



**FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE**

**TRABAJO FIN DE GRADO
CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPLICACIONES EN LA
SALUD**

Autor: Francisco Javier Morales García

Tutor: Rosario Gavilán García

Convocatoria: Junio 2018

RESUMEN

El cambio climático plantea riesgos de calidad ambiental y la aparición de impactos en la salud pública. La adaptación y mitigación de éstos, implicará a las instituciones sanitarias. En nuestro entorno se han evaluado impactos identificados como prioritarios en su alcance, dependiente de los escenarios futuros de las emisiones que originan el cambio climático. La actualización, implementación de sistemas de alertas y medidas de actuación- atención de patologías y evaluación compromete a los profesionales sanitarios.

Un impacto serían las temperaturas extremas, particularmente olas de calor. Afectarían la morbimortalidad de la población y sería necesaria su protección, especialmente a la más sensible. Se prevén sequías y precipitaciones extremas. La calidad del agua de consumo y evitar daños humanos, siendo más recurrentes, exigirá preparación. La contaminación del aire y el cambio climático presentan abordajes simultáneos, precisándose no superar los valores límites y atendiendo a la población expuesta. Las enfermedades transmitidas por vectores favorecidos por el cambio climático, deberán seguir especial control epidemiológico.

El profesional de la salud enfrenta retos más allá de la educación para la salud, estilos de vida y concienciación, más global, interdependiente de otras ciencias y exigente de compromiso.

ABSTRACT

Climate change poses risks of environmental quality and the appearance of impacts on public health. The adjustment and mitigation of these, will involve the health institutions. In our environment, impacts identified as priority in their extent have been evaluated, depending on the future emissions scenarios, of gases that cause climate change. The updating, implementation of alert systems and action measures - care of pathologies and evaluation commits health professionals.

An impact would be extreme temperatures, particularly heat waves. They would affect the morbidity and mortality of the population and their protection would be necessary, especially the most sensitive. Droughts and extreme rainfall are expected. The quality of drinking water and avoiding human damage, being more recurrent, will require preparation. Air pollution and climate change present simultaneous approaches, not exceeding the limit values and attending to the exposed population. Diseases transmitted by vectors favored by climate change, should follow special epidemiological control.

The health professional faces challenges beyond education for health, lifestyles and awareness, more global, interdependent of other sciences and demanding of commitment.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El consenso en la comunidad científica sobre el cambio en el clima de la tierra es casi unánime. La actividad humana causa las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que explica este cambio. La salud humana se verá afectada de diversas maneras, en su mayor parte negativamente (OSCC, 2013; Mc Michael et al. 2006).

El dióxido de carbono supera actualmente las 400 ppm en la composición de la atmósfera, mientras que los niveles preindustriales se situaban en 280 ppm. Esta variación en la composición atmosférica es la principal causa del cambio de la temperatura en la superficie de la Tierra, regulada por la atmósfera al recibir la radiación solar. La atmósfera filtra la radiación de λ corta entre 0,15 ($<0,29 \mu\text{m}$ dañina para la vida) y $4 \mu\text{m}$ recibida del sol, y la de λ larga infrarroja, entre 3 y $80 \mu\text{m}$, fruto de la reflexión en la superficie, es la que la calienta de forma diatérmica. El CO_2 es parte del ciclo biogeoquímico del carbono, que ha modificado sus equilibrios a partir de las emisiones de CO_2 de origen antrópico. La variación en la temperatura origina un cambio climático y sus impactos en la biosfera afectan al ser humano. (OSCC, 2013; Mc Michael et al., 2006; Daily CO_2 , 2018; Trenberth et al. 2008).

El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) define cambio climático como “el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”, menciona que “las concentraciones atmosféricas de CO_2 , NH_4 , N_2O , sin precedente en los últimos 800000 años (ver Figura 1) son consecuencia de emisiones antropógenas”. Hay un calentamiento en superficie de $0,85^\circ\text{C}$ [0,65-1,06] entre 1880-2012, intensificado las últimas décadas (1983-2012 período más cálido en los últimos 1400 años), $0,11^\circ\text{C}$ [0,09-0,13] la superficie oceánica (75m, que absorbe de forma mayoritaria la sobre energía radiativa), se acidifica al difundir CO_2 atmosférico (30% emisiones antropógenas), elevación del nivel del mar $0,19\text{m}$ [0,17-0,21] (1901-2010) (IPCC, 2014).

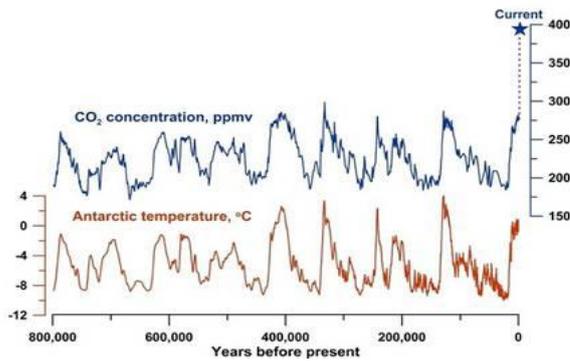


Figura 1. Modificado de Jouzel et al. (2007). Los registros en hielo antártico datan las concentraciones de CO₂ y temperatura de los últimos 800000 años, reflejando paralelismo y situando los niveles de CO₂ actuales fuera de la serie histórica.

El IPCC valora que “la emisión continua de GEI causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas”. Se acentuará esta dinámica, debido a que son emisiones acumuladas, y la magnitud de los riesgos depende de esta acumulación en los próximos decenios. (IPCC, 2014, 2013).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) a partir del IPCC, insta a los estados adheridos a desarrollar medidas en salud para minimizar los impactos del cambio climático. Pérdida de esperanza de vida, aumento de la mortalidad, aumento de costos en salud, insalubridad de aire, agua o alimentos, eventos climáticos extremos, emergencia y reemergencia de enfermedades, se estudian relacionados con estos impactos. La generación de evidencia científica en salud y cambio climático deberá afirmar estas medidas. Las emisiones futuras de GEI son el producto de complejos sistemas dinámicos, determinados por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. El estudio de los diferentes escenarios futuros (planteando diferentes interacciones de las anteriores fuerzas y consecuente progresión GEI) según trayectorias de concentración representativas (RCP, representative concentration pathways) (la irradiancia, en W/m², potencia de radiación electromagnética por unidad de superficie, como magnitud (ver Figura 2), y RCP posibles, representan el forzamiento radiativo total por emisiones antropogénicas, RCP's 2,6, 4,5, 6 y 8,5 planteados (ver Figura 3), sirve de instrumento para el análisis del cambio climático, conducido a una evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación (OSCC, 2013; IPCC, 2014, 2013).

