



EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN ESPAÑA

PNACC
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



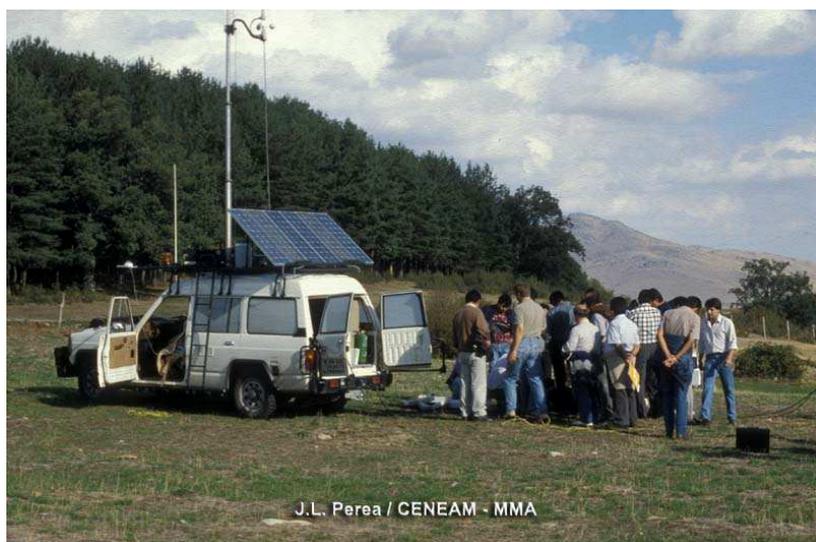
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Oficina Española de Cambio Climático

EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN ESPAÑA



Mayo 2012

Recopilación realizada por: Alfonso Gutiérrez Teira, José Ramón Picatoste Ruggeroni
Área de Adaptación al Cambio Climático. S.G. de Coordinación de Acciones frente al Cambio Climático.
Oficina Española de Cambio Climático. MAGRAMA.

Fotografías CENEAM-OAPN-Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente:

J.L. Perea (pp. 0, 4); A. Camoyán (p. 6); M.A. de la Cruz Alemán (p. 7); J. Ara Cajal (p. 8); J.M. Pérez de Ayala (pp. 9, 10);
J.L. González (p. 12); C. Valdecantos (pp. 5, 13, 14sup., 15, 16); J.L. Rodríguez (p.14inf, 17); A. Moreno Rodríguez (p.
18sup).

Excepto: James Gathany-CDC (p. 18inf).

NIPO: 280-12-108-1



Índice

Introducción.....	2
Evidencias climáticas	
Temperatura.....	3
Precipitación.....	4
Cambios observados en los ecosistemas y la biodiversidad	
Cambios en la distribución de especies.....	5
Cambios en la biología y el estado de poblaciones.....	6
Cambios en la fenología de las especies.....	8
Cambios observados en otros sistemas	
Costas y medio marino.....	11
Aguas y hielos.....	13
Evidencias en el sistema socioeconómico y en sectores productivos	
Sector forestal.....	14
Sector agrario.....	16
Sector extractivo.....	17
Eventos extremos.....	17
Salud humana.....	18

INTRODUCCIÓN

Este documento es una recopilación no exhaustiva de referencias en publicaciones científicas o técnicas sobre evidencias del cambio climático y sus efectos en España, que trata de cubrir la razonable demanda de pruebas de que el cambio climático es una realidad y de que sus efectos se manifiestan de hecho en el momento actual, y no representan un futuro hipotético o lejano.

Abordar este tema requiere mantener la conciencia de que, por claras que las evidencias parezcan, siempre habrá factores de incertidumbre y dificultades para su atribución unívoca. Un problema del cambio climático y sus efectos consiste en que sus manifestaciones se encuentran integradas en un sistema climático complejo, definido y forzado por múltiples elementos y presiones, en un Mundo sometido a múltiples factores de cambio de origen natural y antrópico que actúan de forma conjunta, simultánea y a menudo sinérgica. En general, por ello, se argumenta que resulta inapropiado atribuir eventos particulares al cambio climático antropogénico (Parmesan *et al.* 2011).

La mayor fuente de evidencias de los efectos del cambio climático se obtiene de los cambios observados a medio y largo plazo en la biología y el comportamiento de especies y ecosistemas. No obstante, rara vez es posible atribuir de forma directa las respuestas de una especie particular al cambio climático antropogénico, debido en parte a que el forzamiento humano del clima se detecta a grandes escalas espaciales, mientras que los organismos experimentan en un clima local. Por otra parte, en cada región, las respuestas de las especies al cambio climático son particulares, debido a diferencias básicas en su biología. Además, como se ha dicho antes, las respuestas al cambio climático están íntimamente relacionadas con las asociadas a otros factores antropógenos de cambio, e incluso en los casos en que el clima es un factor evidente de cambio, no es posible identificar qué proporción se debe a causas antrópicas y cuál a causas naturales, dado que los organismos vivos reaccionan al cambio climático, pero no a sus causas (Parmesan *et al.* 2011).

Por otra parte, la búsqueda de evidencias choca con el hecho de que la probabilidad de atribuir de forma exitosa tendencias o efectos climáticos observados a los cambios experimentados en las concentraciones atmosféricas de GEI disminuye drásticamente al bajar de escala espacial y temporal, de manera que los estudios de evidencias que vinculan el cambio climático con cambios biológicos suelen ser más robustos si se hacen a escala continental o global que local.

De todo esto se deduce que la mejor forma de presentar las evidencias es como conjuntos de señales diferentes que coinciden en apuntar en una dirección determinada, y que además son consecuentes y coherentes con los impactos proyectados o previstos del cambio climático.

Fuera de estas consideraciones sobre las señales biológicas, en diversos sectores se han realizado ya atribuciones, en diversas publicaciones científico-técnicas, de cambios observados a los efectos del cambio climático antropogénico. Esto suele realizarse bien por consistencia estadísticamente significativa de los datos con las observaciones, o bien tras un proceso de descarte de otras causas plausibles. En este documento se presentan algunas de esas evidencias publicadas, que ponen de manifiesto la necesidad de evaluar los cambios para poder plantear la adaptación a los mismos, de nuestros sistemas de aprovechamiento, gestión y explotación de los recursos naturales.

Las evidencias mejor contrastadas son las que aparecen en los informes del IPCC, cuya tarea consiste precisamente en evaluar las fuentes de evidencia y comprobar su solidez desde el punto de vista científico. No obstante, dado el carácter general de estos informes, se considera necesario complementarlos con este catálogo particular de evidencias para España, en ocasiones integradas en su marco europeo, que se actualizará periódicamente a medida que se profundice en la revisión de las fuentes, y se comuniquen o publiquen nuevos hallazgos que permitan engrosar el conocimiento de los efectos del cambio climático en España¹ y, con ello, contrastar los datos reales con los impactos proyectados y abordar de las medidas de adaptación de manera más informada.

¹ Se invita a enviar nuevas referencias publicadas no incluidas en este texto a la dirección bzn-sgcc@magrama.es

EVIDENCIAS CLIMÁTICAS

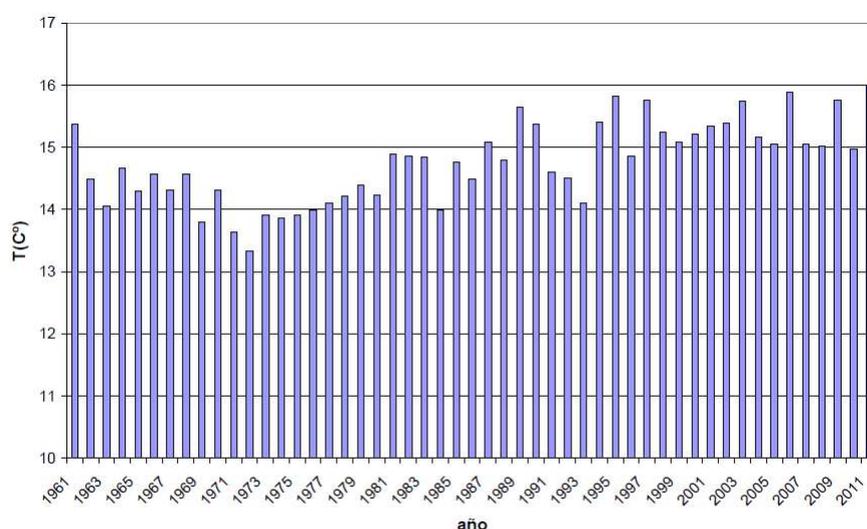
Temperatura

- Durante el siglo XX, y particularmente a partir de 1973, las temperaturas en España han aumentado de forma general (Castro *et al.* 2005). Las temperaturas muestran una tendencia generalizada al alza en todo el territorio, con incrementos entre 1-2°C en el periodo comprendido entre 1850 y 2005 (VVAA 2007).

- En España, los siete años más calidos registrados han sido 2011, 2006, 1995, 2009, 1997, 2003 y 1989 (Brunet *et al.* 2008, AEMET 2012). El año 2011 fue extremadamente cálido en España, con una temperatura media estimada de 16,0° C, que superó en 1,4° C al valor medio normal (período de referencia 1971-2000). Se trató del año más cálido de la serie histórica, con una temperatura media algo superior a la del año 2006 que con 15,9° C había sido el más cálido hasta el presente (AEMET 2012).

- Para el período 1980-2006, se ha elaborado una serie de temperatura media anual de la España peninsular y Baleares, que muestra una tendencia creciente de 3,7°C/100 años (Brunet *et al.* 2008).

- Los registros instrumentales del siglo XX en la península ibérica muestran un aumento progresivo de la temperatura que ha sido especialmente acusado en las tres últimas décadas (1975 – 2005), en que se registra una tasa media de calentamiento aproximada de 0,5°C/década (un 50% superior a la media continental en el Hemisferio Norte y casi el triple de la media global). Si se considera todo el siglo XX, la subida de temperatura ha afectado a todas las estaciones del año por igual, pero en los últimos 30 años el calentamiento ha sido mucho más pronunciado en primavera y en verano (Bladé *et al.* 2010).



