiramos.

El pronóstico de los impactos del cambio climático a la salud es complejo, es difícil asociar cualquier cambio particular en una enfermedad con un cambio dado en un solo factor ambiental. Por ello es necesario colocar los peligros para la salud relativos al medio ambiente en un contexto de población, tales como la edad, prácticas de higiene, nivel socioeconómico (acceso a ropa adecuada y vivienda), y médico y tradiciones agrícolas (Beniston et al., 2002), es decir, el cambio climático sobre la salud no afecta a todas las personas por igual, sino que hay que tener en cuenta factores que contribuyen a modificar el estado de salud individual mediados por la sensibilidad al clima y que engloban la sensibilidad biológica (inmunidad adquirida, factores genéticos, presencia de enfermedad concomitante, etc.), factores biofísicos (recursos naturales, líneas basales de variables climáticas, etc.) y factores socioeconómicos (información, adopción de medidas de prevención y adaptación, disponibilidad de recursos, integración social, hábitos de vida, etc.). Todos ellos han de considerarse cuando se analizan los riesgos para la salud humana como consecuencia del cambio climático (MSSI, 2013).

La medición de los efectos sanitarios del cambio climático sólo puede hacerse de forma aproximada. No obstante, en una evaluación llevada a cabo por la OMS teniendo en cuenta sólo algunas de las posibles repercusiones sanitarias, se concluyó que según las previsiones, el cambio climático causará anualmente unas 250.000 defunciones adicionales entre 2030 y 2050; 38.000 por exposición de personas ancianas al calor; 48.000 por diarrea; 60.000 por paludismo; y 95.000 por desnutrición infantil (OMS, 2015).

Las personas que están marginadas en los planos social, económico, cultural, político, institucional u otro son especialmente vulnerables al cambio climático así como a algunas respuestas de adaptación y mitigación (IPCC, 2014). Pero esto no queda ahí sino que se incrementará en el futuro. Así lo expresó

Beniston et al. (2002) en su estudio: "El 85% de la riqueza económica del mundo está en manos de 20% de la población mundial, y esta brecha es probable que se amplie en el futuro porque el 95% del aumento previsto de la población mundial tendrá lugar en los países en desarrollo. La población del Sur son, pues, probablemente los que tengan que soportar la mayor carga de los impactos relacionados con el cambio climático".

En cuanto a las medidas de adaptación y mitigación en el informe de Evaluación del IPCC (2014) se expresa con un nivel de confianza alto que "las medidas de reducción de la vulnerabilidad más eficaces para la salud a corto plazo son los programas que aplican y mejoran las medidas de salud pública básica, como el suministro de agua limpia y saneamiento, asegurar una asistencia sanitaria esencial que comprenda servicios de vacunación y salud infantil, una mayor capacidad de preparación y respuesta frente a los desastres, y el alivio de la pobreza".

Los cambios ya observados en la tierra, anteriormente expuesto, van a dar lugar a situaciones en el medio ambiente que van a producir afectos sobre la salud.

Los cambios climáticos que afectan a la salud los vamos a dividir en varios bloques:

Temperatura extremas.

- * Efectos del calor.
- * Efectos producidos por el frío.

Pluviosidad y calidad del agua.

Calidad del aire.

- * Alérgenos
- * Ozono
- * Partículas y polvo

Enfermedades de transmisión vectorial.

Incendios.

Seguridad alimentaria.

Enfermedades mentales.

Cáncer.

En cada bloque temático se abordaran los aspectos generales y científicos técnicos más relevantes, los impactos previsibles del cambio climático teniendo en cuenta las evidencias más recientes, y por último, se identificara la mayor vulnerabilidad en la población.

Temperaturas extremas

La temperatura del cuerpo humano en reposo oscila entre 36,0-37,5°C, mientras que la temperatura de la piel en contacto con el exterior, es aproximadamente 0,5°C menor. La capacidad del organismo para mantener este margen de temperaturas, está regida por el centro termorregulador del hipotálamo, que permite equilibrar los mecanismos de producción y pérdida de calor y así mantener constante la temperatura. De forma general, hay un rango de temperaturas diferente según cada lugar geográfico, en el cual el sistema de termorregulación se encuentra en un

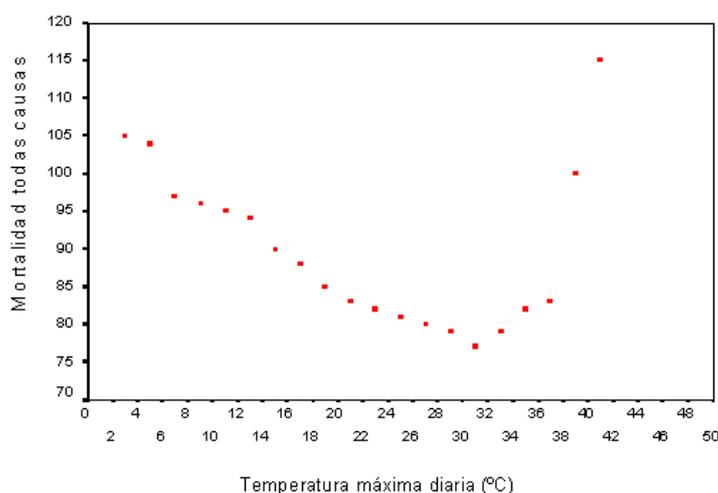


Figura 10. Diagrama de dispersión de la temperatura máxima diaria frente a la mortalidad diaria en Madrid por todas las causas. Tomada de Díaz Jiménez et al., 2005.

estado de mínima actividad y los individuos experimentan sensación de bienestar o confort térmico. A medida que la temperatura ambiente se aleja de esa zona de bienestar, el sistema termorregulador aumenta su actividad y los ajustes que deben producirse, se experimentan como sensación de malestar térmico, los mecanismos de termorregulación quedan desbordados, lo que supone un riesgo para la salud (Díaz y Linares, 2007).

El resultado de numerosas investigaciones indica que la relación entre la temperatura y la mortalidad (figura 10) suele tener forma de “U” o de “V” con una temperatura de mínima incidencia que varía de unos lugares a otros (Sáez et al. 1995; Ballester et al. 1997; Alberdi et al. 1998; McMichael et al. 2008) que depende, probablemente, de la adaptación de la población al rango de temperaturas al que se encuentra expuesta (Curriero et al. 2002; Díaz et al. 2006). En esta figura se observa una distribución en forma de V asimétrica con una temperatura de mínima mortalidad que está próxima a una máxima diaria de 30,8 °C.

La rama de la derecha, correspondiente al calor presenta una mayor pendiente que la correspondiente al frío. Además muestra un brusco incremento en su pendiente en torno a los 36,5 °C. Por el contrario, el caso de la rama de la izquierda, correspondiente a temperaturas por debajo de 30,8 °C es menos acusada, tiene un mayor rango de variación y presenta un aumento más marcado en temperaturas máximas diarias próximas a 6 °C (Alberdi et al., 1998).

El efecto de calor ocurre a corto plazo (1-3 días), mientras que el efecto del frío suele dilatarse en el tiempo y ocurrir entre una semana y dos semanas después del extremo térmico. (Alberdi et al., 1998; Braga et al., 2001).