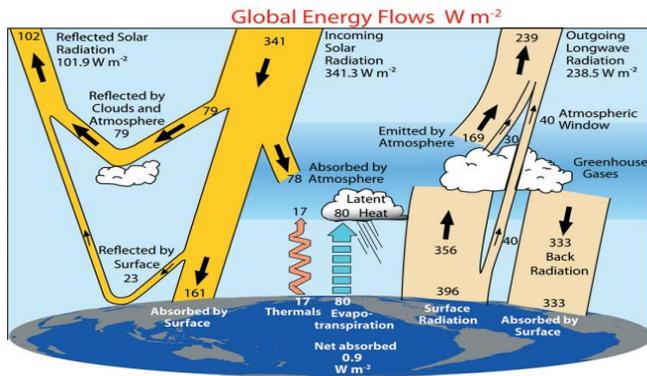


Figura 2. Modificado de Trenberth et al. (2008). La tierra recibe 494 W/m², 161 del sol y 333 de “back radiation”, efecto invernadero, influenciado por los GEI. Es mayor que la emitida, 493 W/m² (debida radiación superficial, evapotranspiración y convección). Esa diferencia, forzamiento radiativo, se estima que en el futuro sea de 2,6 W/m², 4,5 W/m², 6,0W/m² o 8,5W/m², en virtud de los escenarios de emisión proyectados.

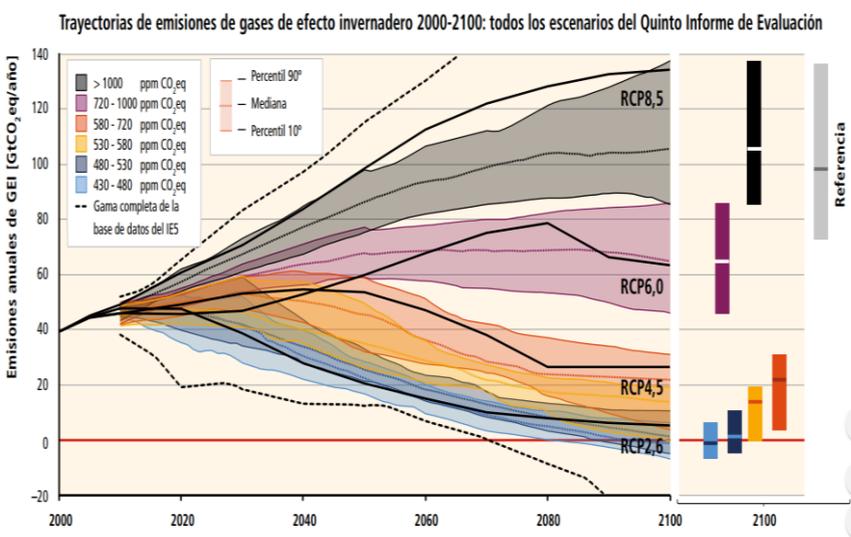


Figura 3. IPCC (2014). Las emisiones anuales GEI futuras en el S.XXI, generan expectativas en rangos de concentración ppm CO₂ eq, que determinan el forzamiento radiativo, W/m², (ver Figura 2), empleado para estimar el alcance futuro del cambio climático.

La iniciativa institucional en España crea la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), para desarrollar políticas relacionadas con el cambio climático, y en el ámbito de la salud, el Observatorio de Salud y Cambio Climático (OSCC), organismo con la misión de “contribuir al desarrollo de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en el ámbito de la salud”. Cuenta con grupos de trabajo en temperaturas extremas, calidad del agua, calidad del aire y enfermedades transmisibles. El informe de 2013 “Impactos del Cambio Climático en la Salud” actualiza el abordaje de estos temas, encaminada a la adaptación, como respuesta dirigida a minimizar los impactos, modulando su naturaleza y escala finales, o aprovechar las oportunidades (OSCC, 2013; OSCC, 2018).

En este trabajo se ha realizado una consulta bibliográfica actualizada en las previsiones en la influencia del cambio climático en eventos de temperaturas extremas, alteraciones

en la calidad del agua, calidad del aire y emergencia de enfermedades de transmisión vectorial sobre la salud en nuestro entorno, abordados por los grupos de trabajo del OSCC. Se han consultado diversos informes, del OSCC en nuestro entorno próximo, del IPCC como marco de referencia, así como artículos y libros, elaborado un estudio descriptivo. Se han realizado diversas búsquedas bibliográficas empleando palabras clave de los asuntos tratados: cambio climático, temperaturas extremas, agua, contaminación atmosférica, enfermedades.

TEMPERATURAS EXTREMAS

Estudios epidemiológicos relacionan un aumento de la morbilidad y la mortalidad, así como de demanda sanitaria, con las temperaturas extremas. Las proyecciones reflejan un incremento de las temperaturas medias del aire, significativamente en verano, una mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas y días con temperaturas extremas (ver Figura 4). La temperatura media global aumentó en $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década entre 1906 y 2005, en comparación con $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década desde 1956 hasta 2005 (IPCC). No sólo aumenta el promedio, sino la frecuencia e intensidad; ello amplía la incertidumbre de progresión futura. Estudios a nivel europeo señalan una fracción atribuible de muertes por calor del 2%, con efectos distintos según las características geoclimáticas de cada zona y mayor impacto en regiones mediterráneas; también mayor localmente en regiones del interior. En cuanto a efectos directos del cambio climático, el extremo calor, se alude como de mayor incremento de influencia entre países desarrollados (OSCC, 2013; Baccini et al., 2008; Baccini et al., 2011; Fischer et al., 2010).