Serie de temperaturas medias anuales sobre España (Fuente: AEMET 2012)

- Las regiones españolas más afectadas por el calentamiento son las situadas en la mitad oriental peninsular, desde Girona hasta Málaga. La temperatura media ha aumentado en 36 de 38 observatorios analizados de forma estadísticamente significativa al 95% (Ayala-Carcedo 2004). Como ejemplo, en Madrid, el aumento de temperatura en el último siglo y medio, descontando el efecto de isla térmica, ha sido superior en un 50% a la media del hemisferio norte (Almarza 2000).

- Las tendencias observadas de las temperaturas media, máxima y mínima en 21 estaciones meteorológicas de la isla de Tenerife (Islas Canarias) muestran una tendencia significativa de aumento ($0.09 \pm 0.04^\circ\text{C}/\text{década}$) desde 1944. Las temperaturas nocturnas han experimentado mayor aumento ($0.17 \pm 0.04^\circ\text{C}/\text{década}$), causando una menor amplitud térmica día-noche. El calentamiento ha sido mucho más intenso en áreas de alta montaña que en áreas intermedias, y progresivamente más suave hasta la costa, y superior en las áreas a barlovento de los alisios (exposición N-NE) que en aquellas a sotavento, probablemente debido a un incremento de la

nubosidad en la cara norte de la isla. El calentamiento observado es en promedio inferior al de las áreas continentales en latitudes equiparables, debido en gran medida a las condiciones de insularidad, que se difuminan en las áreas de montaña, con un calentamiento comparable al continente (Martín Esquivel *et al.* 2012).

Precipitación

- La precipitación no muestra un comportamiento tan definido como la temperatura. Las series pluviométricas más largas de la Península Ibérica, desde el s. XIX, no muestran una señal clara o una tendencia general significativa. Una investigación sobre las 53 series pluviométricas anuales más largas en España disponibles hasta 1990 dio como resultado un mapa sin una tendencia definida en la zona central, pero con un cierto apunte al alza en el norte y noroeste peninsular y una tendencia decreciente en el sur y el sureste peninsular (Milián 1996). Otro análisis sobre 40 observatorios peninsulares y de Baleares, durante el período 1880-1992, muestra un comportamiento diferenciado entre la franja norteña ibérica, con tendencia al alza, y el interior y la fachada mediterránea, a la baja (Esteban-Parra *et al.* 1998). En algunas series meridionales (Gibraltar, San Fernando) se observa una tendencia significativa a la baja. (Wheeler & Martin-Vide 1992, Montón & Quereda 1997).



1990 dio como resultado un mapa sin una tendencia definida en la zona central, pero con un cierto apunte al alza en el norte y noroeste peninsular y una tendencia decreciente en el sur y el sureste peninsular (Milián 1996). Otro análisis sobre 40 observatorios peninsulares y de Baleares, durante el período 1880-1992, muestra un comportamiento diferenciado entre la franja norteña ibérica, con tendencia al alza, y el interior y la fachada mediterránea, a la baja (Esteban-

Parra *et al.* 1998). En algunas series meridionales (Gibraltar, San Fernando) se observa una tendencia significativa a la baja. (Wheeler & Martin-Vide 1992, Montón & Quereda 1997).

- En la segunda mitad del siglo XX, varios estudios realizados, con datos de 1949 a 2005, revelan una tendencia claramente negativa de las lluvias en buena parte del territorio español, en particular en el Cantábrico (disminuciones de 4,8 mm/año en Santander y 3,3 mm/año en Bilbao) y en el sureste peninsular (VVAA 2007).

- Cuando el análisis se refiere al último tercio del siglo XX se aprecia una reducción significativa de la cantidad de precipitación en algunas comarcas y rejillas que cubren la España peninsular y Baleares, tales como las partes oriental y pirenaica de la cuenca del Ebro (Abaurrea *et al.* 2002), el sur de la España peninsular (Rodrigo *et al.* 1999), la Comunidad Valenciana (De Luis *et al.* 2000) y otros recogidos en Castro *et al.* (2005).

- La precipitación anual en las tres décadas más recientes ha disminuido de forma significativa en la península ibérica en relación a las décadas de los 60 y 70. La década 2000-2010 registra los valores más bajos de precipitación anual desde el año 1950. Sin embargo, la señal de cambios en la precipitación por efecto del cambio climático es débil en comparación con la de temperatura (Bladé *et al.* 2010).

- La disminución del número anual de días de nieve es generalizada. Por ejemplo, en Navacerrada (Madrid) se recoge un descenso en un 41% del número anual de días con precipitación de nieve en el período 1971-1999 (Ayala-Carcedo 2004).

CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD

El calentamiento global está provocando modificaciones en la distribución y la fenología de muchas especies. Ello puede provocar cambios en la composición y la dinámica de los ecosistemas, y en los bienes y servicios que proporcionan, afectar a los sistemas productivos y de salud, etc. Entre las evidencias que se han identificado hasta la fecha, se pueden señalar:

Cambios en la distribución de especies

- **Cambios en la vegetación de montaña.** Un estudio realizado con 867 muestras de las áreas montañosas de Europa, que incluyen los Pirineos y Sierra Nevada, muestra un patrón coherente de cambio en la composición de las comunidades vegetales supraforestales, con el declive de las especies adaptadas al frío y el incremento de especies más termófilas. El patrón refleja el grado de calentamiento, siendo más intenso en las montaña con mayor incremento de la temperatura (Gottfried *et al.* 2012).

- En la primera década del siglo XXI se han detectado cambios en la riqueza y composición de especies en las principales montañas europeas, como consecuencia del movimiento de las áreas de distribución de especies hacia arriba, tal y como preveían las proyecciones. Estos desplazamientos tienen efectos opuestos subregionales, con disminuciones de la biodiversidad en las montañas mediterráneas, entre las que se cuentan las españolas, que por su elevada diversidad y riqueza de endemismos podrían llevar a un desplome de la diversidad de la flora europea de montaña (Pauli *et al.* 2012).



- En el Sistema Central español, el patrón general se manifiesta en una reducción de ciertas especies de vegetación nival como consecuencia del aumento de temperatura en los meses de invierno, la disminución de la precipitación y de la duración de la cubierta de nieve. En la Sierra de Guadarrama, plantas herbáceas que precisan periodos largos de nieve y el agua de deshielo,

han sido sustituidas por leguminosas arbustivas que crecen lejos de la influencia de la nieve. (García-Romero *et al.* 2009). En el macizo de Peñalara los arbustos (*Juniperus* y *Cytisus*) son cada vez más abundantes en altitudes donde antes predominaban los pastos. Un conjunto de factores asociados al cambio climático (menores daños a especies leñosas, aumento de la duración del período vegetativo, cambios en la cobertura nival o en la precipitación) pueden haber afectado a procesos ecológicos clave, acelerando la sustitución de la vegetación de alta montaña por otra de media montaña, que se produce con mucha velocidad y pone en peligro las poblaciones y comunidades de ecosistemas y comunidades acantonados en las montañas, causando una pérdida general de diversidad (Sanz-Elorza *et al.* 2003).

- En el Montseny, se ha observado un reemplazamiento progresivo de los ecosistemas frío-templados por otros de tipo mediterráneo. Se ha registrado un ascenso en el límite altitudinal superior de los hayedos de al menos 70 m desde 1945. El hayedo y el brezal están siendo sustituidos por el encinar (*Q. ilex*) en altitudes intermedias. Los procesos ecológicos observados en esta dinámica son coherentes con el desplazamiento causado por cambio climático, aunque los cambios de uso del suelo complementarían las causas (Peñuelas & Boada 2003).

- **Aves y mariposas.** Un estudio europeo ha evaluado el cambio en las comunidades de aves y mariposas, empleando 9.490 y 2.130 comunidades de aves y mariposas, respectivamente, incluyendo España. El resultado muestra un cambio rápido en las comunidades como respuesta adaptativa frente al cambio climático, equivalente a un desplazamiento hacia el norte de 37 Km. para las aves y 114 Km. para las mariposas. Sin embargo, estos desplazamientos son claramente inferiores al desplazamiento de la distribución de las isotermas hacia el norte, en concreto 212 Km. para las aves y 135 Km. para las mariposas; estas inercias podrían implicar cierta incapacidad de adaptarse tan rápido al cambio climático, sobre todo en el caso de las aves (Devictor *et al.* 2012).

- La rápida expansión del camachuelo trompetero (*Bucanetes githagineus*) observada desde principios de 1970 puede asociarse con cambios en factores climáticos (Carrillo *et al.* 2007); los mismos autores señalan el efecto de factores climáticos como la temperatura en su reproducción. Se considera a esta ave, cuya distribución tradicional se extendía por hábitats de desierto, semidesierto y estepa del norte de África, un 'buen indicador' del incremento de la aridez en los suelos del área mediterránea (Moreno 2009). Su población se ha consolidado en las provincias de Granada, Murcia, Alicante y Almería. En 2010, SEO/Birdlife constató su presencia en varios municipios de Aragón.

- Se han identificado recientemente colonizaciones de aves desde África hacia España, como las protagonizadas en tan sólo una década por el vencejo moro (*Apus affinis*) o el vencejo cafre (*A. caffer*), asentados en varias localidades de Andalucía; el buitre moteado, o de Rüppell (*Gyps rueppellii*), que lleva una década migrando desde África hasta nuestro país y cuyos avistamientos en la orilla europea del Estrecho de Gibraltar continúan incrementándose, o el escribano sahariano (*Emberiza sahari*), un gorrión perteneciente a las paseriformes que se puede observar tanto en Tarifa como en las localidades del norte de África. Destaca especialmente la colonización llevada a cabo por el ratonero moro (*Buteo rufinus cirtensis*) una rapaz procedente del continente africano que se ha establecido y ha criado en España, en la zona de Tarifa, en lo que se considera un salto biogeográfico, y de forma coherente con los resultados de los modelos climáticos de distribución (Fundación Migres 2010, SEO/Birdlife 2009). En Canarias, los ornitólogos han detectado hasta treinta aves procedentes de regiones subsaharianas (Martín Esquivel 2011).

- Especies de aves típicamente mediterráneas han aparecido en la zona atlántica de la Península: la golondrina dáurica (*Hirundo daurica*). Desde su primera cita en Cádiz (1921) ha ampliado progresivamente su límite de distribución peninsular, y sigue su expansión al aparecer recientemente en latitudes cada vez más norteñas (Asturias, Navarra...), patrón que sigue también en el resto de Europa. Las causas de este progresivo incremento son complejas, pero se incluye en esta



lista por ser un caso temprano de atribución, ya que desde 1968 se ha apuntado al cambio climático como factor clave de su expansión, acentuado por la filopatría (De Lope 2003).