Efectos del calor

El cambio climático ha producido un aumento cada vez mayor de la temperatura, incrementando la probabilidad de más frecuentes y graves olas de calor, especialmente en los primeros meses de verano, en los cuales los casos mortales son más acusados. Los efectos sobre la salud son la mortalidad y morbilidad, como consecuencia de las enfermedades cardiovasculares (Díaz et al., 2002a; Sáez et al., 1995; Díaz et al., 2002), respiratorias (Pirard, 2003; Díaz et al., 2002; Ballester et al., 1997) y cerebrovasculares (Pan et al., 1995; Montero, 1997). Las altas temperaturas pueden provocar cuadros de deshidratación, golpes de calor, calambres, lipotimias, arritmias y la agravación de enfermedades respiratorias, desórdenes renales, hipotensión arterial, hipertensión intracraneal, isquemia cerebral, etc. (Ballester et al. 2006). Además las olas de calor, están muy asociadas a la formación de ozono troposférico, especialmente en las zonas urbanas (Beniston, 2002).

Son más que evidentes los casos de mortalidad por olas de calor; a modo de ejemplo se puede recordar la ola de calor del año 2003, cuyos estudios muestran que provocó un exceso de 14.800 defunciones en Francia (Ledrans et al., 2004), 3.100 en Italia (Conti et al., 2005), 6.500 en España (Martínez et al., 2004), y 1.300 en Portugal (Pirard, 2003).

Un estudio realizado en la ciudad de Lisboa (Dessai, 2003), evalúa, aunque con una incertidumbre importante, el posible incremento de la tasa bruta de mortalidad para los años 2020 y 2050. Para ello utiliza las predicciones de dos modelos climáticos regionales, así como diferentes hipótesis sobre aclimatación y evolución de la población. Según este trabajo el incremento de la tasa de mortalidad relacionada con el calor habría sido entre 5,4 y 6 fallecidos por cada 100.000 habitantes en el periodo 1980-1998, será entre el 5,8 y 15,1 para el horizonte de 2020 y entre 7,3 y 35,6 para el 2050. Es decir, en el peor de los escenarios se multiplicará por 6 el aumento de la mortalidad por calor (Ballester et al., 2006).

La relación entre la salud y la temperatura no es inmutable, sino que está regulada por numerosas variables económicas, sociales, culturales y sanitarias (MSSSI, 2013). Una variable que tiene especial importancia en la evaluación de esta relación es el índice de envejecimiento, pues las personas mayores tienen limitado su proceso termorregulador y su umbral de sudación es en general más elevado que en personas jóvenes ya que poseen menos glándulas sudoríparas y una capacidad inferior para producir vasodilatación periférica (ver figura 11). Otro de los

Causas de mortalidad	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
	65-74	65-74	>75 años	>75 años
Orgánicas (%)	14,7	16,2	12,6	28,4
Circulatorias (%)	9,4	11,7	6,3	34,1
Respiratorias (%)	17,2	23	26,1	17,6

Figura 11. Porcentaje del incremento de mortalidad por diversas causas por cada grado en el que la temperatura diaria supera los 36.5 °C. Tomada Díaz Jiménez et al., 2005.

grupos en riesgo son personas con problemas renales u obesos y aquellos individuos que toman drogas o alcohol o determinante medicamentos y las mujeres. (Ballester et al. 2006). Por último también decir que las personas con menor recurso social y económico tienen una mayor vulnerabilidad.

En la figura se muestra el incremento de la mortalidad en personas mayores de 65 años asociada a cada grado en el que la temperatura máxima supere la temperatura umbral de 36.5°C en Madrid (Díaz Jiménez et al., 2005).

Si miramos al futuro, según el Proyecto Europeo PHEWE (Assessment and Prevention of Acute Health Effects of Weather Conditions in Europe) donde se ha estudiado el posible impacto del calor sobre el incremento de la mortalidad según los escenarios del IPCC, para 2030 la media de la fracción atribuible de muertes por calor será de un 2%, con un mayor impacto sobre las zonas mediterráneas (Baccini et al., 2007).

La mortalidad por la temperatura puede reducirse en un 64% en 2050 y en un 93% en 2100, frente al escenario donde el mundo no toma medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Actividades para adaptarse a más frecuentes eventos de calor pueden ayudar a reducir la mortalidad de calor, pero la reducción de emisiones es todavía importante para salvar vidas (Crimmins, 2015).

Efectos del frío

En cuanto a las temperaturas bajas extremas, No está del todo claro que el aumento de la mortalidad en invierno esté provocado simplemente por la propia influencia del frío. La influencia de las variables como la estacionalidad en los cambios hematológicos en las enfermedades circulatorias, o en agentes infecciosos en las enfermedades respiratorias y circulatorias, está todavía sin resolver (McMichael et al., 2006). El efecto del frío sobre la mortalidad suele ser menos intenso que el del calor, y aumenta a medida que se suceden las olas de calor a lo largo del todo el año, los problemas de salud más relacionados son las afecciones respiratorias y cardiovasculares (Díaz et al., 2005).

En el proyecto PHEWE se encontró una relación entre el descenso de la temperatura durante el

semestre frío (de octubre a marzo) y la mortalidad. Para el conjunto de las 15 ciudades participantes el descenso de 1°C de temperatura se asoció con un incremento del 1,35% en la mortalidad por todas las causas orgánicas. Dicho incremento fue de 1,72% para la mortalidad por causas cardiovasculares y del 3,30% para las respiratorias (Analitis et al., 2008).

La vulnerabilidad al clima de invierno depende de muchos factores no climáticos, incluida la vivienda, la edad y la salud de base (McMichael et al., 2008). Aunque las muertes y lesiones relacionadas con los eventos de frío extremo se estima que están disminuyendo debido al cambio climático, no se espera que estas reducciones compensen el aumento de las muertes relacionadas con el calor (Medina-Ramón and Schwartz, 2007).

Pluviosidad y calidad del agua

A nivel mundial, el número de desastres naturales relacionados con la meteorología se han más que triplicado desde los años sesenta, afectando a la salud humana, cada año causan más de 60.000 muertes, sobre todo en los países en desarrollo (OMS, 2015). Se estima que la población actual en riesgo de inundaciones y eventos meteorológicos es de unos 75 millones de personas y si el nivel del mar aumenta y subiera 40 cm este número ascendería a 200 millones de personas (McCarthy et al., 2001).

El aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones y el aumento del nivel del mar, que se prevé que sigan aumentando a lo largo de este siglo, pueden afectar a la salud provocando desde defunciones, lesiones, enfermedades infecciosas o contaminación con productos tóxicos hasta problemas de salud mental (Greenough et al., 2001; Ahern et al., 2005). La mortalidad asociada a inundaciones está relacionada con ahogamientos, paradas cardiorrespiratorias, hipotermias, traumatismos y accidentes relacionados con vehículos.

También las inundaciones se asocian con la emergencia de enfermedades infecciosas (Tirado, 2010). Las principales causas de infecciones que provocan diarrea relacionadas con precipitaciones abundantes y contaminación del agua son cólera, criptosporidiosis, infecciones por *E. coli*, giardiasis y virosis como la hepatitis A. Las enfermedades diarreicas, que cada año provocan aproximadamente 760.000 defunciones de menores de cinco años (OMS, 2015).

A estas inundaciones le seguirán periodos de sequía intensa que también afectarán al suministro de agua dulce, y puede poner en riesgo el higiene, por tanto mayor mortalidad y movilidad producida por la

malnutrición, predisposición a enfermedades infecciosas y respiratorias. Con respecto a las enfermedades infecciosas aumentará la carga patógena y química del caudal como consecuencia de una menor dilución de los efluentes (Senhorst y Zwolsman, 2005), y en cuanto a las enfermedades respiratorias (Iniesta et al., 2008) se debe a la asociación de los episodios de sequía con tormentas de polvo, en las que el aire puede transportar, además de una mayor concentración de partículas respirables, esporas de hongos y bacterias que podrían afectar a la salud (IPCC 2007).