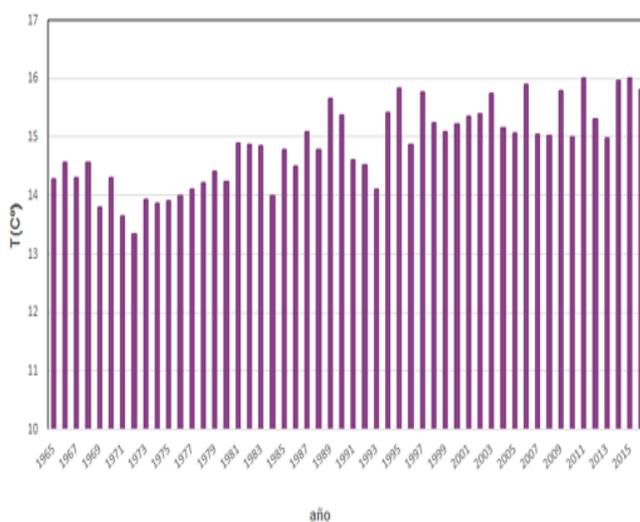


Figura 4. AEMET (2018). El año 2017, en España, es el más cálido desde el comienzo de la serie en 1965, con una temperatura media de $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Supera en $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ el valor medio anual, $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ mayor que el anterior valor más alto, año 2011. De los diez años más cálidos en España desde 1965, siete han sido años del siglo XXI y cinco de ellos pertenecen a la actual decena que comenzó en 2011 (las proyecciones estiman menores períodos de recurrencia)

La relación entre la salud y la temperatura está regulada por un complejo número de variables económicas, sociales, culturales y sanitarias, siendo ejemplo los riesgos asociados a la población envejecida y urbana. El índice de envejecimiento aumenta la sensibilidad de la población, teniendo esta una capacidad fisiológica reducida para la termorregulación. El efecto de “isla de calor”, con varias características: absorción térmica por superficies, pavimentados oscuros, calor vehículos-acondicionadores, falta de vegetación, mala ventilación o menor disipación nocturna, también incrementa el riesgo para residentes urbanos. La interacción con la contaminación atmosférica en áreas expuestas, se apunta como materia de estudio. Existirán diferencias según la adaptación de la población al rango de temperaturas al que se encuentra expuesta, variando de unos lugares a otros, con un mínimo de incidencia en el rango de temperatura habitual, con un efecto mayor a corto plazo para el calor respecto al frío. Pueden influir temperaturas altas nocturnas y alta humedad relativa (OSCC, 2013; Huang et al., 2011; Xiaofang et al., 2012; Cámara et al., 2006).

Ante eventos extremos, los mecanismos fisiológicos de termorregulación quedan desbordados (diferentes receptores temperatura en el organismo, integrados en el centro termorregulador hipotalámico, respuestas: SNA, acción sobre metabolismo basal, hormonal ADH, conductual, restablecimiento confort térmico), suponiendo un riesgo para la salud; deshidratación, insolación, agotamiento por calor que son las principales patologías directas, pueden subestimarse como diagnósticos secundarios al analizar la epidemiología de estos eventos.

La investigación de estos episodios emplea definiciones de “ola de calor” usando las series climatológicas, a fin de definir temperaturas umbrales locales (ejemplo: empleando el percentil 95 de la temperatura máxima y mínimas diarias, siendo históricas en vez de diarias en áreas de clima suave, marítimas principalmente). La definición de temperaturas umbrales locales permite asignar niveles de alerta de riesgo para la salud, agravados en virtud de persistencia, modificados en planes locales específicos. La adaptación, se hará priorizando los grupos de población más sensibles, enfermos crónicos, ancianos u ocupaciones de riesgo. La planificación y actuación, con ayuda de regulación pública, mediante sistemas de alerta locales con umbrales realistas con provisión de información meteorológica, información a la población sobre medidas básicas (también comportamientos, uso de aire acondicionado, mejora de la situación socioeconómica, habituación); también la formación y adecuación de los servicios

sanitarios. La evaluación de los efectos en la salud mediante indicadores que los relacionen con la temperatura así como detección de cambios. En conjunto podrían mitigar los efectos de las temperaturas extremas (OSCC, 2013).

CALIDAD DEL AGUA

Las previsiones apuntan a que las alteraciones del ciclo hidrológico a nivel global y regional tenderán a acentuarse a lo largo de este siglo a consecuencia del cambio climático. El agua de consumo se define como “salubre y limpia que no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia en cantidad o concentración que suponga riesgo para la salud”. La relación con las variaciones del ciclo hidrológico producto del cambio climático y las situaciones de estrés de los recursos hídricos son objeto de estudio del OSCC. Los cambios de las precipitaciones y la temperatura inducen cambios en la escorrentía y la calidad del agua (OSCC, 2013).

En regiones secas de latitudes medias las proyecciones prevén una disminución de la escorrentía entre un 10 y un 30%, por la disminución de las lluvias y unas tasas de evapotranspiración más altas. Aumentará la extensión de las áreas afectadas por sequías y la frecuencia y duración de episodios de sequía extrema (a partir de escenarios de emisión GEI: reducción 15-25%). También se incrementarán el número de días de precipitación intensa, incluso en las regiones en las que las proyecciones de precipitación total decrecerán. Esto supone un mayor riesgo de crecidas, y se afectarían las zonas costeras con una mayor erosión por efecto del aumento del nivel del mar. Los períodos de retorno, intervalos de recurrencia entre la ocurrencia de un evento climatológico igual o mayor en magnitud, disminuirán. Aumentará la probabilidad de floraciones de cianobacterias, que presentan como riesgo una capacidad tóxica, por aumento de las temperaturas del agua. Como posible impacto para la salud, la menor disponibilidad se relaciona con la carga de enfermedades diarreicas. Los extremos de precipitación con brotes de enfermedades de transmisión hídrica. Como efecto de la temperatura del agua, la contaminación microbiológica e incidencia de enfermedades diarreicas (OSCC, 2013; Iglesias et al., 2015).

Las sequías, el aumento de la temperatura del agua, las crecidas e inundaciones tienen efectos sobre la calidad del agua y su contaminación (expansión de vectores, carga patógena, contaminación química-introducción en la cadena alimentaria) y la salud de la

población. El cambio en la calidad tiene efectos en su tratamiento, con empeoramiento en el proceso de coagulación y floculación, precisándose medidas correctoras en el tipo y dosis de coagulantes, floculantes, oxidantes y desinfectantes, implantando tratamientos adicionales (pre-cloración/ozonización) o estableciendo controles suplementarios (ver Figura 5) (OSCC, 2013; Ashbolt et al., 2004; WHO, 2017).

Calificación Sanitaria	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Agua apta para el consumo	99,5	99,3	99,3	99,3	99,5	99,5
Agua no apta para el consumo	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5

Figura 5. Informe técnico calidad de agua de consumo 2015 (SINAC). El porcentaje de agua apta para consumo evaluada en boletines de análisis en nuestro entorno es alto actualmente.

El agua insegura (OMS: en su gestión, “ubicada en el lugar de uso, disponible cuando se necesita, no contaminada”), saneamiento e higiene deficientes en regiones en desarrollo fuera de nuestro entorno supone uno de los principales obstáculos para la salud humana (ejemplo, la disminución en morbilidad contemporánea, con fundamento en el agua segura, está en los orígenes de la epidemiología, John Snow). La gran mayoría de enfermedades diarreicas en el mundo, son atribuibles a la inseguridad del agua. Los principales brotes transmitidos por el agua típicamente siguen grandes eventos de tormentas en regiones en desarrollo. La salud pública está íntimamente ligada con garantizar la seguridad del agua (OSCC, 2013; Ashbolt et al., 2004).