Reptiles. A partir de los datos sobre la distribución de los reptiles recolectados durante el siglo XX en España, se ha detectado un cambio significativo, de 15.2 km, hacia el norte del límite septentrional de sus áreas de distribución entre 1940–1975 y 1991–2005. El límite meridional no cambió significativamente. Estos resultados sugieren que las distribuciones latitudinales de reptiles pueden estar cambiando en respuesta al cambio climático (Moreno-Rueda *et al.* 2012).

Cambios en la Biología y el estado de poblaciones

- **Aves.** Algunas especies emblemáticas de nuestra fauna, y sobre las que España tiene gran responsabilidad de conservación, pueden encontrar explicación -al menos en parte- de su situación de amenaza actual en el cambio climático. Es el caso de las poblaciones españolas de urogallo, (*Tetrao urogallus cantabricus*) cuya población cantábrica ha descendido un 70% desde los ochenta. Los expertos sugieren que el calentamiento brusco del planeta en las últimas décadas es el responsable de su extinción, al haber provocado desacoplamiento entre la disponibilidad de alimento y los ciclos vitales de la especie en invierno y primavera, provocando cambios nutricionales que afectarían tanto a su capacidad reproductora como a la tasa de supervivencia de los pollos. Además, el cambio climático también puede estar reduciendo el hábitat óptimo para el ave, relegando a la especie a altitudes cada vez mayores en los bosques. Los efectos sobre su hábitat parecen manifestarse por el hecho de que los cantaderos de urogallo desocupados recientemente en la Cordillera Cantábrica se hallan a menor altitud que los que siguen ocupados (Obeso & Bañuelos 2004, Asociación para la Conservación del Urogallo 2011, Layna 2010).

- Un estudio del CSIC demuestra que el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*), una pequeña ave forestal migradora, ha disminuido paulatinamente el tamaño de sus huevos en los últimos 16 años debido al aumento de temperaturas causado por el cambio climático. El papamoscas, al contrario que otras aves migratorias, no ha adaptado la fecha de sus migraciones al adelanto de la primavera, pero la época de cría habitual está resultando cada vez menos óptima porque es difícil encontrar el alimento de la calidad o cantidad necesarias para formar huevos de mayor tamaño. Este hecho provoca que se generen huevos de menor volumen con una probabilidad menor de eclosionar, lo que ha contribuido al descenso del éxito reproductivo de la población en las dos últimas décadas (Potti 2008).



- **Reptiles.** Entre 1950-1980 se detectó un cambio en la distribución de la lagartija colilarga (*Psammotromus algirus*) hacia zonas de mayor altitud (Bauwens *et al.* 1986). Se ha comprobado un aumento en el período de actividad de la culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*), especie norteafricana y euromediterránea, en los últimos años en el sureste de España, como respuesta al cambio climático (Moreno-Rueda *et al.* 2009).

- **Anfibios.** Se ha detectado un desplome de poblaciones de sapo partero común (*Alytes cisternasii*) por infecciones por hongos con posible implicación de cambios ambientales debidos al clima (Bosch *et al.* 2001). Recientemente, se ha probado el vínculo entre el cambio en variables climáticas locales asociadas a cambios en los patrones generales de circulación relacionados con el cambio climático, y las explosiones y efectos perjudiciales de los hongos *Batrachochytrium* en las poblaciones de anfibios (Bosch *et al.* 2007). Utilizando modelos correlacionales se muestra la pérdida de espacio climático para los anfibios y reptiles ibéricos con posibles contracciones en su actuales rangos de distribución (Araújo *et al.* 2006).

- **Lepidóperos.** Los lepidópteros son buenos indicadores del cambio climático. El cambio climático parece tener un efecto negativo sobre varias especies de mariposa, sobre todo en áreas de montaña (Van Swaay *et al.* 2010). Los efectos del cambio climático, que en el caso español no ha eliminado aún especies, sí se asocian a la gran reducción de poblaciones de mariposas como la de *Parnassius apollo* (López-Munguira 2011). El calentamiento global puede estar modificando los requerimientos de hábitat de esta mariposa en las montañas españolas, situadas en el extremo mas cálido de su distribución (Ashton *et al.* 2009).

- En este grupo de insectos, se han registrado novedades tanto en la península como en los archipiélagos españoles. Una mariposa africana (*Colotis evagore*, Pieridae) que se alimenta de la plantas de la alcaparra, se ha asentado en la Península sin modificar su nicho ecológico, probablemente como consecuencia del cambio climático. Si bien en sus primeras citas se consideraba localizada en áreas con condiciones microclimáticas especiales (Jordano *et al.* 1991), y sus colonias desaparecían periódicamente, en la actualidad se considera que se ha establecido de forma permanente en diversas localidades de la costa de Málaga, Granada, Almería y Murcia, y está expandiendo su área de distribución hacia el interior (Granada, Jaén) y costeando hacia el norte (Tarragona, Gerona) y hacia el oeste (Cádiz). Esta colonización de nuevas áreas probablemente esté provocada por el cambio climático, que ha permitido traspasar



los umbrales para el desarrollo larvario y para la diapausa invernal (Fric 2005). En Canarias, la mariposa *Hypolimnas missipus*, común en zonas tropicales de Asia y África, y relativamente frecuente en las islas Cabo Verde, ha sido citada en los últimos años, y lo mismo se puede decir de la mariposa de los geranios (*Cacyreus marshalli*), de origen sudafricano y considerada en Europa un verdadero indicador del avance del cambio climático (Martín Esquivel 2011).

- Un estudio de la Universidad Juan Carlos I de Madrid, ha revelado que 16 especies de mariposas autóctonas vieron mermadas sus poblaciones y tuvieron que trasladar su hábitat, elevando su límite inferior altitudinal en 212 metros, hasta cotas superiores a los 1.000 metros de altitud entre 1973 y 2003 por el aumento de temperatura (+1,3°C) registrado a causa del cambio climático (Wilson *et al.* 2005). En un escenario, probablemente optimista, de aumento de temperaturas limitado a 2°C en los próximos 30 años, las mariposas perderían el 80% de su hábitat. Además, algunas especies podrían llegar a desaparecer ya que a partir de 1.600 metros tienen serios problemas de supervivencia y el

cambio de vegetación que se produce a esas alturas puede hacer que no cuenten con la alimentación necesaria (Wilson *et al.* 2007).

- **Invasiones biológicas.** El alga de agua dulce *Tetrasporidium javanicum*, descubierta en los trópicos (Java, Asia), y especie indicadora de agua turbias y de altas temperaturas, se ha observado en España desde 2005 en varias localidades: Mérida (Badajoz), río Algar (Alicante), tramos bajos del río Ebro, ríos del macizo central gallego y en el norte de Portugal (VVAA 2011).

Cambios en la Fenología de las especies

- La fenología y, por tanto, el ciclo de vida de muchas especies mediterráneas (plantas, aves, mariposas) están siendo alterados. El calentamiento global parece ser el principal factor de esta alteración (Peñuelas *et al.* 2002).

- El cambio climático ha modificado la fenología de las plantas en la región mediterránea, de forma general. Algunas especies vegetales han adelantado notablemente su foliación, floración y fructificación y han alargado su fase de crecimiento



desde mediados de los años setenta en el Mediterráneo occidental. El análisis deriva del estudio de 29 especies, 6 eventos fenológicos y más de 200.000 registros. Los eventos primaverales (foliación, florecimiento) son más sensibles que los otoñales (caída de hoja, etc.), mostrando cambios muy grandes en comparación con otros estudios en otras áreas de Europa. (Menzel *et al.* 2006, Gordo & Sanz 2009). La temporada de floración de los robles (*Quercus spp.*) ha tendido a comenzar antes en la península Ibérica en los últimos años, probablemente debido al aumento de las temperaturas en el periodo previo a la floración. (García-Mozo *et al.* 2002, 2006). También se ha registrado una tendencia al adelanto en la foliación, la floración y la maduración de los frutos en el sur de España en algunas especies (*Olea europaea*, *Vitis vinifera*), incluyendo también especies de robles y encina (*Quercus*) y herbáceas (*Poaceas*) (García-Mozo *et al.* 2010, Galán *et al.* 2005). Estos eventos primaverales se han adelantado con tasas entre 6.5 y 7 días por grado centígrado, siendo significativamente superiores a los observados en otras áreas de Europa (Gordo & Sanz 2010).

- Otros estudios recogen adelantos en la foliación de promedio superior a 20 días y retrasos en la caída de la hoja de cerca de dos semanas, con un incremento de la duración del periodo foliar promediado en más de un mes. Los adelantos en la floración se han calculado en un promedio de 22 días para el conjunto de especies con modificaciones (unos 10 días considerando al totalidad), y adelantos de la fructificación cercanos a 19 días de promedio (8 días para la totalidad de especies) para el último medio siglo, en diferentes especies. Algunas especies como el manzano (35 días), el fresno (37), el olmo (28) o la higuera (29) anticipan el brote de las hojas en más de un mes; otras especies retrasan la caída de hoja de forma comparable, como el tilo (30 días), el melocotonero (18), el avellano (22) o el almendro (27). El adelanto de la floración y la fructificación observados se aproxima o supera, en muchos casos, el mes. Los cambios más fuertes sucedieron en los últimos 25 años del registro, y no se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de las especies según su origen natural, cultivado o exótico, o según sus calendarios fenológicos originales (Peñuelas *et al.* 2002).