Se estima que a finales del siglo XXI es probable que el cambio climático haya aumentado la frecuencia y la intensidad de las sequías a nivel regional y mundial (IPCC, 2014). La falta de agua potable, aumenta la malnutrición, desnutrición proteico energética y déficit de micronutrientes, lo que significa un mayor riesgo de morbimortalidad. Como necesidades mínimas la OMS establece que cada persona necesita al día entre 20 y 50 litros de agua sin contaminantes químicos ni microbianos nocivos, para beber y para la higiene (OMS, 2014). Se estima que a lo largo del presente siglo la población con problemas importantes de acceso al agua alcanzara los 1.000 millones de personas afectando a 30 países, que coinciden con los más pobres y subdesarrollados (Bensiton, 2002).

Por último cabe decir, el calentamiento global como consecuencia del cambio climático está produciendo un aumento rápido de las temperaturas del agua, tanto del agua dulce continental como de las aguas marinas. Dicho aumento contribuye a numerosas consecuencias que afectando a la salud como el aumento de presencia de medusas, floraciones de algas tóxicas, y cianobacterias. Más directamente incrementan los casos de toxiinfección alimentaria por mariscos y peces arrecifes y incremento de brotes de patógenos de transmisión hídrica (MSSSI, 2013).

En cuanto a las cianobacterias, pueden contribuir a un riesgo para la salud, porque sintetizan toxinas, las cuales se han identificado con problemas de hepatotoxicidad, neurotoxicidad y dermatitis para el ser humano (Sant'Anna et al., 2005). Entre los efectos agudos destacan las irritaciones de la piel, de ojos y de oídos, los episodios alérgicos, mareos y cefaleas, hepatoenteritis, gastroenteritis, daño renal y deshidratación. Y entre los efectos crónicos se incluyen el hepatocarcinoma, cáncer primario de hígado y mutaciones metafase cromosómico (MSSSI, 2013).

Calidad del aire

El aire limpio es uno de los requisitos básicos para la salud y el bienestar humano. Los impactos del cambio climático interfieren en su calidad y por tanto, representa una gran amenaza para la salud de las personas.

El cambio climático afectará a la calidad del aire a través de varias vías, incluyendo la producción y la

alergenicidad de los aeroalérgenos como el polen y las esporas de moho y el aumento de las concentraciones ambientales de ozono, partículas finas y polvo. Algunos de estos contaminantes pueden causar directamente enfermedad respiratoria o exacerbar la enfermedad respiratoria en individuos susceptibles (D'amato et al., 2008; Reid and Camble, 2009; Fisk et al., 2007).

Alergenos

Las enfermedades alérgicas constituyen una de las patologías más prevalente, afectando aproximadamente al 25% de la población y cuyo frecuencia esta aumentado en los últimos años en la mayoría de los países industrializados (MSSSI, 2013). Las concentraciones de polen y esporas dependen en gran medida de las especies silvestres que hay, las variaciones en esas concentraciones son sensibles a los factores meteorológicos (McMichael and Githeko, 2001), por lo que el cambio climático podría adelantar o alargar el periodo polínico para algunas especies con capacidad alérgica, y el incremento en los niveles de CO₂ podría afectar a la producción de polen por las plantas (Ballester et al., 2006). También hay una posibilidad de que ciertos aeroalérgenos pueden volverse más alérgicos con temperaturas y con el aumento de las concentraciones de CO₂ (Cassassa, et al., 2007).

La prevalencia de asma aumentó a nivel nacional del 7,3% en 2001 hasta el 8,4% en 2010. En la medida en que aumenta las concentraciones de polen aumenta su exposición, los pacientes y sus médicos se enfrentarán a retos cada vez mayores en el mantenimiento adecuado de control del asma (Luber et al., 2014).

Las prolongadas sequías darán lugar a más polvo y contaminación de partículas, mientras que el aumento de las lluvias va a limpiar el aire, pero puede crear más moho y la contaminación microbiana. Además, la sequía, la disminución de la calidad del agua, y el aumento de las temperaturas contribuyen al crecimiento de las floraciones de algas nocivas que producen toxinas que pueden ser en forma de aerosol y exacerban el asma y enfermedades respiratorias (Abraham, 2005). También las lluvias extremas y el aumento de las temperaturas pueden producir el aumento de hongos y moho en los interiores, afectando a la calidad del aire interior y aumentando por tanto los problemas respiratorios y condiciones relacionadas con el asma. (Fisk et al., 2007 ; Luber et al., 2014).

Ozono

Es un gas altamente corrosivo. Los efectos de la respiración del ozono incluyen una variedad de reacciones como irritación en los ojos y garganta, dolor en el pecho, tos, congestión (Beniston, 2002). Además puede empeorar la bronquitis, el enfisema y el asma. La exposición al ozono a nivel del suelo también puede reducir la función pulmonar e infla-

mar el revestimiento de los pulmones; la exposición repetida puede dejar cicatrices en forma permanente en el tejido del pulmón (Uysal y Schapira, 2003). Se calcula que cada año en Europa se producen 21.000 ingresos hospitalarios relacionados con la exposición al ozono (Hurley et al., 2005).

Partículas y polvo

Las partículas finas o PM_{2,5} (menos de 2,5 micrómetros de diámetro) contienen sólidos microscópicos o gotitas líquidas que son tan pequeñas que pueden penetrar profundamente en los pulmones donde causan graves problemas de salud. Estudios científicos (Kreyling et al., 2006) han relacionado la exposición a la contaminación de partículas finas a una variedad de problemas de salud: aumento de síntomas respiratorios como irritación de las vías respiratorias, tos y dificultad para respirar, disminución de la función pulmonar, aumento de la gravedad del asma, desarrollo de bronquitis crónica, latido irregular del corazón, ataques cardíacos no fatales y muerte prematura en personas enfermas del corazón o los pulmones. Estas partículas y las de mayor diámetro se asocian a un mayor riesgo de visitas a urgencias y hospitalizaciones por eventos cardiovasculares, especialmente entre los adultos mayores de 65 años de edad (Ballester et al. 2006). Existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}), y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo (OMS, 2015). Además, en ciertas áreas el polvo del aire sirve como portador de enfermedades específicas, como la coccidioidomicosis, o "fiebre del valle", en el desierto del suroeste, cuya incidencia ha aumentado en los últimos años (Komatsu et al., 2009)

El transporte y emisión de las partículas dependerá de las condiciones meteorológicas, de la estabilidad atmosférica y de su tamaño, y podría aumentarse con el cambio climático, por un incremento de la desertización disminuyendo la cubierta vegetal y incendios forestales, y por tanto aumentando la emisión y transporte por acción eólica (Duarte et al., 2006).

Las estimaciones hechas sin asumir cambios en controles reglamentarios o las características de la población han oscilado entre 1.000 a 4.300 muertes prematuras adicionales a nivel nacional por año en 2050 por los efectos sanitarios de las partículas y ozono combinados (Liao et al., 2009).

Por otro lado, el cambio climático también afectaría directamente al ciclo de emisión, transporte y depósito de los COP y cuyas emisiones podrían verse incrementadas (Jianmin y Cao, 2010). La presencia de COP en aire ambiente es importante pues su composición química les hace ser altamente tóxicos tanto para los seres humanos, como para otros organismos presentes en el medio ambiente (MSSSI, 2013)

Las poblaciones más vulnerables al aumento de los riesgos de enfermedad incluyen niños, mujeres embarazadas, personas de bajo nivel socioeconómico, las personas situadas alrededor de zonas de tráfico dentro de los centros urbanos y las personas con enfermedades cardiovasculares preexistentes y respiratoria (Portier, 2010).