La vulnerabilidad ante el deterioro de la calidad del agua será mayor para el suministro urbano (abastecimiento de calidad más exigente, además las zonas rurales serán vulnerables por una menor disponibilidad de sistemas de tratamiento), territorios con mayor estrés hídrico, zonas costeras y sensibles a eventos extremos. También en colectivos más sensibles socioeconómicamente y por edad (OSCC, 2013).

La vulnerabilidad a sequía por territorios se obtiene por balance entre recursos potenciales y demandas de consumo, siendo más vulnerable cuanto mayor sea su necesidad de agua. Permite establecer un mapa de riesgo, sobre escasez coyuntural y estructural. Los daños económicos afectarán al sector energético, por disminución de producción hidroeléctrica y necesidades de nucleares y térmicas, mayor consumo de desaladoras, siendo críticos en el sector agrícola (OSCC, 2013).

La vulnerabilidad frente a inundaciones y crecidas, más por el factor de desarrollo urbanístico, que incrementa los daños, es debida a la exposición. Para reducir sus

consecuencias a nivel estatal, se hace identificación, de “áreas de riesgo potencial significativo por inundación” (principales áreas en España: franja mediterránea e interior del valle del Ebro), posteriormente clasificadas por nivel de riesgo para la población y elaborando “planes de gestión” de las identificadas. Los daños económicos afectarán al sector agrícola, pudiendo afectar negativamente al sector turístico (ver Figura 6).

SERIE 1971 - 2016

Importes en euros actualizados a 31-12-16

CAUSA	Nº de Expedientes	%	Indemnizaciones	%	Costes Medios
Inundación	583.694	44,6	5.817.970.074	62,0	9.968
Terremoto	43.400	3,3	534.748.074	5,7	12.321
Tempestad Ciclónica Atípica	627.666	47,8	1.824.171.315	19,4	2.906
Caída de Cuerpos Siderales y Aerolitos	3	0,0	101.014	0,0	33.671
Terrorismo	30.136	2,3	524.047.349	5,6	17.389
Motín	156	0,0	1.138.782	0,0	7.300
Tumulto Popular	6.171	0,5	78.478.007	0,8	12.717
Hechos o actuaciones de las FF.AA.	1.652	0,1	3.251.618	0,0	1.968
Varios	18.946	1,4	609.395.177	6,5	32.165
TOTAL	1.311.824	100	9.393.301.409	100	7.160

Figura 6. Consorcio de compensación de seguros (2016). Las inundaciones y tempestades suman el 81% de la siniestralidad total en la serie histórica 1971-2016. La frecuencia de éstas catástrofes supondría un riesgo para la salud en nuestro entorno.

La herramienta principal de planificación a nivel político son los Planes hidrológicos elaborados por las cuencas hidrográficas. Las opciones adaptativas en planificación hidrológica además de la planificación y conocimiento de riesgos, precisarán un manejo de los recursos hídricos, con una visión de abajo a arriba, en medidas de reutilización, reciclado, prevención de la contaminación, ahorro y reducción de pérdidas, cambio de cultivos o represamiento de agua. Tropiezan con los problemas sanitarios derivados de la reutilización y costo energético de medidas como la desalinización. Ante inundaciones embalses en zonas altas-diques en áreas bajas, zonas inundables, sistemas de alerta (OSCC, 2013; Sinisi et al., 2011; C.C.S., 2016).

En salud pública se contempla la promoción, protección y vigilancia. Promoción, facilitando información (SINAC: boletines), hábitos de ahorro, cultura de la sostenibilidad. Protección al prevenir efectos adversos, evaluación del riesgo para la calidad del agua de consumo. Vigilancia, al verse amenazada la calidad de agua de consumo humano y aguas recreativas por agentes contaminantes, mediante sistemas de alerta y respuesta, control de brotes de transmisión hídrica infecciosos-químicos o identificación de tendencias-selección de indicadores (OSCC, 2013).

CALIDAD DEL AIRE

El aire limpio es un requisito básico para la salud y el bienestar humano, y su contaminación una amenaza para la población. La contaminación atmosférica se entiende por “la presencia de materias, sustancias o formas de energía que impliquen riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas”. La contaminación incide en la aparición o agravamiento de enfermedades de tipo respiratorio, cardiovasculares y cánceres. Los cambios en los niveles de contaminantes (función concentración respuesta) se relacionan con determinados efectos en la salud. Epidemiológicamente la OMS en 2012 la relaciona con el 5.4% del total de muertes, así como la reducción en la esperanza de vida. En España el proyecto SERCA (Sistema Evaluación Riesgos Contaminación Atmosférica, 2012), para la modelización de estimación en impactos en salud. Existe dificultad en la medida de la exposición, por su complejidad. Tiene entre sus conclusiones que un descenso $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$ evitaría más de 1700 muertes prematuras. La legislación hace incidencia en la reducción de concentraciones máximas, y disminuir los efectos agudos en salud. La exposición crónica (inexistencia de umbrales de seguridad, alto porcentaje de población urbana expuesta), los sinergismos entre contaminantes (habitualmente contaminación mixta), la toxicidad medioambiental (acidificación, eutrofización), serían posibles daños a la salud también. El SERCA plantea como línea futura en lo referente a la salud, el estudio de causas específicas de morbimortalidad en España y carga global en salud pública de la contaminación atmosférica (OSCC, 2013; WHO, 2014; Kunzli et al., 2001; SERCA, 2012; Pérez-Hoyos et al., 1999).

Los contaminantes más problemáticos son PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, NO_2 , O_3 , SO_2 , compuestos orgánicos volátiles (COV), metales pesados y alérgenos. Su origen principal es la quema de combustibles fósiles. Se clasifican en primarios (emisión directa) y secundarios (reacciones físico-químicas en la atmósfera).

Los efectos en la salud más significativos se han asociado con las PM (partículas en suspensión). No constituyen una entidad química bien definida, siendo una mezcla heterogénea por su origen (natural o antropogénico), y su naturaleza (físicoquímica o biológica), con características diferentes de composición (con diferente toxicidad), estado, granulometría o dinámica. Se clasifican según su diámetro aerodinámico ($<10\mu\text{m}$, $<2.5\mu\text{m}$ (acceden a zona intercambio gaseoso), $<0.1\mu\text{m}$), lo cual les condiciona en su penetración en el sistema respiratorio.