- **Migración de aves.** Las aves parecen estar respondiendo al calentamiento climático modificando sus comportamientos migratorios a gran velocidad. Las aves transaharianas llegan antes a la península Ibérica durante la primavera desde la década de los setenta (Gordo & Sanz 2006). Un estudio realizado con datos de Madrid basado en 10 especies ha demostrado que las especies



migradoras de larga distancia han avanzado la migración otoñal a través de España central en años recientes, mientras que las fechas de paso de las migradoras de corta distancia no se han modificado de manera apreciable (si bien este último resultado podría estar relacionado con otros efectos del cambio climático, como el acortamiento de las distancias de migración o la reducción de la

migratoriedad). Los cambios fenológicos observados se corresponden con los resultados encontrados en otras localidades europeas (Mezquida *et al.* 2007). Se ha comprobado una significativa y generalizada disminución del paso migratorio por el Estrecho de Gibraltar de algunas especies de pequeñas aves migratorias, especialmente vencejos (reducida a la octava parte desde 1980) y golondrinas. Respecto a 1980, ha variado el patrón migratorio de las aves pequeñas, manteniendo actualmente muchas de estas especies sus cuarteles de invierno en Europa y no necesitando migrar a África debido al progresivo incremento de las temperaturas. Además, se han detectado cambios en el calendario de estas aves en relación a lo que sucedía hace tres décadas: especies como el ruiseñor y la golondrina han adelantado hasta quince días sus calendarios migratorios, lo que puede estar relacionado con los cambios producidos en el clima. (Junta de Andalucía 2009, Peñuelas *et al.* 2002).

- Varias especies de aves que, generalmente, venían a aparearse o estaban de paso, han empezado a quedarse a pasar los inviernos en la península y se avistan cuando y donde no es su zona ni su estación habitual de distribución: poblaciones de abubilla (*Upupa epops*), águila calzada (*Hieraetus pennatus*), cigüeña negra (*Ciconia nigra*), avetorillo (*Ixobrychus minutus*), martinete (*Nycticorax nycticorax*), o águila culebrera (*Circaetus gallicus*) permanecen en la península en invierno ante la benignidad del clima (SEO/Birdlife 2009).

- **Fenología de insectos.** La aparición en vuelo del lepidóptero *Pieris rapae* (Pieridae) se ha adelantado 11,4 días, y la tendencia observada está correlacionada con la temperatura invernal. Ello es consecuente con la predicción de que, bajo cambio climático, las larvas de invertebrados se desarrollarán y alcanzarán el estado adulto con anterioridad (Peñuelas *et al.* 2002).

- Durante las últimas décadas la fenología de algunas especies de insectos fitófagos podría haberse desacoplado, por efecto del cambio climático, de la de las plantas que consumen (Peñuelas *et al.* 2002, Gordo & Sanz 2005). Los cambios fenológicos de las especies animales (polinizadores, consumidores) son diferentes a los que sufren las plantas (fechas de florecimiento, de producción de frutos, etc.), lo que podría conducir a desacoples entre diferentes niveles tróficos y afectar a los ecosistemas y los sectores productivos (Gordo & Sanz 2009, 2010).

CAMBIOS OBSERVADOS EN OTROS SISTEMAS

Costas y medio marino

- **Temperatura del mar.** En el litoral Mediterráneo español, las tendencias de temperatura superficial del mar y del aire, que mostraban un descenso hasta el inicio o mediados de los años 70, muestran un cambio de tendencia desde esas fechas. El ascenso de las temperaturas superficiales del mar y del aire desde entonces supera el descenso anterior, como cabía esperar en un escenario de cambio climático, de forma que el aumento medio de la temperatura superficial del mar desde la fecha en que se dispone de datos (mitad del s. XX) está entre +0°C y +0.5°C (Vargas *et al.* 2010).

- En el Cantábrico, la temperatura del agua superficial ha aumentado desde 1900, con una pequeña atenuación del incremento hacia 1970, y una aceleración del calentamiento a partir de esa fecha. El análisis más reciente de datos de satélite muestra un calentamiento entre 0,25°C y 0,35°C por década, que es más acusado para las temperaturas máximas, lo que incrementa el rango de temperaturas. Este efecto se produce en aguas costeras y oceánicas en todo el Cantábrico (Planque *et al.* 2003, Anadón *et al.* 2009).

- En el Mediterráneo, se observa un aumento de la temperatura y la salinidad tanto en las capas intermedias como profundas, siendo especialmente significativo en estas últimas, no tanto por su magnitud como por haberse producido de forma continua y casi constante en el tiempo. Estas aguas se consideran un excelente indicador climático, al filtrar en su comportamiento las oscilaciones naturales del sistema climático (Vargas *et al.* 2010).

- **Dinámica marina.** El nivel del mar ha aumentado globalmente entre 1961 y 2003 con una tasa



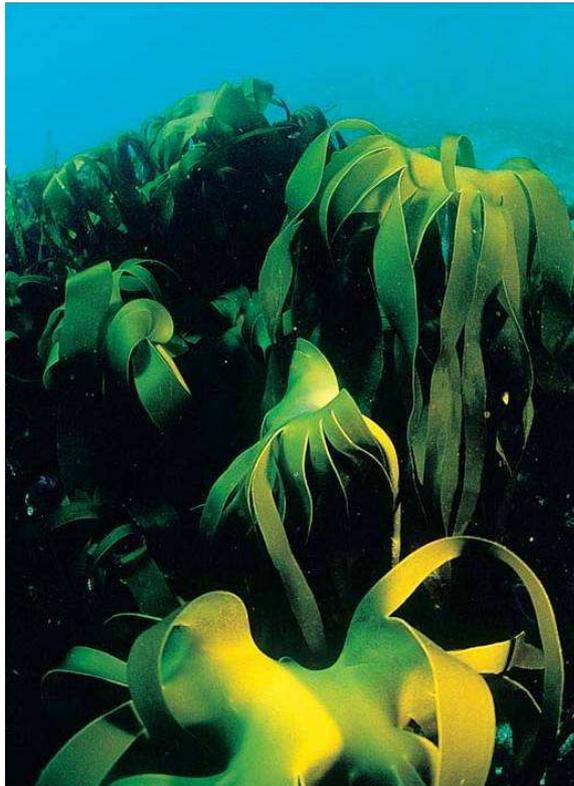
media de 1.8 ± 0.5 mm/año, con importantes diferencias regionales. En España los datos disponibles indican que el nivel del mar ha aumentado en el norte de la península, durante la segunda parte del siglo XX, entre 2 y 3 mm/año (VVAA 2007). Las tendencias observadas en el Mediterráneo indican un fuerte aumento de nivel del mar desde la década de los 90, cifrado entre 2,4 y 8,7 mm/año en L'Estartit

(Cataluña) y la bahía de Málaga, respectivamente (Vargas *et al.* 2010), aunque con fluctuaciones interanuales.

- Se ha observado durante los últimos 50 años un aumento importante de la altura de ola en las fachadas cantábrica y gallega y una tendencia a una mayor duración de los temporales; además, se han registrado cambios en la dirección del oleaje en los archipiélagos y de forma muy marcada en el norte de Cataluña; por el contrario, en el Golfo de Cádiz se observa una tendencia clara hacia un clima marítimo más benigno, así como una disminución de la marea meteorológica en toda la costa española (Losada 2007). Las playas de España se encuentran, en conjunto, en regresión debido a múltiples factores, y se ha argumentado (Peña 2011) que la dinámica observada en algunas no puede ser explicada por factores antrópicos o diferentes a las tendencias de cambio en las dinámicas marinas asociadas al cambio climático.

- **Producción primaria.** Se dispone de pocos estudios que informen sobre la influencia del calentamiento sobre el fitoplancton, aunque para zonas costeras de Galicia se señala una tendencia decreciente en la concentración de clorofila y en la abundancia de las diatomeas (Varela *et al.* 2009). También se ha informado de la modificación de la disponibilidad de nutrientes o incremento de la estratificación en aguas del talud u oceánicas, que se ha traducido en un descenso de la producción primaria (Llope *et al.* 2007, Castro *et al.* 2009). Ha habido cambios en la abundancia de especies de zooplancton en el norte del Golfo de Vizcaya entre 1930 y 1990 (Southward *et al.* 1995).

- **Cambios en las comunidades litorales.** Se observa una mediterraneización de las comunidades litorales cantábricas. Especies boreo-atlánticas como *Fucus serratus*, *F. spiralis*, *F. vesiculosus*, *Himanthalia elongata*, *Chondrus crispus*, *Laminaria hyperborea*, *L. ochroleuca*, *Gelidium spinosum*



ven reducidas sus poblaciones y limitada su distribución hacia el interior del Golfo de Vizcaya, siendo reemplazadas por otras de aguas más cálidas como *Bifurcaria bifurcata*, *Stypocaulon scoparia*, *Cladostephus spongiosus*, *Gelidium corneum*, *Cystoseira baccata*, *C. tamariscifolia*, *Sargassum muticum* y Coralinaceas. Estos cambios son coherentes con la respuesta más probable al cambio climático de estas comunidades, y los datos disponibles parecen apoyar las predicciones realizadas a partir de los escenarios del IPCC (Fernández & Anadón 2008, Anadón *et al.* 2009).

- **Tropicalización.** La aparición de especies de peces y otros grupos taxonómicos con afinidades subtropicales es cada vez más frecuente, apreciándose su expansión hacia el norte (Quero *et al.* 1998, Guerra *et al.* 2002, Bañón 2009). Los biólogos marinos han registrado en Canarias la aparición de más de treinta especies litorales de peces óseos de procedencia tropical en las últimas décadas, algunas de las cuales han creado poblaciones estables, destacando el gallo aplomado (*Canthidermis sufflamen*) y el caboso

tropical (*Gnatholepis thomsoni*) (Brito *et al.* 2005, Brito 2008). Ello ha causado también el desplazamiento hacia el norte de otras especies explotadas (Bañón 2009, Sabatés *et al.* 2006, Brito *et al.* 1996). En lado opuesto estaría, por ejemplo, la estrella *Marthasterias glacialis*, una especie de origen templado que se ha enrarecido notablemente en las islas, especialmente en las occidentales, al igual que ocurre con otras de límite sur de distribución en nuestras islas. También se ha detectado una tendencia a la degradación y muerte de las colonias de corales negros (*Antipathella wollastoni*) en fondos someros en las islas más occidentales. (Brito 2008)

- **Organismos tóxicos.** En el medio marino, también se vincula el calentamiento global con la expansión de microorganismos tóxicos a áreas donde no se conocían. Se ha detectado en las costas del Mediterráneo y de Canarias la presencia de especies de dinoflagelados bentónicos tóxicos tropicales, como el género *Ostreopsis* (Vila *et al.* 2001) o *Gambierdiscus toxicus*, citado en Canarias en 2005 por vez primera, que causa la enfermedad tropical cigüatera al introducirse en la cadena trófica por peces herbívoros. La ingesta de peces contaminados puede tener consecuencias fatales para los humanos, de lo cual hay testimonios en El Hierro desde 2004 (Martín Esquivel 2010).