Cabe decir, que a pesar de las fuertes evidencias asociadas entre una amplia gama de variables ambientales afectadas por el clima y las enfermedades respiratorias hay muchas incertidumbres entre ellas se encuentran los distintos escenarios de emisiones para el futuro, la sensibilidad y vulnerabilidad de las poblaciones y las posibles interacciones entre los distintos fenómenos como la temperatura y los niveles de ozono (Beniston, 2002).

Enfermedades de transmisión vectorial

El clima es uno de los varios factores que influyen en la distribución de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, tales como el paludismo, leishmaniasis, dengue, virus del Nilo occidental, fiebre amarilla, fiebre del Valle del Rift, virus Toscana, enfermedades transmitidas por garrapatas: borreliosis de Lyme, fiebre hemorrágica de Cremona-Congo, fiebre botonosa mediterránea, etc.

La aparición de enfermedades transmitidas por vectores es generalizada, que van desde las zonas tropicales y subtropicales a las zonas de clima templado. Con pocas excepciones, no se producen en los climas fríos del mundo, y están ausentes por encima de ciertas altitudes, incluso en las zonas de montaña de la zona tropical y ecuatorial (Hansen et al. 2005).

La temperatura es un factor crítico que afecta al crecimiento y supervivencia (Rose et al., 2001; McMichael et al., 2003), y la capacidad vectorial, modifica el período de incubación extrínseca del patógeno en el vector y cambia la actividad estacional del vector y el patrón de la transmisión estacional (MSSSI, 2013). La velocidad de desarrollo aumenta conforme aumenta la temperatura, a partir de un umbral mínimo de desarrollo y hasta un límite superior. Sin embargo, una elevada fracción de la tasa de mortalidad está producida por unas pérdidas de agua desequilibradas. En un entorno en el que la temperatura aumenta sin llegar al máximo tolerable, y el contenido de agua en el aire no disminuye, se puede afirmar que existirán más vectores (por el mayor desarrollo) y que incluso es posible que existan más generaciones al año (MSSSI, 2013).

La temperatura también calienta el agua de modo que, al aumentar la temperatura del agua, las larvas de los mosquitos tardan menos tiempo en madurar y, en consecuencia, se aumenta el número de crías durante la estación de transmisión. También se acorta el período de metamorfosis huevo-adulto, reduciéndose el tamaño de las larvas y generándose adultos en un tiempo más corto, pero éstos son más pequeños,

por lo que las hembras tienen que tomar sangre con más frecuencia para llegar a poner huevos, lo que resulta en un aumento de la tasa de inoculación (MSSSI, 2013).

Cambios en el régimen de lluvias podrían influir en el transporte y diseminación de los agentes infecciosos (Rose et al., 2001; McMichael et al., 2008). Un aumento de precipitaciones podría incrementar el número y la calidad de las zonas en las que crían los mosquitos, así como la densidad de cierta vegetación que les es propicia para su desarrollo y reproducción. Aunque también un exceso de lluvia o nieve puede eliminar hábitad y producir el efecto contrario. Las sequías en lugares húmedos ralentizarían los cursos de los ríos, creándose remansos que aumentarían los sitios de cría y, además propiciarían una mayor deshidratación del vector, lo que le obligaría a alimentarse más frecuentemente. En otras palabras, podría aumentar el número de picaduras (MSSSI, 2013), pero también la disminución de la humedad disminuye la supervivencia del vector.

Un ejemplo muy conocido que relaciona la variabilidad climática con el aumento del riesgo de ciertas enfermedades transmitidas por mosquitos es el fenómeno El Niño.

Durante el fenómeno de El Niño aumentan en un 30% los casos de paludismo en Venezuela y Colombia, los casos se multiplican por cuatro en Sri Lanka y aparecen en el norte de Pakistán. Se han registrado incrementos de la incidencia de dengue en las islas del Pacífico, sureste de Asia y Sudamérica. También aumenta la incidencia de la encefalitis del Valle de Murray y de la enfermedad por el virus del río Ross en Australia, así como los casos de fiebre del Valle del Rift en África del este (Kovats 2000; Kovats et

al., 2003a). La incidencia de leishmaniasis visceral aumentó en un 39% y 33% en 1989 y 1995 respectivamente tras las oscilaciones climáticas de El Niño en el estado de Bahía en Brasil (Franke et al., 2002).

Las condiciones climáticas locales, especialmente la temperatura y la humedad, son factores determinantes para el establecimiento y la reproducción del mosquito *Anopheles*, responsable de la transmisión de la malaria. La tasa de infección de la malaria es una función exponencial de la temperatura (Conti et al., 2005), pequeños aumentos de temperatura pueden dar lugar a una fuerte reducción en el número de días de incubación (Beniston, 2002). El IPCC en 1997 publicó mapas de los aumentos en la tasa de incidencia de la malaria en África, como se indica en la figura 20, para un escenario de calentamiento de 1 °C (figura 12). Se ve que las regiones con el mayor incremento en la tasa de infección son aquellas que se encuentran por encima de 1.000 m (tal como figura en el mapa de inserción). En estas regiones altas, incluso un modesto aumento de la temperatura puede conducir a una propagación de la enfermedad en regiones hasta ahora libres de la enfermedad (Beniston, 2002). La escala gris indica el avance del vector en las regiones que actualmente son libres de malaria. Estas son esencialmente las regiones altas de África superiores a 1000 m; tenga en cuenta que la propagación de la malaria es probable que ocurra debido a que estas zonas de montaña serán cada vez más hospitalarias para el mosquito *Anopheles* porque el clima se calienta (IPCC, 1997).

Durante el siglo XX, la malaria fue erradicada de muchas zonas templadas, incluyendo el conjunto de la UE. Con el cambio climático global, existe la posibilidad de la reaparición de la malaria en los países donde se erradicó anteriormente, pero es relativamente pequeño. No obstante, en una evaluación llevada a cabo por la OMS teniendo en cuenta sólo algunas de las posibles repercusiones sanitarias, se concluyó que según las previsiones, el cambio climático causará anualmente defunciones por 60.000 por paludismo (OMS, 2015).

Otro de los mosquitos muy sensibles al cambio climático son los mosquitos del género *Aedes*, vector del dengue. La enfermedad está muy extendida en los trópicos, con variaciones locales en el riesgo que dependen en gran medida de las precipitaciones, la temperatura y la urbanización rápida sin planificar. Los estudios al respecto llevan a pensar que el cambio climático podría exponer a 2000 millones de personas más a la transmisión del dengue en la próxima década de los ochenta (Hales, 2002). Según las estimaciones, en la última década ha aumentado enormemente la incidencia en el mundo.

En las últimas décadas ha aumentado enormemente la incidencia de dengue en el mundo. Según una estimación reciente de Bhatt et al. 2013, se producen 390 millones de infecciones por dengue cada año (intervalo creíble del 95%: 284 a 528 millones), de los cuales 96 millones (67 a 136 millones) se

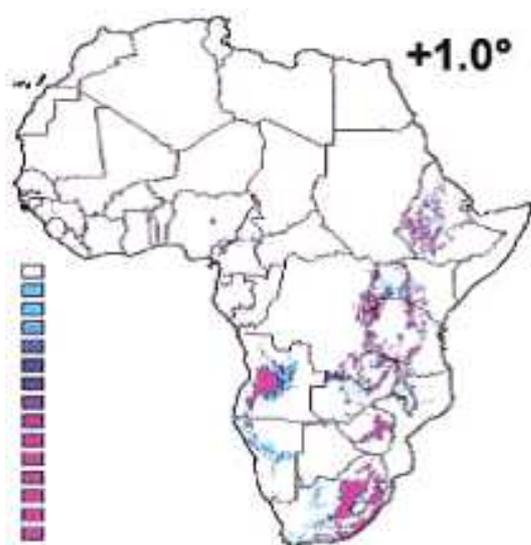


Figura 12. Los cambios en la tasa de incidencia de la malaria en África, después de un aumento de 1 °C temperatura media modesta. Tomada de IPCC, 1997.

manifiestan clínicamente (cualquiera que sea la gravedad de la enfermedad)”.