La contaminación del aire y el cambio del clima presentan un abordaje simultáneo. La emisión de GEI favorece la formación y/o emisión de gases como mercurio gaseoso, O₃, COV y PM. Las concentraciones varían por muchos factores, que afectan a su dispersión o producción, por ejemplo, como viento, temperatura, humedad, topografía (también desertización, cambios ecológicos), actividades humanas o medidas de adaptación establecidas (paradigma O₃: temperatura, estabilidad atmosférica, insolación, equilibrio con NO_x).

Los valores límite (VL) de contaminantes, fijados como objetivos de calidad del aire, cuyo registro establece zonas expuestas (ciudades, zonas industriales, transporte de la contaminación), fundamentan los planes de actuación y pronóstico e información. Estos planes recogen las principales medidas adaptativas, así como su integración en los servicios de salud pública. La vigilancia conjunta toxicológica y epidemiológica, proporcionando información continua a responsables de la toma de decisiones, profesionales sanitarios y ciudadanía, orienta las intervenciones. La estacionalidad, la temperatura y el tiempo de exposición varían esta vulnerabilidad hacia la población.

Episodios agudos de elevación por encima de los VL causan situaciones objetivables en numerosos estudios del daño para la salud, especialmente entre la población más vulnerable, urbana, enfermos crónicos, ancianos (también población pediátrica, con asma, alergias, embarazadas), cuantificables en datos de incidencia en atención hospitalaria o de mortalidad diaria, señalando la importancia de los factores ambientales. También se señala el aumento del coste sanitario que ocasionan. Estudios de cohortes sugieren que estos datos subestiman efectos a largo plazo.

La medida más importante de mitigación es la disminución de emisión de gases contaminantes, dependientes del sector del transporte y energético principalmente. Es un riesgo modificable, y las autoridades públicas deben adoptar medidas de mejora de la calidad del aire, especialmente de las concentraciones de PM_{2.5}. Medidas a través de instrumentos legales, recomendaciones en información, concienciación, acciones de la administración, investigación o fiscalidad. La calidad del aire es quizás más proclive a medidas de adaptación, mediante modificación en estilos de vida y concienciación, que otras amenazas para la salud tratadas.

Existen incertidumbres ante los escenarios futuros de emisiones, mencionados en la introducción. Éstas modificarían el alcance del impacto de la calidad del aire en la

salud. Es preciso un sistema de monitorización de este impacto (estandarización), siendo precisa la investigación (OSCC, 2013).

ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN VECTORIAL

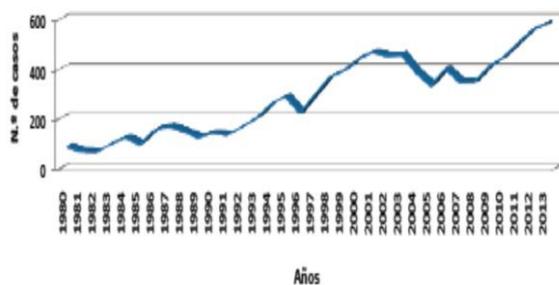
El clima tiene influencia sobre los vectores y conociendo las tendencias previstas, se piensa que podría afectar sobre la frecuencia y la distribución a nivel global de las enfermedades transmitidas por vectores. Epidemiológicamente hay datos que observan un aumento de casos y brotes. La emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas y parasitarias está condicionada por cambios evolutivos y medioambientales que afectan a factores intrínsecos (interacción patógeno-vector, infección, virulencia, inmunidad, transmisibilidad: suma importancia de pequeños cambios genéticos (ejemplo de salud pública: SARS)) y extrínsecos (relaciones patógeno y vector-hospedador-reservorio, ejemplo, clima, hábitats). Afectándose la distribución temporal y espacial, así como la dinámica estacional e interanual de patógenos, vectores, hospedadores y reservorios. Fenómenos climáticos extremos en el pasado originaron brotes fruto de la alteración de estas interacciones, y el equilibrio inestable de las poblaciones de vectores, dependientes de las condiciones climáticas (**temperatura, precipitaciones, humedad**) para su ciclo vital y consecuentes cambios en las tasas de transmisión. Los flujos comerciales y de personas asimismo aumentan el riesgo de introducción accidental (OSCC, 2013; Githeko et al., 2000; Iniesta et al., 2009; Bueno et al., 2010; Quintero et al., 2010).

Paludismo o malaria: Existen cinco especies de *Plasmodium* que infectan humanos (*P. falciparum* (el más letal), *P. vivax*, *P. ovale*, *P. malariae*, *P. knowlesi*), y su transmisión se realiza mediante la picadura de hembras de mosquitos del género *Anopheles*. Cuando el mosquito adulto es infectado, tras la picadura a un humano parasitado, permanece infectante toda su vida. Sus puestas cada 2-3 días coinciden con la picadura en busca de sangre (concordancia gonotrófica). *Plasmodium* precisa 10 días para su desarrollo en el mosquito, y la longevidad del mosquito promedia 4 semanas (en zonas templadas se puede extender al entrar en letargo). El paludismo se transmitía por Europa en el pasado, desapareciendo del norte de Europa a mediados del S.XIX y tras programas de control vectorial (insecticida organoclorado DDT) en el sur tras la II Guerra Mundial,

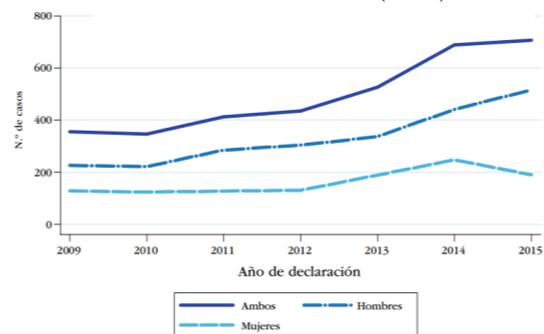
aunque se documentan casos autóctonos en el entorno de Asia menor. El último caso autóctono en España fue en 1961. Actualmente los casos de malaria son importados (ver Figura 7); si bien los flujos de personas implicados, así como la adaptación a vectores locales de las cepas son cruciales explicando el desarrollo autóctono de paludismo, la influencia de las tendencias previstas en el clima actuaría como favorecedor en la extensión del vector (desarrollo, distribución, transmisibilidad). Existen tres especies de *Anopheles* capaces de iniciar episodios de transmisión palúdica (*An. atroparvus*, *An. claviger*, *An. maculipennis*) y existe el riesgo de un continuo contacto con cepas exóticas (fundamentalmente inmigrantes con parasitemias persistentes) puede culminar con la selección o adaptación de cepas de *P. falciparum* capaces de desarrollarse en *An. antroparvus* (OSCC, 2013; CCAES, 2015)

Figura 7. Modificado de RENAVE (Red Nacional Vigilancia Epidemiológica) (2014); (2017). La evolución de casos notificados de paludismo en el período 1980-2015, tras el último caso autóctono en 1961, y la reaparición importada en los setentas, ha progresado de menos de 100 casos a principios de los ochenta hasta más de 700 en 2015.