- En 2004 tuvo lugar en las aguas del archipiélago canario un *bloom* extensivo de la cianobacteria responsable de la coloración del Mar Rojo, *Trichodesmium erythraeum*, nunca visto antes en esta región del globo, asociado a las condiciones excepcionales de temperatura de las aguas durante el

mes más cálido registrado en Canarias desde 1912, que afectaron a algunas especies marinas (Ramos *et al.* 2005).

- **Especies dañinas.** Una de las especies que ha resultado claramente favorecida por el cambio climático es el erizo de lima (*Diadema antillarum*), un equinodermo marino de origen tropical distribuido por el Atlántico Oriental, incluyendo Canarias. Se trata de un herbívoro de alta movilidad capaz de eliminar la vegetación de los fondos rocosos. La densidad de erizos ha aumentado en los últimos años de una manera notable, incluso en una de las reservas marinas. La causa de esta expansión se ha demostrado que reside en la conjunción de dos factores principales: la sobrepesca de los depredadores en casi todas las islas y el calentamiento del agua, que favorece su éxito reproductivo, dado que la supervivencia de las larvas aumenta exponencialmente en los años con veranos de temperaturas muy altas (Brito 2008).

- Las explosiones de medusas son una constante desde la década de los 90, con máximos poblacionales en la época estival, observadas en diversos mares del Mundo. Aunque son un fenómeno natural y los incrementos masivos de individuos parecen tener un comportamiento cíclico, la frecuencia de estas proliferaciones ha sido atribuida por especialistas a causas climáticas (Gili 2006, 2011). El descenso de precipitaciones atribuible al cambio climático y el incremento de la temperatura del agua, son fenómenos que se barajan como factores clave que agudizan el problema: el aumento de la temperatura del agua (0,6°C desde el siglo XIX), ha hecho que estos animales encuentren cada vez más zonas aptas (más cálidas y salinas) para reproducirse.

Aguas y Hielos

- **Glaciares.** Los únicos glaciares activos de la península ibérica se encuentran en los Pirineos. A comienzos del s. XX ocupaban 3.300 ha, pero en la actualidad cubren 390 ha, es decir se han visto reducidos en casi el 90% de su superficie. En su evolución histórica, se observa un incremento en el retroceso glacial desde 1980. En 1982 los glaciares y heleros del pirineo español ocupaban 600 ha, que se han reducido a unas 210 en 2010. Respecto a la cantidad de glaciares, en el momento actual sólo persisten 18 de los 34 aparatos glaciares descritos en 1982; el resto ha desaparecido. Esta regresión es acorde con la tendencia general mundial (Arenillas *et al.* 2008).



- **Régimen hidrológico.** A nivel europeo existen evidencias de alteraciones del régimen hidrológico, con incrementos de escorrentía en altas latitudes y disminuciones acusadas en el Sur de Europa. En España, varios estudios señalan un descenso significativo de los aportes de agua de los ríos principales durante la segunda mitad del siglo XX, algunos de los cuales no pueden justificarse por un aumento de los usos consuntivos (Iglesias *et al.* 2005).

CAMBIOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA SOCIOECONÓMICO Y EN SECTORES PRODUCTIVOS

Sector Forestal

- **Decaimiento forestal.** En Andalucía existe el precedente de un sistema forestal, situado en su límite de distribución, cuya muerte y práctica desaparición sólo pueden ser explicadas por factores climáticos extremos, muy probablemente vinculados al cambio climático. Se trata del decaimiento de los pinares en la Sierra de los Filabres, que se observó por primera vez de forma generalizada en el año 2002. Los daños experimentaron un progresivo aumento hasta cubrir una gran superficie de las masas de repoblación que constituían este bosque, hasta llegar a 2009, con decaimiento casi total de las mismas. El hecho de que se trate de procesos de decaimiento generalizados, sin patógenos directamente implicados, que afectan a diversas especies de pinos y de manera contrastada en localidades diferentes sugiere que el estrés climático es el principal responsable de la pérdida de vigor y los procesos de defoliación. (Sánchez-Salguero *et al.* 2009, Navarro-Cerrillo *et al.* 2010)



- **Cambios fisiológicos y productividad.** Se ha observado un cambio general en el patrón de crecimiento de pinares de varias especies ibéricas (*Pinus nigra*, *P. sylvestris* y *P. uncinata*) en el este y norte de la península Ibérica, con una sincronía hacia una mayor limitación al crecimiento, vinculados al aumento del estrés hídrico, las condiciones más cálidas y la mayor variabilidad en las precipitaciones desde mediados del siglo XX. (Andreu *et al.* 2007)



- En bosques de *Pinus halepensis* situados a lo largo de un gradiente bioclimático, se observa entre 1984 y 2006 que en las áreas donde mejoran las condiciones climáticas se produce un mayor crecimiento forestal (actividad foliar, biomasa), mientras que en los bosques situados en zonas áridas de la región mediterránea, un mayor estrés hídrico se ha traducido en un menor crecimiento forestal. La evolución climática de las últimas cuatro décadas explica este patrón geográfico (Vicente-Serrano *et al.* 2010).

- El crecimiento de las hayas en las montañas catalanas ha experimentado una disminución de casi el 50% en los últimos 30 años. Los resultados muestran que los efectos afectan principalmente a los árboles situados en cotas bajas, que se manifiesta desde 1975. El patrón observado se ha vinculado con el calentamiento

de las temperaturas y el mantenimiento de la precipitación. Patrones similares han sido observados en otras localidades del sur de Europa, apuntando a un fenómeno generalizado, que podría causar una regresión del área de distribución de la especie (Jump *et al.* 2006).

- **Límite altitudinal.** El patrón común observado de modificación del límite altitudinal y la dinámica ecológica de los pinares en el límite superior de distribución del pino negro (*Pinus uncinata*) en los Pirineos, exacerbado en décadas recientes y en particular en los últimos 30 años, parece estar modulado por el cambio climático, con diferencias locales debidas a las diferencias en la gestión y los usos del suelo (Batllori & Gutiérrez 2008).

- **Plagas.** La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), principal plaga de los pinares mediterráneos, es originaria del sur y el centro de Europa. En los últimos años, se ha extendido hacia el norte y ha expandido altitudinalmente su área de distribución, muy posiblemente debido al cambio climático, dado que su ciclo biológico está muy asociado a umbrales termométricos. La defoliación por procesionaria causa una merma tanto en crecimiento como en capacidad



reproductiva de los pinos: crecen menos en altura, producen menos piñas, menos piñones por piña, y piñones de menor tamaño. El cambio climático está permitiendo ampliar el área de acción de esta plaga a zonas inéditas, e incluso atacar a poblaciones y especies hasta ahora libres de sus ataques (Hódar & Zamora 2004). Hasta tal punto que en lugares como Sierra Nevada está poniendo en

peligro de desaparición los pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*). Si las poblaciones nevadenses no pueden ganar altura en las montañas, el efecto de la procesionaria puede hacerse más y más grave conforme incrementen las temperaturas.

- **Incendios.** Durante el siglo XX, el índice medio mensual de peligro (FWI) para España peninsular aumentó continuamente; los días con incendio, o con incendios múltiples o de gran tamaño suelen ser más frecuentes cuanto mayor es el índice de peligro (Moreno 2005); este índice de peligro de incendio aumentó en las regiones situadas en el suroeste y sudeste de España de forma concordante con el aumento de temperaturas experimentado (Moreno *et al.* 2009).

- En Galicia, un estudio ha revelado una tendencia clara al empeoramiento de los índices de peligro que definen las condiciones de inicio y propagación del fuego desde la década de 1960. La situación de peligro se agrava en período estival (junio-septiembre), pero también fuera de esos períodos (marzo), y más en los días sin lluvia (Vega *et al.* 2009).

- En Canarias, el cambio en la procedencia de las masas de aire influye mucho en la temperatura. Cuando los vientos soplan del este disminuye la humedad, la temperatura se dispara y son más comunes las olas de calor, las advecciones de polvo sahariano y, con ello, la frecuencia e intensidad de los incendios. Muchos de los grandes incendios que han asolado los montes de Canarias han tenido lugar en estas circunstancias. (Martín Esquivel 2010).

- Los incendios forestales en el año 2003, coincidiendo con la ola de calor en Europa, arrasaron sólo en la península ibérica más de 500.000 ha (Fink *et al.* 2004).

- **Producción de piñones en pinares continentales.** La reducción de la cosecha media por hectárea en más del 35%, constatada en los últimos 40 años en los pinares de pino piñonero (*Pinus pinea*) de la provincia de Valladolid, se explica por los efectos de las tendencias climáticas en este intervalo (reducción de la precipitación anual en un 15%, de la precipitación primaveral en un 30%, aumento de la temperatura media de los meses de junio y julio en 1,7°C) (Gordo *et al.* 2005, Mutke *et al.* 2005, 2006).

Sector Agrario

- **Viticultura.** La variación climática que prevén los estudios sobre cambio climático va a tener una incidencia muy importante sobre el viñedo español. De hecho, algunos viticultores y enólogos ya han constatado dichos efectos en algunas vendimias especialmente cálidas. En los últimos años, se vienen observando ciertos cambios en el proceso de maduración de la uva. Existe una tendencia a que se produzca un



desfase entre la madurez en el contenido en azúcares, más temprana y la madurez de aromas y polifenoles, más tardía. De manera que resulta difícil determinar el punto óptimo de cosecha ya que si tenemos el grado probable adecuado, todavía no se ha alcanzado la máxima intensidad aromática y los taninos todavía son verdes. Este desfase supone un reto para los elaboradores ya que el consumidor prefiere vinos de aroma intenso, taninos maduros y menor grado alcohólico. Los cambios observados se deben a las nuevas condiciones climáticas que coinciden con los resultados que se desprenden del estudio que sobre el cambio climático en España ha elaborado MARM (Deméter 2008).