En cuanto a las enfermedades transmitidas por garrapatas, decir que el impacto del cambio climático depende de las especies que se consideren y de los patógenos que puedan transmitir. Las condiciones climáticas son muy importantes para las garrapatas, pues su vida media depende entre otras cosas de ellas, pudiendo exceder incluso los 3 años. Siguiendo la tendencia hacia temperaturas más templadas y entornos más secos, previstas por los diferentes escenarios de clima futuro, algunas especies podrían ver dismi-

ectores que puedan afectar a los un número creciente de personas, sobre todo en la zona tropical.

Incendios

El aumento de las temperaturas junto con los largos periodos de sequias dar lugar a condiciones muy secas lo que aumenta la probabilidad de incendio en algunas zonas. Los componentes del fuego como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos volátiles, etc., afectan significativamente a la calidad del aire así como a la contaminación

Enfermedad	Condiciones ambientales	Personas en riesgo para 2050 (millones)
Malaria	Dependencia de la temperatura, humedad y disponibilidad del agua.	2.200
Dengue y fiebre hemorrágica	Dependencia de la temperatura y la humedad.	2500
Esquistosomiasis	La reproducción del caracol y crecimiento dependen de la de la temperatura.	600
Trypanosomiasis Africana(Enfermedad del sueño)	El rango de reproducción de la mosca tsetse depende de la temperatura.	55
Typanosomiasis Americana (Enfermedad de chagas)	El rango de reproducción de los insectos triatominos.	100
Leishmaniasis	El rango de reproducción del mosquito flebotomo depende de la temperatura y humedad.	350
Onchocerciasis (Ceguera de los ríos)	El rango de reproducción depende de la mosca negra depende de la disponibilidad de agua.	120

Figura 13. Posible impacto del cambio climático sobre enfermedades transmitidas por vectores. Tomada de Beniston, 2002.

nuida la extensión de su hábitat idóneo en España, mientras que otras podrían medrar considerablemente (MSSSI, 2013). Es muy ilustrativo también conocer lo ocurrido en California durante el verano de 1984: coincidiendo con un exceso de lluvias y de temperaturas más altas en el invierno, durante los meses de enero-febrero, al que siguió una sequía y altas temperaturas (que alcanzaron los 30°C) en julio, se produjo un brote de encefalitis de San Luis asociado a una proliferación de mosquitos del género *Culex* (Monath y Tsai, 1987).

La proximidad de nuestro país a zonas donde hay transmisión de enfermedades vectoriales y el movimiento de personas, animales y mercancías en un mundo globalizado hacen que España sea un país donde el riesgo de este tipo de enfermedades podría verse incrementado (Lopez-Velez, 2005; IPCC, 2001). Por otro lado, la persistencia de leishmaniasis en el sur de Europa, incluido nuestro país, hacen probable una extensión hacia el norte del continente (López-Vélez, 2005).

En la figura 13 se resume algunos de los posibles impactos del cambio climático sobre una serie de otras enfermedades importantes transmitidas por

ambiental y por tanto están asociados a efectos nocivos sobre la salud. La exposición al humo aumenta hospitalizaciones por afecciones cardiovasculares, dispensaciones de medicamentos para el asma, la bronquitis, dolor de pecho, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), infecciones respiratorias, visitas médicas y visitas a urgencias por enfermedades pulmonares (Elliott et al., 2013).

Los incendios forestales, que se prevé que aumente en algunas regiones debido al cambio climático, tienen impactos en la salud que puede extenderse a cientos de millas. Ejemplo de ello, los incendios forestales en Quebec (Canadá), durante el mes de julio de 2002 que produjo hasta un aumento de 30 veces en las concentraciones de partículas finas aerotransportados en Baltimore y Maryland. Estas partículas finas, que son extremadamente perjudiciales para la salud humana, no sólo afectan a la calidad del aire en el exterior, sino que también penetran en el interior, aumentando los efectos de los incendios sobre la salud (Sapkota et al., 2005). El total de muertes en el mundo de los efectos del humo del paisaje se han estimado en 260.000 a 600.000 anual-

mente entre los años 1997 y 2006 (Johnston et al., 2012).

Seguridad alimentaria

Los fenómenos meteorológicos extremos y los cambios en los patrones de temperatura y precipitación, puede influir en la seguridad alimentaria. Un estudio relévelo que, cada aumento de grado centígrado en la temperatura, aumenta entre un 2,5-6% el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos, dependiendo por supuesto del tipo de enfermedad (Portier et al., 2010).

El aumento de las temperaturas se asocia con una mayor incidencia de gastroenteritis de origen alimentario. Varias especies de *Vibrio* son sensibles a los cambios en la temperatura del océano, como por ejemplo *Vibrio parahaemolyticus*, que infecta ostras y es la principal causa de gastroenteritis asociada a *Vibrio* en los Estados Unidos (US Food and Drug Administration, 2005). También las temperaturas afectan a otras enfermedades como campilobacteriosis y salmonelosis. Por su parte la sequía, se ha demostrado que estimula plagas de los cultivos, tales como pulgones, langostas y moscas blancas, así como la difusión del hongo *Aspergillus flavus* que produce aflatoxina, una sustancia que puede contribuir al desarrollo de cáncer de hígado en personas que comen maíz y frutos secos contaminados (Portier et al., 2010).

Además, existe cierta preocupación de que el cambio climático aumente el pudrimiento, las plagas y malezas, que llevará a la necesidad de un mayor uso de químicos tóxicos, herbicidas, fungicidas e insecticidas, que a largo plazo será un peligro para los consumidores, especialmente para los niños (Portier et al., 2006)

Por último, aunque no relacionada con la seguridad alimentaria pero si con la falta de alimentos, destacamos que cambios en los patrones de temperatura y precipitación también pueden afectar a la agricultura, pues esta es muy sensible la clima. En conjunto, el aumento de las temperaturas y la variabilidad de las lluvias reducirán probablemente la producción de alimentos básicos en muchas de las regiones más pobres. Ello aumentará la prevalencia de malnutrición y desnutrición, que actualmente causan 3,1 millones de defunciones cada año (OMS, 2015).

Enfermedades mentales

Las enfermedades mentales son una de las causas de gran sufrimiento en todo el mundo, y los impactos extremos relacionados con el cambio climático pueden afectar a la salud mental de diferentes maneras.

En primer lugar, después de los desastres naturales, los problemas de salud mental aumentan, tanto en las personas con antecedentes de enfermedad mental, como en aquellos en riesgo - un fenómeno conocido

como *reacciones comunes a eventos anormales*. Estas reacciones pueden ser de corta duración o, en algunos casos, de larga duración (Mills et al., 2007). Una investigación realizada tras el Huracán Katrina, mostró altos niveles de ansiedad y el trastorno de estrés post-traumático entre las personas afectadas por el Huracán Katrina (Kessler et al., 2008). La exposición intensa a fenómenos estresantes son también una preocupación, con resultado como parto prematuro, bajo peso al nacer, y complicaciones maternas (Harville et al., 2009).