Número de casos importados notificados a la RENAVE 1980-2013. Declaración numérica (2014)



Vigilancia de paludismo, 2009-2015. Casos notificados (2017)



Leishmaniasis: Engloban a un grupo de enfermedades (LV, LC) causadas por protozoos del género *Leishmania* (*L. infantum* en España), de transmisión zoonótica o antroponótica, habitualmente a través de la picadura del flebótomo (España: *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus ariasi*). El perro doméstico (50% portadores asintomáticos) es el principal reservorio. El cambio climático, y el papel decisivo de la temperatura en su desarrollo (otros factores serían: resistencia a tratamientos actuales, turismo zonas endémicas, subestimación epidemiológica-desconocimiento cifra infectados reales) puede predecir un aumento en la densidad de poblaciones de vectores y reservorios (*Caso: reciente brote de alcance mediático (2009-2012), 471 casos, suroeste de Madrid, liebres infectadas *L. infantum*) (OSCC, 2013).

Se denominan **arbovirus** (arthropod-borne-virus) a aquellos virus que son transmitidos por la picadura de artrópodos. Entre los transmitidos por mosquitos, preocupan por el género *Aedes* dengue, Chikungunya o fiebre amarilla; por *Culex* virus del Nilo occidental, fiebre del valle del Rift o virus Usutu; por *Phlebotomus* virus Toscana. (OSCC, 2013)

La extensión de las poblaciones de vectores originariamente se explica por flujos comerciales. Estos vectores han desarrollado adaptación a climas templados (ejemplo *Aedes albopictus*, hibernación y fisiología oogénesis). La previsión de condiciones climáticas (temperatura y régimen de pluviosidad), fruto del cambio climático en nuestro entorno, podrían ser favorables para el desarrollo de los vectores también.

Las patologías transmitidas con frecuencia presentan cuadros subclínicos, que despistan su alcance epidemiológico, coexistiendo con los más graves cuadros de afectación neurológica y hemorrágica. También es diverso su alcance, siendo un primer estadio la presencia del vector hasta su conversión en endémico. La emergencia y reemergencia de estas enfermedades en nuestro entorno es detallada en la tabla de la siguiente página (ver Tabla 1).

VIRUS TRANSMITIDOS POR MOSQUITOS O FLEBOTOMOS

VIRUS	CLASIFICACIÓN	PATOLOGÍA	VECTOR	EPIDEMIOLOGÍA	ESPAÑA
Virus del dengue (DEN)	Género <i>flavivirus</i>	Desde infecciones asintomáticas, cuadro gripal hasta dengue grave hemorrágico	<i>Ae. aegypti</i> <i>Ae. albopictus</i> * (*presencia Cataluña y Mallorca) (transmisibilidad de incrementa con la temperatura)	Entre paralelos 30°N y 20°S (40% pob mundial expuesta). Regiones cálidas y húmedas 50-100 mill. Infecciones/año. Ámbito urbano.	No hay casos. Presencia de posible vector.
Fiebre Chikungunya (CHIK)	Familia <i>Togaviridae</i> . Género <i>Alphavirus</i>	Cuadro febril 3 días. Seguido eritema y dolores articulares (en ocasiones persistentes). Riesgo transmisión vertical.	<i>Ae. Aegypti</i> <i>Ae. albopictus</i>	Distribución típica África subsahariana y SE asiático. Extensión a América. Brotes Italia y Francia	Casos importados. Presencia de posible vector
Virus del Nilo Occidental (WNV)	Género <i>flavivirus</i>	Cuadros de encefalitis	Género <i>Culex</i> (<i>Cx. quinquefasciatus</i> , <i>Cx. pipiens</i>)	El más extendido, gran capacidad invadir-generar brotes ↔ Reservorio aves. Endémico África	Casos autóctonos (3). Estudios seroprevalencia (+). Brotes en caballos.
Fiebre amarilla	Género <i>flavivirus</i>	Fiebre hemorrágica	<i>Ae. Aegypti</i>	Mortalidad >40% (*Existe vacuna. Endemismo África y Amazonía)	No hay casos. (Historia: brote 1856 >50000 muertes)
Fiebre del Valle del Rift (FVR)	Familia <i>Bunyaviridae</i> . Género <i>Phlebovirus</i>	Sintomatología cuadro gripal generalmente. Fiebre hemorrágica meningoencefalitis (< 2%)	Generalmente <i>Aedes</i> . Posibles: * <i>Cx. pipiens</i> (abundante España), <i>Och. caspius</i> , <i>Och. detritus</i>	Endemismo zonas de África. Epizootias (humanos, ganado doméstico)	No hay casos. Presencia de posible vector
Virus Usutu (USUV)	Género <i>flavivirus</i>	Cuadro gripal generalmente, casos meningoencefalitis.	Principalmente <i>Culex pipiens</i>	Distribuido África, Asia y Europa. Reservorio aves.	No hay casos. Casos en aves.
Virus Toscana (TOSV)	Familia <i>Bunyaviridae</i> . Género <i>Phlebovirus</i>	Sospecha infecciones subclínicas (según seroprevalencia). Cuadros gripales. Cuadros meningitis aséptica	Principalmente <i>Phlebotomus perniciosus</i>	Aislado '71 Italia, extensión cuenca mediterránea, predominancia estival (↑ pob Ph) Desconocimiento reservorios vertebrados.	Endémico. Casos desde '98

Tabla 1. OSCC, 2013; Jesús-De la Calle et al., 2012; CCAES, 2016; Mari et al., 2010. Resumen esquemático de principales virus, sus patologías y situación epidemiológica, que suponen un riesgo de emerger asociados a la extensión de vectores en nuestro entorno.