- En Galicia, el análisis de la evolución de dos índices bioclimáticos, de Winkler y de Huglin, empleados para definir zonas vitivinícolas en función de su producción y su calidad a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y hasta los primeros años del XXI, concluyó que el efecto podría ser positivo, en términos de un incremento en el territorio apto para la vid y en una mayor capacidad de diversificar las variedades de uva y de tipos de vino a elaborar, pero con la posibilidad de que las variedades tradicionales de la zona, adaptadas a climas más frescos, lleguen o superen su máximo térmico, afectando a la calidad del vino (Horacio & Díaz Fierros 2009).

- **Daños al sector agrario.** La ola de calor del año 2003, que suele asociarse con el tipo de eventos extremos esperables por efecto del cambio climático, produjo pérdidas en 5 países del centro y sur de Europa (Austria, Alemania, Francia, Italia y España) por daños en la agricultura y el sector forestal estimados en más de 13.100 millones de € (Fink *et al.* 2004, Parry *et al.* 2007). En España, la producción agrícola sufrió un impacto estimado en 810 millones de € (COPA/COGECA 2003). Se ha estimado que las condiciones climáticas de ese verano causaron en España un déficit en el suministro

de forrajes del 30%, una reducción de la cabaña de aves de corral en un 15 - 20%, y de la producción de patatas en un 30%. Por el contrario, se ha estimado un incremento del 5% en la producción de vino (García Herrera *et al.* 2010).

Sector extractivo

- **Impactos sobre el cultivo del mejillón.** El análisis del número de días que los parques de cultivo han cerrado a la extracción de mejillón en relación con la dirección e intensidad del viento, concluye que la disminución de la intensidad (en un 25%) y duración (en un 30%) del periodo de vientos de componente norte en los últimos 40 años ha causado que el tiempo de renovación del agua en las rías se duplique, lo que explicaría el aumento del número de días que las microalgas nocivas están presentes en las rías, impidiendo la extracción del mejillón por resultar tóxico. Este hallazgo se

considera una evidencia del impacto del cambio climático sobre el cultivo de este molusco (Álvarez Salgado *et al.* 2008). Los incrementos en las floraciones de algas tóxicas influyen en el crecimiento de los bivalvos, y en su comercialización (Bode *et al.* 2009).



- Los cambios observados en la intensidad del afloramiento estival tienen que ver con la calidad del mejillón de

cultivo en Galicia (Blanton *et al.* 1987). Debido a la reducción de los afloramientos y la producción primaria en un momento decisivo del crecimiento, se ha detectado un menor crecimiento de mejillones de batea (Álvarez-Salgado *et al.* 2009).

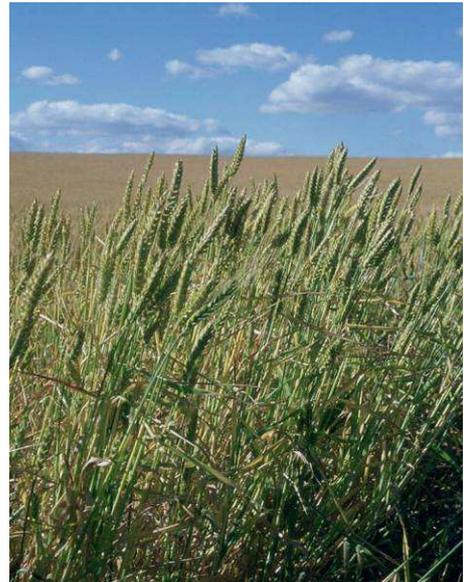
- **Cambios en pesquerías.** En Canarias, algunas de las especies tropicales establecidas en tiempos recientes constituyen actualmente recursos pesqueros de importancia en las islas occidentales, y de forma particular en El Hierro, principalmente el gallo aplomado (*Canthidermis suflamen*) y la caballa-chicharro (*Decapterus macarellus*), que se pesca en grandes cantidades desde 2006. Las especies objeto de pesca nativas más termófilas han aumentado sus poblaciones, y se ha observado cierta sustitución de especies de aguas más templadas por otras más termófilas, por ejemplo entre las sardinas *Sardina pilchardus* y *Sardinella aurita* (Brito 2008).

Eventos extremos

- Los desastres relacionados con el tiempo atmosférico son muy costosos. En Europa, los desastres que produjeron mayores pérdidas económicas en el periodo 1989-2008 fueron las inundaciones (40%) y las tormentas (30%), pero destaca también por su intensidad la ola de calor del año 2003. Las pérdidas económicas provocadas por catástrofes relacionadas con el clima en Europa entre 1980 y 2003 muestran un patrón de tendencia creciente, de la misma manera que las cuantías pagadas por inundaciones por los seguros en España en el periodo 1971-2001 muestran una tendencia creciente. Aunque los datos sugieren un vínculo, los expertos encuentran difícil la atribución directa al cambio climático de estas cifras, debido a la evolución simultánea de los factores socioeconómicos implicados (Piserra *et al.* 2005).

Salud humana

- **Eventos extremos y salud.** El cambio climático provocará una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos como olas de calor. Los efectos de este aumento en frecuencia, duración e intensidad sobre la salud pueden ser muy significativos. Como ejemplo, la ola de calor sufrida en Europa en 2003 causó un incremento de la mortandad, principalmente entre los grupos más vulnerables, que se ha cifrado en varias decenas de miles (70.000 según las últimas estimaciones) (Robine *et al.* 2008). En una estimación más conservadora, basada en las víctimas directas e inmediatas, se atribuyen a España 6.500 de 40.000 decesos totales, sólo por detrás de Francia y al nivel de Alemania (García Herrera *et al.* 2010).



- **Alergias.** Los cambios biológicos asociados al cambio climático pueden tener efectos sobre la salud, por ejemplo en la incidencia de alergias. Un estudio reciente sobre gramíneas en Andalucía muestra que, en el período 1982-2008, se ha adelantado el inicio de la estación polínica, ha aumentado el índice anual de polen y la severidad de la estación (nº de días en que se supera un umbral crítico de concentración polínica) (García-Mozo *et al.* 2010b).

- **Enfermedades vectoriales.** La expansión del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) en Europa y en España, ya está teniendo consecuencias en la salud humana. Este insecto es vector de enfermedades emergentes como la fiebre amarilla o el dengue, del que en 2010 se han registrado en Europa (Sur de Francia, Alemania) los primeros casos autóctonos en 100 años; en 2007 se demostró su acción activa en la transmisión del virus Chikungunya en Italia, donde más del 5% de la población del área infectada enfermó. Otro vector, como el mosquito de la fiebre amarilla (*Aedes aegypti*), que hasta ahora encontraba barreras climáticas para establecerse en España, podría asentarse, puesto que la llegada de la especie ha sido evidenciada. También se han detectado en Europa vectores de enfermedades como el virus West Nile o encefalitis víricas. (Jiménez-Peydró *in press*).



REFERENCIAS

- Abaurrea J., Asín J. & Centelles A. (2002). Caracterización espacio-temporal de la evolución de la precipitación anual en la cuenca del Ebro. En Guijarro J.A., Grimalt M., Laita M. & Alonso S. (eds.) *El Agua y el Clima*. Asociación Española de Climatología, Serie A 3: 113-124.
- AEMET (2012). Resumen Anual Climatológico 2011. En <http://www.aemet.es/>
- Almarza, C. (2000). Respuesta al Calentamiento Global de la serie de temperatura media anual de Madrid. *Actas de la II Asamblea Hispano-Lusa de Geodesia y Geofísica*. Sociedad de Geodesia y Geofísica, Madrid.
- Álvarez-Salgado X.A., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., Gómez Figueiras, F., Rosón G., Piedracoba, S., Filgueira, R. & Cabanas, J. M. (2008). Renewal time and the impact of harmful algal blooms on the extensive mussel raft culture of the Iberian coastal upwelling system (SW Europe). *Harmful Algae* 7: 849-855.
- Álvarez-Salgado X., Fernández-Reiriz M.J., Labarta U., Filgueira R., Peteiro L., Figueiras F.G., Piedracoba S. & Rosón G. (2009). Influencia do cambio climático no cultivo de mexillón das rías galegas. En: *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. pp. 373-389.
- Anadón R., Fernández C., García Florez L., Losada I. & Valdés L. (2009). Costas y Océanos. En R. Anadón & N. Roqueñi (coords.) *Evidencias y efectos potenciales del Cambio Climático en Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo. pp 126-171.
- Andreu L., Gutiérrez E., Macías M., Rivas M. Bosch O. & Camarero J.J. (2007). Climate increases regional tree-growth variability in Iberian pine forests. *Global Change Biology* 13: 804-815.
- Araújo M.B., Thuiller W & Pearson R. G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33: 1712-1728
- Arenillas M., Cobos G. & Navarro J. (2008). *Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas. El programa ERHIN (1984-2008)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 236 pp.
- Asociación para la Conservación del Urogallo (2011). <http://www.tetrao.org/index.php/Amenazas> (consultado enero 2012)
- Ashton S., Gutiérrez D. & Wilson R.J. (2009). Effects of temperature and elevation on habitat use by a rare mountain butterfly: implications for species responses to climate change. *Ecological Entomology* 34: 437-446.
- Ayala-Carcedo, F.J. (2004) El cambio climático en España: una realidad con efectos en la economía y el sector asegurador. Fundación Mapfre Estudios. *Gerencia de Riesgos y Seguros* 86: pp. 17-24.
- Bañón R (2009) Variacións na diversidade e abundancia ictiolóxica mariña en Galicia por efectos del Cambio climático. En: *Evidencias e impacto do cambio climático en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. pp. 355-372.
- Bauwens D., Hordiees F., Van Damme R. & Van Hecke A. (1986). Notes on distribution and expansion of the range of the lizard *Psammotromus algirus* in Northern Spain. *Amphibia Reptilia* 7: 389-392.
- Batllori E. & Gutiérrez E. (2008). Regional tree line dynamics in response to global change in the Pyrenees. *Journal of Ecology* 96: 1275- 1288.
- Bladé I., Cacho I., Castro-Díez Y., Gomis D., González-Sampériz P., Miguez-Macho G., Perez F.F., Rodríguez-Fonseca B., Rodríguez-Puebla C., Sánchez E., Sotillo G., Valero-Garcés B. & Vargas-Yáñez M. (2010). *Clima en España: Pasado, presente y futuro. Informe de evaluación del cambio climático regional*. Eds. F.F. Pérez & R. Boscolo. CLIVAR España. MARM y MICINN.
- Blanton J.O., Tenore K.R., Castillejo F., Atkinson L.P., Schwing F.B. & Lavin A. (1987) The relationship of upwelling to mussel production in the rias on the western coast of Spain. *Journal of Marine Research* 45: 497-571.
- Bode A., Alvarez-Salgado X.A., Ruiz-Villarreal M., Banon Diaz R., Castro C.G., Molares Vila J., Otero J., Roson G. & Varela M. (2009) Impacto do cambio climático nas condicións oceanográficas e nos recursos marinos. En: *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. p 499-515.