En segundo lugar, las personas con enfermedades mentales, son más susceptibles al calor, estudios revelan un aumento de las tasa de suicidio con las altas temperaturas, lo que sugiere posibles impactos del cambio climático sobre la depresión y otras enfermedades mentales, como la esquizofrenia (Stöllberger et al., 2009). La demencia es un factor de riesgo de hospitalización y muerte durante las olas de calor (Hanse et al., 2008; Basu and Samet, 2009).

Cáncer

Un posible efecto directo del cambio climático sobre el cáncer puede ser a través de aumentos en la exposición a sustancias químicas tóxicas que se conocen o se sospecha de causar cáncer después de las fuertes lluvias y por aumento de la volatilización de los productos químicos en condiciones de aumento la temperatura (Portier et al., 2010).

Otro efecto directo del cambio climático y el agotamiento del ozono estratosférico, se traducirá en un aumento de la exposición a la radiación ultravioleta (UV), la cual aumenta el riesgo de cáncer de piel y cataratas (Tucker, 2009). La incidencia de células basales típicamente no letal y los cánceres de piel de células escamosas se correlaciona directamente con la cantidad de exposición a la radiación UV. Este efecto se ve agravado por otras variables como la temperatura y la exposición a otros compuestos que pueden amplificar el potencial carcinogénico de radiación UV (Burke et al., 2009).

Aunque los mecanismos exactos de cáncer en seres humanos y animales no se conocen para todos los tipos de cáncer, los factores en el desarrollo del cáncer incluyen patógenos, contaminantes ambientales, la edad y la genética. Teniendo en cuenta los desafíos de la comprensión de las causas del cáncer, los vínculos entre el cambio climático y el cáncer son una mezcla de hechos y suposiciones, y se necesita investigación para llenar los vacíos de lo que sabemos (Portier et al., 2010).

VULNERABILIDAD GENERAL AL CAMBIO CLIMÁTICO

La vulnerabilidad global de los efectos del cambio climático sobre la salud depende en gran medida de una serie de condiciones frente a las agresiones ambientales. Son muy importantes los estudios vulnera-

Personas con peor salud: los que padecen enfermedades cardiovasculares, respiratorias o renales son más vulnerables a los efectos directos de las olas de calor o de la contaminación atmosférica; aquellos individuos con inmunidad comprometida pueden sufrir más en situaciones de temperaturas extremas o pueden contraer enfermedades infecciosas.
Los ancianos corren más riesgo de padecer enfermedades infecciosas, efectos causados por temperaturas extremas y presentan, en general, peores condiciones físicas o, incluso, menor capacidad de adaptación o respuesta.
Los niños 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 diarreas, enfermedades ligadas a vectores y efectos directos del calor y de 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 calurosas, se posee menos información para evitar exposiciones a situaciones extremas.

Figura 14. Grupo de personas con mayor vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. Tomada de Beniston, 2002.

bilidad para el establecimiento de medidas de adaptación y mitigación, con el fin de reducir los impactos y mejorar calidad de vida de la población.

ACUERDO DE PARÍS 2015

El 12 de diciembre de 2015 fue publicado el texto del Acuerdo de París, un acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que consta de 29 artículos y establece las medidas para la reducción de las emisiones de dióxido de carbono. El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático o COP21 celebrada entre el 30 de noviembre y 11 de diciembre, en la que participaron los representantes de 195 países (Naciones Unidas, 2015).

No entrará en vigor definitivamente hasta el trigésimo día contado desde la fecha en que no menos de 55 Partes en la Convención, cuyas emisiones estimadas representen globalmente un 55% del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión (Naciones Unidas, 2015). Está estimado que se produzca con el tiempo suficiente para que el Acuerdo de París empiece a ser plenamente cumplido y de forma vinculante en 2020.

El presente acuerdo tiene por objeto reforzar la respuesta al cambio climático por lo que se pretende mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, siguiendo con el esfuerzo para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, considerando que ello reducirá los riesgos y los efectos del cambio climático (Naciones Unidas, 2015).

Para ello las partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que los países en desarrollo tardarán más en lograrlo, y a partir de ese momento reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Debe alcanzarse por tanto, un equilibrio entre las emisiones antropogénicas y la absorción por parte de los sumideros en la segunda mitad del siglo (Naciones Unidas 2015).

Otros objetivos serían aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; y elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2015).

Se reconoce también un principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales (Naciones Unidas, 2015), es decir, que cada Estado Parte se compromete a hacer todo lo posible por lograr los objetivos pactados, pero siempre dentro de sus posibilidades particulares (García García, 2016).

Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones (Naciones Unidas, 2015). Se comprometen a hacerlo de la forma más ambiciosa que a cada una le sea posible teniendo en cuenta sus circunstancias concretas, y deben hacerlo además, tomando en consideración las preocupaciones de aquellas Partes cuyas economías se vean más afectadas por las repercusiones de las medidas de respuesta, particularmente de las que sean países en desarrollo (García García, 2016).

Estas contribuciones serán revisadas cada cinco años, atendiendo al balance mundial vigente en cada momento. Una meta prevista a lo largo de todo el texto articulado es la colaboración entre las Partes, especialmente entre aquellas que son países desarrollados con los que aún están en vías de desarrollo (García García, 2016).

CONCLUSIONES

El cambio climático se rige por una gran complejidad y contrariedad, siendo difícil saber si los cambios son producidos por el ser humano, si seguirá

la temperatura incrementándose, o si los efectos sobre la salud serán tan catastróficos como se pronostican. Existen numerosas incertidumbres considerables que pueden que nos escondan un futuro mejor o peor de lo que se piensa, por lo que hay que ser cuidadosos e explícitos cuando se trata el tema del cambio climático.