Las enfermedades transmitidas por **garrapatas**, pueden sufrir variaciones en su distribución o prevalencia, según las especies transmisoras (características biológicas no análogas a las de mosquitos), dada la extensión o disminución de su hábitat idóneo. La borreliosis de Lyme (*B. burgdorferi*), disminuiría. Es transmitida por *Ixodes ricinus*, garrapata más frecuente (67%) en el norte de España, sensible al calentamiento y a la desecación, y se aislaría en zonas frías de la cornisa cantábrica. La fiebre hemorrágica Crimea-Congo (CCHF), puede emerger. Su virus se transmite por garrapatas del género *Hyalomma* (*H. lusitanicum*, la más abundante en el centro de España, *H. marginatum*), con un primer caso autóctono, y presente en muestras capturadas, con capacidad de perpetuarse en las poblaciones del vector (transtadial y transovárica), no sería crucial la influencia por tendencias del clima, pero preocupa por su emergencia. La Fiebre Botonosa Mediterránea (*Rickettsia conorii*) puede aumentar su incidencia. Transmitida por *Rhipicephalus sanguineus* (“garrapata común del perro”) cuya tasa de transmisión se dispara en los meses más cálidos, vería prolongada la temporada de máximo contagio, debiendo vigilarse su incidencia (OSCC, 2013).

Las predicciones en España propiciarían condiciones climáticas favorables para el establecimiento y proliferación vectorial. El crecimiento humano asimismo, origina un contacto más íntimo con los patógenos, clave en el origen de emergencia y reemergencia de enfermedades. Las enfermedades de transmisión vectorial serán sometidas a vigilancia epidemiológica. Los profesionales sanitarios deberán conocer los nuevos riesgos. La evaluación del riesgo de los vectores y sus dinámicas poblacionales, factores intrínsecos y extrínsecos o prevalencia de estas enfermedades será necesaria. Será precisa investigación básica de sus condicionantes, al modificarse por el cambio climático su distribución habitual.

DISCUSIÓN

El calentamiento global actual origina cambios en el clima de nuestro entorno que incrementan eventos climáticos extremos como olas de **calor**. Estas se relacionan con incrementos de la morbilidad y desde la salud pública se desarrollan sistemas de alerta e información, instrucción específica y adecuación sanitaria y evaluación, para la protección a la población de este riesgo. Asimismo serán más frecuentes los períodos de sequía, con efectos negativos en su tratamiento para garantizar el **agua** de consumo salubre, los controles y optimización eficiente de uso serán necesarios para evitar daños. Los fenómenos de precipitación intensa disminuirán su período de retorno debiendo planificarse actuaciones donde puedan suponer un perjuicio para las personas. La contaminación del **aire** y la aparición o agravamiento de enfermedades de diverso tipo (respiratorias, cardiovasculares, cáncer) conlleva un control de emisiones de gases simultáneo al del cambio climático, el establecimiento de VL y planificación de medidas en zonas expuestas será necesario para disminuir su alcance. La posibilidad de emergencia de enfermedades de **transmisión vectorial** (principalmente malaria, leishmaniasis, dengue, Chikunguya debidas a *Anopheles*, *Phlebotomus*, *Aedes* respectivamente), asociada a la variación en la distribución de vectores supone un reto para los tradicionales sistemas de control de enfermedades infecciosas de salud pública, para prevenir y tratar futuros brotes (OSCC, 2013).

La vida humana depende de la dinámica del sistema climático de la tierra. La salud humana y el bienestar están íntimamente vinculados a la calidad ambiental, y el cambio climático como determinante ambiental, provocará un impacto en la salud de las poblaciones (además amplifica otros impactos negativos: degradación de la tierra, nitrificación del suelo, depleción stocks fuentes de agua, acidificación del océano, pérdida de biodiversidad, importantes para la obtención de recursos). Mejorar la preparación y capacidad de respuesta, profundizar el conocimiento y la vulnerabilidad a

los diversos elementos que determinan la salud pueden minimizar el alcance de esta realidad. Se prevén efectos más severos en las regiones con menor capacidad de adaptación, especialmente más densamente pobladas, también más envejecidas. En nuestro entorno de desarrollo se deberán fortalecer, asegurar, los sistemas e instituciones existentes (salud pública: agua, saneamiento, asistencia sanitaria esencial; mención en este trabajo acerca del acceso a asistencia ante eventos climáticos extremos, aire y agua de calidad, control de enfermedades emergentes), para mejorar la salud, la seguridad y medios de subsistencia a corto plazo (OSCC, 2013; IPCC, 2014; Githeko et al., 2000).

El sector de la salud debe desempeñar una tarea de liderazgo social en la mitigación del calentamiento global y en la adopción de prácticas sostenibles. El impacto social sanitario sobre la concienciación de los ciudadanos ante la necesidad de luchar contra el cambio climático sería destacable. La eficiencia y ahorro energéticos, en el consumo de agua, estrategias de transporte, la participación ciudadana, estilos de vida, pueden depender de la concienciación, promoción y educación para la salud, afectando en conjunto al patrón de desarrollo de nuestro país. Factores recogidos por el IPCC son “innovación y las inversiones en infraestructuras y tecnologías ambientales racionales” o “limitar la inercia de tendencias de desarrollo económico (emisiones GEI, consumo recursos, patrones infraestructura y población)”, pero también “los medios de subsistencia, los estilos de vida (consumo de energía-agua, hábitos de salud), el comportamiento y la cultura (la aceptabilidad social y eficacia de las políticas)”, que estarían en concordancia. La efectividad de las opciones de adaptación, con políticas y cooperación en todas las escalas, se fortalecerían vinculándose con otros objetivos sociales (mencionar que “para lograr reducciones sustanciales en las emisiones sería necesario realizar grandes cambios en los patrones de inversión”, quizás mediante vínculo social; ejemplo: gobiernos-impuestos sobre el carbono, individuos- consumo en los hogares) (OSCC, 2013; IPCC, 2014; IPCC, 2014; Machalaba et al., 2015; Whitmee et al., 2015).

El mundo sanitario, deberá vincularse no sólo con las autoridades sanitarias, sino con científicos especializados en ciencias de la tierra y ambientales, con una visión holística, para conocer los retos a afrontar. La mayor vulnerabilidad de unas regiones del planeta respecto a otras plantea incertidumbres respecto al crecimiento socioeconómico futuro (crecimiento demográfico, demanda de recursos, degradación medioambiental), siendo

la realidad de nuestro entorno tratada en este trabajo dependiente de la realidad del resto del globo, así como de conflictos que se desencadenen en el futuro. La pérdida de biodiversidad y extinción de especies producto del calentamiento global como legado de nuestra especie en un corto período de tiempo en escala geológica (ver Figura 8) (ejemplo si se comparase con la geológicamente rápida reorganización del ciclo del carbono al final del Pérmico), altera nuestro equilibrio ecológico en el planeta. La visión en salud sólo asistencial, local o sin sentido ecológico, puede tener importantes sesgos (Machalaba et al., 2015; Whitmee et al., 2015; Falkowski et al., 2000; Burgess et al., 2014).