- Bosch J., Martínez-Solano I. & García-París M. (2001). Evidence of a Chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of Central Spain. *Biological Conservation*, 97: 331-337.
- Bosch J, Carrascal LM, Duran L, Walker S, and Fisher MC (2007). Climate change and outbreaks of amphibian chytridiomycosis in a montane area of Central Spain; is there a link? *Proceedings of the Royal Society B* 274:253-260.
- Brito, A. (2008). Influencia del calentamiento global sobre la biodiversidad marina de las Islas Canarias. En: J. Afonso-Carrillo, (ed.) *Naturaleza amenazada por los cambios en el clima. Actas de la III Semana Científica Telesforo Bravo*. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. pp. 141-161.
- Brito A., Lozano I.J., Falcón J.M., Rodríguez F.M. & Mena J. (1996). Análisis biogeográfico de la ictiofauna de las Islas Canarias. En: *Oceanografía y Recursos Marinos en el Atlántico Centro-Oriental*. Cabildo Insular de Gran Canaria. pp. 242-266.
- Brito, A., Falcón J. M. & Herrera R. (2005). Sobre la tropicalización reciente de la ictiofauna litoral de las islas Canarias y su relación con lo cambios ambientales y actividades antrópicas. *Vieraea*, 33: 515-525.
- Brito, A. (2008). *Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Biodiversidad Marina*. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.
- Brunet M., Casado M.J., Castro M., Galán P., López J.A., Martín J.M., Pastor A., Petisco E., Ramos P., Ribalaygua J., Rodríguez E., Sanz I. & Torres L. (2008). *Generación de escenarios climáticos regionalizados para España*. Agencia Estatal de Meteorología. 157 pp.
- Carrillo C.M., Barbosa A., Valera F., Barrientos R. & Moreno E. (2007). Northward expansion of a desert bird: effects of climate change? *Ibis* 149: 166-169.
- Castro M., Martín-Vide J & Alonso S. (2005). El Clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En: J.M. Moreno (ed.) *Evaluación Preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente. pp. 1-64.
- Castro C.G., Alvarez-Salgado X.A., Nogueira E., Gago J., Pérez F.F., Bode A., Ríos A.F., Rosón G. & Varela M. (2009). Evidencias biogeoquímicas do cambio climático. *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. pp. 303-326.
- COPA/COGECA 2003: Assessment of the impact of the heat wave and drought of the summer 2003 on agriculture and forestry. *Factsheet*. Comm. of Agricultural Organisations in the EU and the General Committee for Agricultural Cooperation in the European Union.
- De Lope, F. (2003). Golondrina dárica (*Hirundo daurica*). En: Martí R. & Del Moral, J.C. (coords.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid. pp. 386-387.
- De Luis, M., Raventós J., González-Hidalgo J.C., Sánchez J.R. & Cortina J. (2000). Spatial analysis of rainfall trends in the region of Valencia east Spain. *International Journal of Climatology* 20: 1451-1469.
- Deméter (2008). En: <http://www.cenitdemeter.es/>
- Devictor V, Van Swaay C., Brereton T., Brotons Ll., Chamberlain D., Heliölä J., Herrando S., Julliard R, Kuussaari M, Lindström Å., Reif J., Roy D.B., Schweiger O., Settele J., Stefanescu C., Van Strien A., Van Turnhout C., Vermouzek Z., WallisDeVries M., Wynhoff I. & Jiguet F. (2012). Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change*, 2012; DOI: 10.1038/nclimate1347.
- Esteban-Parra, M.J., Rodrigo, F.S. & Castro-Díez, Y. (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992. *International Journal of Climatology* 18: 1557-84.
- Fernández C. & Anadón R. (2008). La cornisa cantábrica: un escenario de cambios de distribución de comunidades intermareales. *Algas* 39: 30-31.
- Fric Z. (2005). *Colotis evagore* (KLUG, 1829) advancing northwards in Spain (Lepidoptera. Pieridae). *Shilap Revista de Lepidopterología* 33: 169-171.
- Fink, A.H., Brücher T., Krüger A., Leckebusch G.C., Pinto J.G. & Ulbrich U. (2004). The 2003 European summer heatwaves and drought: synoptic diagnosis and impact. *Weather* 59: 209-216.

- Fundación Migres (2010). En: <http://www.dicyt.com/noticias/la-fundacion-migres-confirma-que-el-ratonero-moro-se-establece-como-reproductor-en-la-peninsula-iberica>
- Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C & Trigo M.M. (2005). Heat requirement for the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *International Journal of Biometeorology* 49: 184-188.
- García-Herrera R., Díaz J., Trigo R.M., Luterbacher J. & Fischer E.M. (2010). A Review of the European Summer Heat Wave of 2003. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 40: 267-306.
- García-Mozo H., Galán C. y Domínguez-Vilches E. (2002). The impact of future climate change in the start of *Quercus* flowering in the Iberian Peninsula. En: B. Zapata (Ed.). *Quaternary Climatic Changes and Environmental crises in the Mediterranean Region*. Universidad de Alcalá de Henares. pp. 279-285.
- García-Mozo H., Galán C., Jato V., Belmonte J., Díaz de la Guardia C., Fernández D., Gutiérrez M., Aira M.J., Roure J.M., Ruiz L., Trigo M.M. & Domínguez-Vilches E. (2006). *Quercus* pollen season dynamics in the Iberian Peninsula: Response to meteorological parameters and possible consequences of climate change. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 13: 209-224.
- García-Mozo H., Mestre A. & Galán C. (2010). Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 575-580.
- García-Mozo H., Galán C., Díaz de la Guardia C., Nieto-Lugilde D., Recio M., Hidalgo P., González-Minero F., Ruiz L. & Domínguez-Vilches E. (2010). Trends in grass pollen Season in southern Spain. *Aerobiología* 26: 157-169.
- García-Romero, A., Muñoz, J., Andrés, N. & Palacios, D. (2009). Relationship between climate change and vegetation distribution in the Mediterranean mountains: Manzanares Head valley, Sierra De Guadarrama (Central Spain). *Climatic Change* 100: 645-666.
- Gili, J.M. (2006). En: <http://hispagua.cedex.es/documentacion/noticia/45775>
- Gili, J.M. (2011). En: <http://www.rtve.es/alacarta/audios/en-dias-como-hoy/dias-como-hoy-cada-vez-hay-mas-medusas-nuestras-playas/1157260/>
- Gordo J., Mutke S. & Gil L. (2005). Consecuencias del cambio climático en la producción de piña en los pinares continentales de *Pinus pinea* L. *Actas IV Congreso Forestal Español*. Zaragoza.
- Gordo O. & Sanz J.J. (2005). Phenology and climate change: a long term study in a Mediterranean locality. *Oecologia* 146: 484-495.
- Gordo O. & Sanz J. (2006). Climate change and bird phenology: a long term study in the Iberian Peninsula. *Global Change Biology* 12: 1993-2004.
- Gordo O. & Sanz J.J. (2009) Long-term temporal changes of plant phenology in the Western Mediterranean. *Global Change Biology* 15: 1930-1948.
- Gordo O. y Sanz JJ (2010). Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology* 16: 1082-1106.
- Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barančok P., Alonso J.B., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado M.R., Kazakis G., Krajči J., Larsson P., Mallaun M., Michelsen O., Moiseev D., Moiseev P., Molau U., Merzouki A., Nagy L., Nakhutsrishvili G., Pedersen B., Pelino G., Puscas M., Rossi G., Stanisci A., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Villar L., Vittoz P., Vogiatzakis I. & Grabherr G. (2012). Continent wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*. doi:10.1038/nclimate1329. Published online: 10 January 2012.
- Guerra A., González A.F. & Rocha F. (2002). Appearance of the common paper nautilus, *Argonauta argo* related to the increase of the sea surface temperature in the north-eastern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 82: 855-858.
- Hódar J.A. & Zamora R. (2004). Herbivory and climatic warming: a Mediterranean outbreaking caterpillar attacks a relict, boreal pine species. *Biodiversity and Conservation* 13: 493-500.
- Horacio J. & Díaz-Fierros F. (2009). A Viticultura. En: *Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia*. Xunta de Galicia. pp. 131-138.