Aunque no hay certeza total de las consecuencias, el consenso científico considera que el peligro es real y en general el pronóstico no es favorable, por lo que es importante la toma de decisiones de medidas de adaptación y mitigación, con el objetivo de paliar estos efectos negativos, tanto si está en nuestras manos como si no, todas las reducciones de gases efecto invernadero serán beneficiarias para nuestro planeta. La iniciativa ciudadana y la participación son cada vez más importantes y se busca un compromiso de las generaciones futuras. Hay que tener siempre en cuenta que los efectos sobre el clima no afectan a todas las personas por igual, siendo los más vulnerables los que necesitarían una mayor ayuda, por lo que serán muy imprescindibles las evaluaciones de los posibles impactos del cambio climático a nivel internacional para investigaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few R., Matthies F. (2005). Global health impacts of floods: Epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews*, 27, 36-46.
- Alberdi, J. C., Díaz, J. (1997). Modelización de la mortalidad diaria en la Comunidad Autónoma de Madrid (1986-1991). *Gaceta Sanitaria*, 11, 9-15.
- Analitis, A., Katsouyanni, K., Biggeri, A., Baccini, M., Forsberg, B., Bisanti, L. et al. (2008). Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *American Journal Epidemiology*. 168(12),1397-1408. doi: 10.1093/aje/kwn266
- Baccini, M., Kosatsky, T., Analitis, A., Anderson, H. R., D'Ovidio, M., Menne, B., et al. (2011). Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *Journal Epidemiology Community Health*, 65, 64-70. doi: 10.1136/jech.2008.085639.
- Ballester, F., Corella, D., Pérez-Hoyos, S., Sáez, M., Hervás, A. (1997). Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain 1991-1993. *International Journal of Epidemiology*, 155, 80-87.
- Ballester, F., Díaz, J., Moreno, J. M. (2006). Cambio climático y salud pública: escenarios después de la entrada en vigor del protocolo de Kioto. *Gaceta Sanitaria*, 20 (sup. 1), 160-174.
- Basu, R., Samet, J. M. (2002): Relation between elevated ambient temperature and mortality: A review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews*, 24, 190-202. doi: 10.1093/epirev/mxf007
- Beniston, B. (2002). Climatic change: possible impacts on human health. *Swiss Medical Weekly*, 132, 332-337.
- Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A.W., Moyes, C. L., et al. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 496 (7446): 504-507. doi: 10.1038/nature12060
- Bouma, M. J., Dye, C. (1997). Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela. *Journal of the American Medical Association*. 278 (21), 1772-1774.
- Braga, A. I., Zanobetti, A., Schwartz, J. (2001). The time course of weather-related deaths. *Epidemiology*, 12, 662-667.
- Burke, K. E., Wei, H. (2009). Synergistic damage by UVA radiation and pollutants. *Toxicology and Industrial Health*. 25 (4-5), 219-24. doi: 10.1177/0748233709106067.
- Cassassa, G., et al. (2007). *Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Castro-Acuña, S., Gutiérrez, A., Picatoste J. R. (2011). Cambio climático: aspectos económicos e internacionales. *Revista Comercial de España*. 862, 81-95.
- Conti, S., Meli, P., Minelli, G. (2005). Epidemiologic study of mortality during summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental Research*, 98, 380-389. doi:10.1016/j.envres.2004.10.009
- Collins, W., Colman, R., Haywood, J., Martin, R., Mote, P.W. (2007). Fundamento físico del cambio climático. *Investigación y ciencia*. (373), 11-20.
- Curriero, F.C., Heiner, K.S., Samet, J.M., Zeger, S.L., Strug, L., Patz, J.A. (2002) Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern of the United States. *American Journal of Epidemiology*, 155, 80-87. doi: 10.1093/aje/155.1.8
- D'Amato, A. W., Palik, B. J., Kern, C. C. (2010). Growth, yield, and structure of extended rotation Pinus resinosa stands in Minnesota, USA. *Canadian Journal of Forest Research*. 40, 1000-1010.
- Dessai S. (2003). Heat stress and mortality in Lisbon. Part II: an assessment of the potential impacts of climate change. *International Journal Biometeorol*, 48, 37-44.
- Díaz, J., García-Herrera, R., Prieto, L., Tobías, A., López, C. (2005). Mortality impact os extreme Winter temperatures. *International Journal Epidemiology*, 49, 179-183. doi:10.1007/s00484-004-0224-4
- Díaz, J., García-Herrera, R., Trigo, R. M., Linares, C., Valent, M. A., De Migue, J. M., Hernández, E. (2006). The impact of the summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it?. *International Journal of Biometeorology*, 50 (3), 159-66. doi: 10.1007/s00484-005-0005-8
- Díaz, J., Linares, C. (2007). Resumen ejecutivo cambio climático: temperaturas extremas y salud. Recuperado de <http://www.msc.es/ciudadanos/>

- saludAmbLaboral/docs/cambioClimaticoTemperaturasExtremasSalud.pdf.
- Díaz, J., Linares Gil, C., García Herrera, R. (2005). Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 2.
- D'Amato, A. W., Palik, B. J., Kern, C. C. (2010). Growth, yield, and structure of extended rotation *Pinus resinosa* stands in Minnesota, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 40, 1000-1010.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., et al. (2006). Cambio global: impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra. Recuperado de <http://www.csic.es/>.
- Elliott, C., Henderson, S., Wan, V. (2013). Time series analysis of fine particulate matter and asthma reliever dispensations in populations affected by forest fires. *Environmental Health*, 12, 11. doi:10.1186/1476-069X-12-11
- Environmental Protection Agency (EPA). (2015). Causes of Climate Change. <http://www3.epa.gov/climatechange/science/causes.html>
- Epstein P. R., Díaz, H. F., Elias, S. (1998). Biological and physical signs of climate change. Focus on mosquito-borne diseases. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 410-470.
- Fisk, W. J., Lei-Gomez, Q., Mendell, M. J. (2007). Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air*, 17, 284-296. doi: 10.1111/j.1600-0668.2007.00475.x
- García García S. (2016). París 2015: La Convención que pasará a la historia por motivos propios y ajenos al Medio Ambiente. Recuperado de: <http://www.actualidadjuridicaambiental.com/actualidad-al-dia-paris-convencion-marco-sobre-el-cambio-climatico/>
- Gerlach, T. M., McGee, K. A., Elias, T., Sutton, A. J., Doukas, M. P. (2002). Carbon dioxide emission rate of Kīlauea Volcano: Implications for primary magma and the summit reservoir. *Journal of Geophysical Research*. 107 (B9), 3-15. doi: 10.1029/2001JB000407
- Hansen, J., Nazarenko, L., Ruedy, R., Sato, M., Willis, J., Del Genio, A., et al. (2005). Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications. *Science*, 308, 1431-1435.
- Hansen, A., Bi P., Nitschke, M., Ryan, P., Pisaniello, D., Tucker, G. (2008). The effect of heat waves on mental health in a temperate Australian city. *Environmental Health Perspectives*, 116, 1369-1375. doi: 10.1289/ehp.11339
- Harville, E. W., Xiong, X., Buekens, P. (2009). Hurricane Katrina and perinatal health. *Birth*, 36, 325-331. doi: 10.1111/j.1523-536X.2009.00360.x
- Hurley, F., Hunt, A., Cowie, H., et al. (2005). Methodology for the cost benefit analysis for CAFÉ: Volume 2: Health Impact Assessment. AEA Technology Environment for the European Commission DG Environment.
- Ibrahim, M.H., Jaafar, H. Z. E. (2012). Impact of elevated carbon dioxide on primary, secondary metabolites and antioxidant responses of *Eleais guineensis* Jacq. (oil palm) seedlings. *Molecules*, 17, 5195-5211. doi: 10.3390/molecules17055195
- Iniesta, N., Ríos, J. J., Fernández, M. C. Barbado, F. J. (2009). Cambio Climático ¿Nuevas enfermedades para un nuevo clima?. *Revista Clínica España*. 209 (5), 234-240. doi: 10.1016/S0014-2565(09)71240-8
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (IPCC).(1997).The regional impacts of climate change. En Watson, R., Zinyowera, M., Moss, H. (eds). Cambridge University Press, UK. pp 517.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). Climate Change 2001. En Houghton, J.T, Ding, J., Griggs, D. J., Noguer, M., Van der Linden, P. J., Xiaosu, D. (eds.), The Scientific Basis. Cambridge University Press:Cambridge.
- Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). (2007). 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. Ginebra, Suiza.
- Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis.Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En Stocker, T. F., Qin, D. ,Plattner ,G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (eds.) . Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jianmin, M. A., Cao, Z. (2010). Quantifying the perturbations of persistent organic pollutants induced by climate change. *Environmental Science and Technology*, 44, 8567-8573. doi: 10.1021/es101771g
- Johnston, F., Henderson S., Chen, Y., Randerson, J., Marlier, M., DeFries, S., Kinney, P., Bowman, D. M. J. S., Brauer, M. (2012). Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environmental Health Perspectives*, 120, 695-701. doi:10.1289/ehp.1104422
- Jones, P., New, M., Parker, D., Martin, S., Rigor I. (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 37, 173-99.
- Kessler, R. C., Galea, S., Gruber, M. J., Sampson, N. A., Ursano, R. J., Wessely, S. (2008). Trends in mental illness and suicidality after Hurricane Katrina. *Molecular Psychiatry*, 13, 374-384.
- Komatsu, K., et al. (2003). Increase in coccidioidomycosis - Arizona, 1998-2000. *Journal of the American Medical Association*. 289(12), 1500-1502.