El cambio climático y su evolución futura suponen una amenaza para la salud humana. Los fenómenos amenazantes de temperaturas extremas, degradación de agua y aire y emergencia de enfermedades, y la magnitud de su impacto en la población, dependerán de las medidas adaptivas que se emprendan. Las nuevas realidades suponen para el mundo sanitario retos en esta adaptación. Puede ser necesario conocer el trabajo de otros profesionales y autoridades sobre estos retos y un plantearse un papel de liderazgo social para llevar a cabo la adaptación.

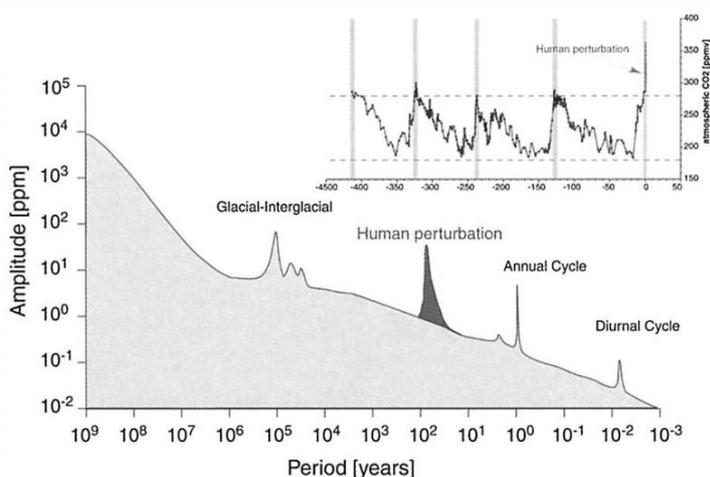


Figura 8. Modificado de Falkowski, P., et al. (2000) La comparativa en escala logarítmica entre CO₂ en ppm y años, señala la actividad humana, con propia entidad, como una alteración del ciclo del carbono sin similitud con los ciclos naturales en hasta 10⁹ años. La vida, no sólo humana, va a depender del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashbolt N, et al., (2004) Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions, Toxicology: Toxicology in the New Century, Opportunities and Challenges - Proceedings of the 5th Congress of Toxicology in Developing Countries.
- Baccini, M., et al. (2008), Heat Effects on Mortality in 15 European Cities, Epidemiology.
- Baccini M, et al., (2011) Impact of heat on mortality in 15 European cities: Attributable deaths under different weather scenarios, Journal of Epidemiology and Community Health.
- Bueno Marí R, et al., (2010), ¿Pueden la malaria y el dengue reaparecer en España? Gaceta Sanitaria.
- Burgess S, et al., (2014), High-precision timeline for Earth's most severe extinction, Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Cámara, E. et al. (2006), Variables meteorológicas y salud, Documentos de sanidad ambiental, Instituto de salud pública, Dirección general de salud pública y alimentación, Comunidad de Madrid
- Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (CCAES) Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, (2016), Evaluación de riesgo del virus del Nilo Occidental. Caso humano y focos en equinos de la CA de Andalucía
- Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias sanitarias (CCAES) Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, (2015), Informe de situación y evaluación del riesgo para España de Paludismo.

- Consorcio de Compensación de Seguros, (2016), Informe, Estadística: Riesgos Extraordinarios Serie 1971 – 2016 Editado Ministerio economía, industria y competitividad

- Daily CO2. [online] CO2.Earth. Disponible en: <https://www.co2.earth/daily-co2> [Accessed 29 Jan. 2018].
- Falkowski P, et al., (2000), The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system, Science.
- Fischer E, Schär C (2010), Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves, Nature Geoscience.
- Githeko A, et al., (2000), Climate change and vector-borne diseases: A regional analysis, Bulletin of the World Health Organization.
- Huang C. et al., (2011) Projecting Future heat-related mortality under climate change scenarios: A systematic review, Environmental Health Perspectives.
- Iglesias A, et al., (2015), Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe, Agricultural Water Management.
- Iniesta Arandia N, et al., (2009) Cambio climático: ¿nuevas enfermedades para un nuevo clima? Revista Clinica Espanola.
- IPCC, (2014), Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación IPCC
- IPCC, (2014), Resumen para responsables de políticas-Contribución del grupo de trabajo III al quinto informe de evaluación IPCC
- IPCC, (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- Jesús-De La Calle I, et al., (2012), Primeros casos confirmados de meningoencefalitis humana por virus del Nilo Occidental en Andalucía, España, Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.
- Jouzel et al., (2007) Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years. (2007) Science.
- Kunzli N, et al., (2001), Assessment of Deaths Attributable to Air Pollution: Should We Use Risk Estimates based on Time Series or on Cohort Studies?, American Journal of Epidemiology.
- Machalaba C, et al., (2015), Climate change and health: Transcending silos to find solutions, Annals of Global Health.
- Marí R, et al., (2010), Situación actual en España y eco-epidemiología de las arbovirosis transmitidas por mosquitos culícidos (Diptera: Culicidae), Revista Espanola de Salud Publica.
- McMichael A, et al., (2006), Climate change and human health: present and future risks, The Lancet.
- Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente (2012), Proyecto Sistema de Evaluación de Riesgos por Contaminación Atmosférica (SERCA)
- Observatorio de salud y cambio climático (OSCC), (2013), Impactos del cambio climático en la salud, Informes, estudios e investigación, Ministerio de sanidad, servicios sociales e igualdad
- Osc.gov.es. (2018). Observatorio de Salud y Cambio Climático. [online] Disponible en: http://www.oscc.gob.es/es/general/home_es.htm [Accessed 29 Jan. 2018].

- Perez-Hoyos S, et al., (1999), The EMECAM protocol: an analysis of the short-term effect of air pollution on mortality. Estudio Multicentrico Espanol sobre la Relacion entre la Contaminacion Atmosferica u la Mortalidad], Rev Esp Salud Publica.
- Quintero Gil D, et al., (2010), Competencia vectorial: consideraciones entomológicas y su influencia sobre la epidemiología del Dengue TT, Iatreia.

- Sinisi, L., Aertgeerts, R. (2011), Guidance on Water Supply and Sanitation In Extreme Weather Events, World Health Organization Regional Office for Europe.

- Trenberth, et al. (2008) Earth´s global energy budget, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.
- Whitmee, S., et al. (2015), Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health The Lancet.
- WHO, (2014), Mortality and burden of disease from ambient air pollution, Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012, Public Health, Social and Environmental Determinants of Health Department, World Health Organization.

- WHO. World Health Organization, (Updated July 2017), Drinking-water fact sheet, WHO Media Centre
- Xiaofang Ye, et al., (2012) Ambient temperature and morbidity: A review of epidemiological evidence, Environmental Health Perspectives, US Dept of Health and Human Services.