- Iglesias A., Estrela T. & Gallart F. (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. En J.M. Moreno (coord.) *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 303-353.
- Jiménez Peydró R. *in press*. Vectores transmisores de enfermedades y cambio climático. En *Proyecto Cambio climático y salud en España: presente y futuro*. ISTAS-FGUCM.
- Jordano D., Retamosa E.C. & Haeger J.F. (1991). Factors Facilitating the Continued Presence of *Colotis-Evagore* (Klug, 1829) in Southern Spain. *Journal of Biogeography* 18: 637-646.
- Jump A, Hunt J y Peñuelas J (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology* 12: 2163-2174.
- Junta de Andalucía (2009). Se detectan 560.000 aves a su paso por el Estrecho en 2009 con importantes cambios migratorios. En: <http://www.diariodesevilla.es/article/noticias/621170/se/detectan/aves/su/paso/por/estrecho/con/importantes/cambios/migratorios.html>
- Layna, J. (2010). La extinción del urogallo gallego se produjo en apenas tres decenios. http://www.lavozdegalicia.es/sociedad/2010/08/02/0003_8644716.htm
- López Munguira M. (2011). Apolo, en peligro de extinción debido al cambio climático [http://www.efeverde.com/contenidos/noticias/apolo-en-peligro-de-extincion-debido-al-cambio-climatico/\(language\)/esl-ES](http://www.efeverde.com/contenidos/noticias/apolo-en-peligro-de-extincion-debido-al-cambio-climatico/(language)/esl-ES)
- Losada, I. (2007). Impactos del cambio climático en la costa española. Ciclo: el clima que viene. Fundación Juan March. http://www.march.es/Recursos_Web/Culturales/Documentos/conferencias/PP2454.pdf
- Llope M., Anadón R., Sostres J.A. & Viesca L. (2007). Nutrients dynamics in the southern Bay of Biscay (1993-2003): Winter supply, stoichiometry, long-term trends, and their effects on the phytoplankton community. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 112, C07029, doi:10.1029/2006JC003573.
- Martín Esquivel, J.L. (2011). El calentamiento climático afecta a la biodiversidad de las Islas Canarias. *Boletín de la Red de Seguimiento del Cambio Global* 1: 22-25.
- Martín Esquivel, J.L., Bethencourt J. & Cuevas-Agulló E. (2012). Assessment of global warming on the island of Tenerife, Canary Islands (Spain). Trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change* DOI 10.1007/s10584-012-0407-7.
- Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissoli P., Braslavska O., Briede A., Chmielewski F.M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dalh Å., Defila C., Donnelly A., Filella Y., Jatczak K., Måge F., Mestre A., Nordli O., Peñuelas J., Pirinen P., Remi_ová V., Scheifinger H., Striz M., Susnik A., VanVliet A., Wielgolaski F.E., Zach S. & Zust A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.
- Mezquida E. T., Villarán A. & Pascual-Parra J. (2007). Timing of autumn bird migration in central Spain in light of recent climate change. *Ardeola* 54: 251-259.
- Milián T. (1996). *Variaciones seculares de las precipitaciones en España*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Barcelona.
- Montón, E. & Quereda, J. (1997). *¿Hacia un cambio climático? La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*. Fundación Dávalos-Fletcher. 520 pp.
- Moreno-Rueda, G., Pleguezuelos, J. M. & Alaminos, E. (2009). Climate warming and activity period extension in the Mediterranean snake *Malpolon monspessulanus*. *Climatic Change* 92: 235-242.
- Moreno J.M., Rodríguez-Urbieta I., Zavala G. & Martín M. (2009). Cambio Climático y Riesgo de Incendios Forestales en Castilla-La Mancha. En Rodríguez A., Fernández H. & Rojano I. (coords.) *Impactos del cambio climático en Castilla-La Mancha*. pp. 340-364.
- Moreno J.M. 2005. Riesgos de Origen Climático: Impactos sobre los Incendios Forestales. En J.M. Moreno (coord.) *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 581-615.
- Moreno-Rueda G., Pleguezuelos J.M., Pizarro M. & Montori A. (2012) Northward Shifts of the Distributions of Spanish Reptiles in Association with Climate Change. *Conservation Biology* 26: 278–283.

- Mutke S., Gordo J., Gil L. (2005). Variability of Mediterranean Stone pine cone yield: yield loss as response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 132: 263-272.
- Mutke S., Gordo J. & Gil L. (2006) Pérdida de producción de piña en los pinares de piñonero como consecuencia del cambio climático. *Foresta* 32: 34-38.
- Navarro R.M., Carrasco A., Fernández Cancio A., Ruiz Navarro J.M.; Sánchez Salguero R., Hernández Clemente R., Rodríguez Reviriego S. & Arias R. (2010). Estudio de los procesos de decaimiento realizados en la sierra de los Filabres (Almería). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. <http://www.profor.org/archivos/hemeroteca/Navarro.pdf>
- Obeso, J. R., Bañuelos, M. J. (2004). El urogallo (*Tetrao urogallus cantabricus*) en la Cordillera Cantábrica. Serie Técnica OAPN. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Parmesan C., Duarte C., Poloczanska E. Richardson A.J. & Singer M.C. (2011). Overstretching attribution. *Nature Climate Change* 1: 2-4.
- Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. & Hanson C.E. (eds.) (2007). *Climate Change 2007. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Pauli H., Gottfried M., Dullinger S., Abdaladze O., Akhalkatsi M., Benito J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández R., Ghosn D., Holten J.I., Kanka R., Kazakis G., Kollár J., Larsson P., Moiseev P., Moiseev D., Molau U., Molero J., Nagy L., Pelino G., Puşcaş M., Rossi G., Stanisci A., Syverhuset A.O., Theurillat J.P., Tomaselli M., Unterluggauer P., Villar L., Vittoz P., & Grabherr G. Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science* 20 April 2012: 336 (6079), 353-355. [DOI:10.1126/science.1219033]
- Peña C. (2011). Sostenibilidad de la costa y cambio climático: experiencias españolas., presentado el 13 de mayo de 2011 en *Taller Regional sobre Impactos y Adaptación al Cambio Climático en las Zonas Costeras de América Latina y Caribe*. Santander, España.
- Peñuelas J. & Boada M. (2003). A global change-induced biome shift in the Montseny Mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, 9: 131-140.
- Peñuelas J., Filella I. & Comas P. (2002). Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology* 9: 531-544.
- Piserra M.T., Wirtz B. & Sáez J. (2005). Impactos sobre el sector del seguro. En J.M. Moreno (coord.). *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 691-726.
- Planque B., Beilouis P., Jégou A.M., Lazure P., Petitgas P. & Puillat I. (2003). Large scale hydroclimatic variability in the Bay of Biscay. The 1990s in the context of interdecadal changes. *ICES Marine Science Symposia* 219: 61-70.
- Potti J. (2008). Temperature during egg formation and the effect of climate warming on egg size in a small songbird. *Acta Oecologica* 33: 387-393.
- Quero J.C., Du Buit M.H. & Vayne J.J. (1998). Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologica Acta* 21: 345-351.
- Ramos A.G., Martel A., Codd G.A., Soler E., Coca J., Redondo A., Morrison L.F., Metcalf J.S., Ojeda A., Suárez S. & Petit M. (2005). Bloom of the marine diazotrophic cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* in the Northwest African Upwelling. *Marine Ecology Progress Series* 301: 303-305.
- Robine J.M., Cheung S.L.K., Le Roy S., Van Oyen H., Griffiths C., Michel J.P. & Herrmann F.R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies* 331: 171-178.
- Rodrigo, F.S., Esteban-Parra D., Pozo-Vázquez D. & Castro-Díez Y. (1999). A 500 year precipitation record in Southern Spain. *International Journal of Climatology* 19:1233-1253.
- Sabatés A., Martín P., Lloret J. & Raya V. (2006). Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. *Global Change Biology* 12: 2209-2219.
- Sánchez-Salguero R., Navarro-Cerrillo R., Camarero J.J., Fernández-Cancio A. & Lara J. (2009). Causas climáticas del decaimiento selectivo de pinares en el Sureste de España. Comunicación al 5º Congreso Forestal Español, Ávila.

Sanz Elorza, M., Dana, E.E., González A. & Sobrino E. (2003). Changes in the High-mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany* 92: 273-280.

Schiermeier Q. (2010). Mediterranean most at risk from European heatwaves. *Nature online* <http://www.nature.com/news/2010/100517/full/news.2010.238.html>

SEO/Birdlife (2009). En: <http://www.seomalaga.org/document/2651.pdf>

Southward A.J., Hawkins S.J. & Burrows M.T. (1995). Seventy years observations in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of thermal Biology* 20: 127-155.

Van Swaay C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., Lopez Munguira, M., Šašić M., Settele J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M. & Wynhof, I. (2010). *European Red List of Butterflies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Varela M., Bode A., Gómez Figueiras F., Huete-Ortega M. & Marañón E. (2009). Variabilidade e tendencias interanuais no fitoplancton mariño das costas de Galicia. *Evidencias e impacto do Cambio Climático en Galicia*. Xunta de Galicia. pp. 355-372.

Vargas M., garcía M.C., Moya F., Tel E., Parrilla G., Plaza F., Lavín A. & García M.J. (aut. princ.) (2010). *Cambio climático en el Mediterráneo español*. Segunda Edición Actualizada. Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia e Innovación. 176 pp.

Vega J.A., Fernández C., Jiménez E. & Ruiz A.D. (2009). Evidencias de cambio climático en Galicia a través das tendencias dos índices de perigo de incendios forestais. En: *Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia*. Xunta de Galicia. pp. 173-194.

Vicente-Serrano S.M., Lasanta T. & Gracia C. (2010). Aridification determines changes in forest growth in *Pinus halepensis* forests under semiarid Mediterranean climate conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 614-628.

Vila M., Garcés E. & Masó M. (2001). Potentially epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. *Aquatic Microbial Ecology* 26: 51-60.

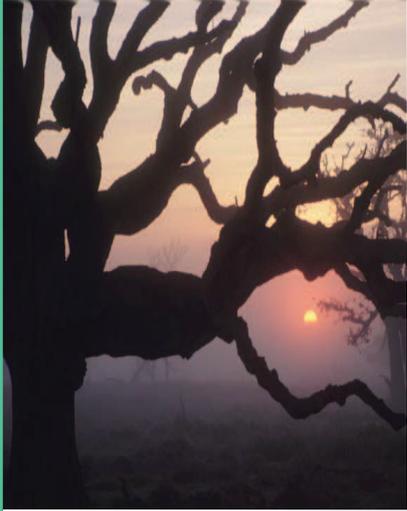
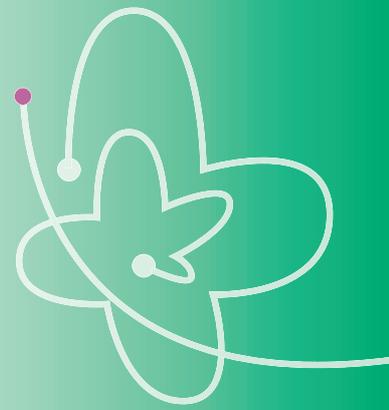
VVAA. (2007) *El cambio climático en España. Informe para el Presidente del Gobierno elaborado por expertos en cambio climático. Documento resumen*. Noviembre 2007.

VVAA (2011). *Biodiversidad en España. Base de la Sostenibilidad ante el Cambio Global*. Observatorio de la Sostenibilidad en España.

Wheeler, D. & Martín-Vide, J. (1992). rainfall characteristics of mainland Europe most Southernly Stations. *International Journal of Climatology* 12:69-76.

Wilson R.J., Gutiérrez D., Gutiérrez J., Martínez D., Agudo R. & Monserrat, V.J. (2005). Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters* 8: 1138-1146.

Wilson R.J., Gutiérrez D., Gutiérrez J. & Monserrat V.J. 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology* 13: 1873-1887.



PNACC

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