- Kovats, R. S. (2000). El Niño and human health. *Bull World Health Organ* ,78,1127-1135.
- Kovats, R., Bouma, M., Hajat, S., Worrall, E., Haines, A. (2003). El Niño and health. *Lancet*,362,1481-1489.
- Kreyling, W. G., Semmler-Behnke, M., Moller, W. (2006). Ultrafine particle-lung interactions: does size matter?. *Journal Aerosol Medicine* .19 (1), 74-83.
- López-Vélez, R. (2005). Cambio climático en España y riesgo por enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Revista España Salud Pública*, 79, 177-90.
- Luber, G., Knowlton, K., Balbus J., Frumkin, H., Hayden, M., Hess, J. et al. (2014). Ch. 9: Human health. Melillo, M., Terese, T. C., Richmond, G., Yohe, W. *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, J. (220-256) U.S. Global Change Research Program.
- Mann, M., Bradley, R., Hughes, M. (1998). Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, 779-787.
- Martinez, F., Simon-Soria, F., Lopez-Abente, G. (2004). Valoración del impacto de la ola de calor de 2003 sobre la mortalidad. *Gaceta Sanitaria*, 18, 250-258.
- McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N. (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. New York: Cambridge University Press.
- McMichael, A. J. (ed). (2003). *Climate change and health: risks and responses*. Geneva: World Health Organization.
- McMichael, A. J., Wilkinson, P., Kovats, S. R., Pattenden, S., Hajat, S. H., Armstrong, B. et al. (2008). International study of temperature, heat and urban mortality: the ISOTHURM Project. *International Journal of Epidemiology* ,37,1121-1131. doi: 10.1289/ehp.1103456
- Medina-Ramón, M., Schwartz, J. (2007). Temperature, temperature extremes, and mortality: A study of acclimatisation and effect modification in 50 US cities. *Occupational and Environmental Medicine*, 64, 827-833. doi: 10.1136/oem.2007.033175
- Mills, M., Edmondson, D., Park C. (2007). Trauma and stress response among Hurricane Katrina evacuees. *American Journal of Public Health*, 97, S116-S123. doi: 10.2105/AJPH.2006.086678
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2013). Impactos del cambio climático sobre la salud. En Alonso Capilla, M., Vasquez Torres, M.(eds.). Recuperado de: http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/CCResumen_ESP.pdf
- Moghaddam, S., Jaafar, H., Aziz, M., Ibrahim, R., Rahmat, A., Philip, E. (2011). Flavonoid and leaf gas exchange responses of *Centella asiatica* to acute gamma irradiation and carbon dioxide enrichment under controlled environment conditions. *Molecules*, 16, 8930-8944. doi: 10.3390/molecules16118930
- Monath, T. P., Tsai, T. (1987). División of Vector-Borne Viral Diseases, Centers for Disease Control, Fort Collins, Colorado 80522. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 37 (Sup.3), 40S-59S.
- Montero, J., Mirón, I., Díaz, J. (1997). Influencia de las variables atmosféricas sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en mayores de 65 años en la Comunidad de Madrid. *Gaceta Sanitaria*, 11, 164-170.
- Naciones Unidas (2015). Convención Marco sobre el cambio climático. Recuperado de http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10_9s.pdf
- Martin-Latry, K., Goumy, M. P., Latry, P., Gabinski, C., Bégaud, B., Faure, I., Verdoux, H. (2007). Psychotropic drugs use and risk of heat-related hospitalisation. *European Psychiatry*, 22, 335-338. doi: 10.1056/NEJMra011089
- OMS. (2015). Cambio climático y salud. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/>
- OMS. (2015). El dengue y dengue grave. Recuperado de 2015 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/>
- OMS. (2014). Agua. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- Pan, W. H., Li, T. A., Tsai, M. J. (1995). Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese. *Lancet*, 345, 353-355. doi:10.1016/S0140-6736(95)90341-0
- Penner, J., Hegg, D., Leitch, R. (2001). Unraveling the role of aerosols in climate change. *Environmental Science & Technology*, 35, 332-340. doi: 10.1021/es0124414
- Pérez López, J. A., Espigares García, M. (1993). *Agujero de ozono y efecto invernadero: influencia en la salud y medio ambiente*. Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Pirard, P. (2003). *Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented*. *Enfermedades Emergentes*, 5, 145-146.
- Ledrans, M., Pirard, P., Tillaut, H., Pascal, M., Vandentorren, S., Suzan, F., et al. (2004). The heat wave of August 2003: what happened? *Rev Prat*, 54, 1289-1297.
- Portier, C. J., Thigpen Tart, K., Carter, S. R., Dilworth, C. H., Grambsch, A. E., Gohlke, J. et al. (2010). *A 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. doi:10.1289/ehp.1002272

- Reid, C., Gamble, J. (2009). Aeroallergens, allergic disease, and climate change: Impacts and adaptation. *EcoHealth*, 6, 458-470. doi:10.1007/s10393-009-0261-x
- Rose, J., Epstein, P., Lipp, E., Sherman, B., Bernard, S., Patz, J.A. (2001). Climate variability and change in the United States: potential impacts on water and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environ Health Perspect*, 109 (Sup.2): 211-221.
- Rosell, A., Schmittner, A. (2012). La sensibilidad del clima al dióxido de carbono. *Investigación y ciencia*. 435,14.
- Sáez, M., Sunyer, J., Castellsagué, J., Murillo, C., Antó, M. (1995). Relationship between weather temperature and mortality: A time series analysis approach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology*, 25,576-582.
- Sant'Anna, B. S., Zangrande, C. M., Reigada A. L. D. (2005). Utilization of shells of the snail *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) by the hermit crab *Clibanarius vittatus* in the São Vicente Estuary, São Paulo, Brazil. *Investigaciones Marinas*. 33(2),217-219.
- Sapkota, A., Symons, J. M., Kleissl J., Wang, L., Parlange, M. B., Ondov, J. et al. (2005). Impact of the 2002 Canadian forest fires on particulate matter air quality in Baltimore City. *Environmental Science & Technology*, 39, 32217-219.
- Senhorst, H., Zwolsman, J. (2005). Climate change and effects on water quality: a first impression. *Water Science. Technology*, 51, 53-59.
- Stöllberger, C., Lutz, W., Finsterer J. (2009). Heat-related side-effects of neurological and non-neurological medication may increase heatwave fatalities. *European Journal of Neurology*, 16, 879-882. doi: 10.1111/j.1468-1331.2009.02581.x
- Tucker, M.A. (2009). Melanoma epidemiology. *Hematology/Oncology Clinics North America*. 23 (3),383-395. doi:10.1016/j.hoc.2009.03.010
- US Food and Drug Administration. (2005). Quantitative risk assessment on the public health impact of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in raw oysters.
- Uysal, N., Schapira, R. M. (2003). Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*. 9 (2), 144-150.
- Walsh, J., Wuebbles, D., Hayhoe, K., Kossin, J., Kunkel, K., Stephens, G., et al. (2014). Ch. 2: Our Changing Climate. En , Melillo J. M., Terese T. C., Richmond, Yohe G. W .*Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment* (19-67). U.S: Global Change Research Program.
- Wanitschek, M., Ulmer, H., Sussenbacher, A., Dorler, J., Pachinger, O., Alber, H. F. (2013). Warm winter is associated with low incidence of ST elevation myocardial infarctions and less frequent acute coronary angiographies in an alpine country. *Herz*, 38, 163-170.
- Xiong, X., Harville, E., Mattison D. R., Elkind-Hirsch, K., Pridjian, G., Buekens P. (2008). Exposure to Hurricane Katrina, post-traumatic stress disorder and birth outcomes. *The American Journal of the Medical Sciences*, 336, 111-115.