Segundo Informe

Estudio sobre efectos constatados y percepción del

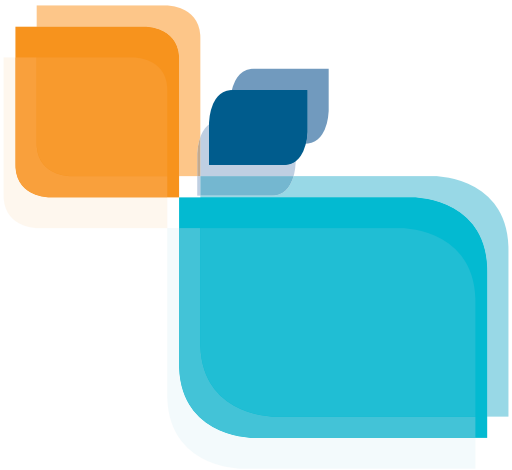
Cambio Climático

en el medio rural de Castilla-La Mancha






Castilla-La Mancha



Estudio sobre efectos constatados y percepción del

Cambio Climático

en el medio rural de Castilla-La Mancha

Segundo Informe

Estudio sobre efectos constatados y percepción del

Cambio Climático

en el medio rural de Castilla-La Mancha

Propuestas de Medidas de Adaptación.

Coordinadores:
Jonathan Gómez Cantero, Alfonso Rodríguez Torres, Eduardo Bustillo Holgado y Pablo Rodríguez Bustamante.

Coordinación general: GEOCyL Consultoría, S.L.

Unidad de Apoyo:
Oficina del Cambio Climático de Castilla-La Mancha

La elaboración de este informe ha sido financiada por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural. FEADER.

Como citar la obra:
En conjunto:
Jonathan Gómez Cantero, Rodríguez-Torres A., Bustillo Holgado E. y Rodríguez Bustamante P. (Coord.). 2018. Estudio sobre Efectos Constatados y Percepción del Cambio Climático en el Medio Rural de Castilla-La Mancha. Propuestas de Medidas de Adaptación. Junta de Comunidades de Catilla-La Mancha.

Por capítulos:
Cada capítulo con su título y autoría.
In Jonathan Gómez Cantero, Rodríguez-Torres A, Bustillo Holgado E. y Rodríguez Bustamante P. (Coord.). 2018. Estudio sobre Efectos Constatados y Percepción del Cambio Climático en el Medio Rural de Castilla-La Mancha. Propuestas de Medidas de Adaptación. Junta de Comunidades de Catilla-La Mancha.

Edita: Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

Diseño, maquetación e impresión:
IMP Comunicación

2018

Depósito Legal: TO 512-2018

Ejemplar gratuito. Prohibida su venta.

Este informe refleja la opinión de los autores y no necesariamente la de la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha.

PEFC

Promoviendo una gestión forestal sostenible.
Para más información www.pefc.org

ESTUDIO SOBRE EFECTOS CONSTATADOS Y PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDIO RURAL DE CASTILLA-LA MANCHA

PROPUESTAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

COORDINADORES

Jonathan Gómez Cantero, Alfonso Rodríguez Torres, Eduardo Bustillo Holgado y Pablo Rodríguez Bustamante

AUTORES

J. Gómez, E. Bustillo, P. Rodríguez, P. Acebedo, S. Amadoro, M. Andrés, R. Arias, A. Avilés, C. Bachiller, F. Bravo, M.J. Cabello, F. Chico, A. Chicote, J.F. Couceiro, A. Domínguez, L.E. Espinoza, J.P. Falomir, J.J. Fernández, M.R. Fernández, I.G. Fernández de Mera, M. Florín, A. García, E. García, F.A. García, J.J. Garde, P. Gavidia, M.B. Gómez, C. Gortázar, R. U. Gosálvez, R. Granda, N. Herrera, J. Laborda, C. Laguna, B.C. Léllis, E. López, F.R. López, D. López-Rey, C. Martín, A. Martínez-Navarro, A. Martínez-Romero, E Martínez-Burgos, E. Martínez-García, E. Martínez-Ibarra, J. Martínez, R. Mateo, H. Miettinen, L. Miguel, A.J. del Moral, E. Morales, C. Morán, E.M. Muñoz, A. Nájera, J.J. Pardo, M.D. Pérez, R. Pérez, M.I. Picazo, J. Rojo, E. Rubio, F. Ruiz-Fons, A. Sánchez, E. Sánchez, G. Sánchez, T. Sánchez, D. Sánchez-Gómez, D. Sánchez-Ramos, M. Serrano, A.J. Soler, J.M. Tarjuelo, A. Velasco, J. Vicente, J.L. Yela.

UNIDAD DE APOYO

Alfonso Rodríguez Torres, Javier Santamarta Álvarez y David Martín Arribas.

Oficina del Cambio Climático de Castilla-La Mancha.

Viceconsejería de Medio Ambiente.

Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural.

Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

Unión Europea

Castilla-La Mancha

GOBIERNO DE ESPAÑA

Presentación

Naciones Unidas, define el cambio climático como uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo y supone una presión adicional para nuestras sociedades y el medio ambiente. Desde pautas meteorológicas cambiantes, que amenazan la producción de alimentos, hasta el aumento del nivel del mar, que incrementa el riesgo de inundaciones catastróficas, los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes. Si no se toman medidas drásticas desde hoy, será más difícil y costoso adaptarse a estos efectos en el futuro.

Conscientes de que los gobiernos tienen la obligación de promover medidas que faciliten la adaptación al mismo, a la vez que contribuyan a mitigar sus efectos, así como de la importancia que ya está teniendo este proceso en la vida de los castellano-manchegos, el Gobierno presidido por Emiliano García-Page, ha encargado la realización de este informe que contiene un estudio sobre efectos constatados y percepción del Cambio Climático en el medio rural de nuestra Comunidad Autónoma, con el objeto de disponer de una base sólida y rigurosa, construida con la opinión de expertos en diferentes campos, que aportando su visión cualificada sobre este suceso, constituyan la base sobre la que construir las decisiones políticas futuras en la lucha contra el Cambio Climático en Castilla-La Mancha.

Los efectos y cambios producidos por la alteración del clima son cada vez más evidentes en nuestra región. La subida en más de un grado centígrado de la temperatura media regional y la notable pérdida de precipitación, que han tenido lugar en los últimos cuarenta años, están dejando marcas cada vez más reconocibles en nuestra geografía, tanto física como humana.

El adelanto de la temporada de vendimia, el incremento de las floraciones tempranas o el acortamiento de los ciclos fenológicos de muchos de nuestros cultivos agrícolas son signos más que evidentes fácilmente observables para nuestra gente del campo. Son sólo unos pocos ejemplos de los efectos plausibles que no escapan a la sencilla observación diaria de quién más de cerca los padece y que deben adaptar sus calendarios de actividad para hacer sostenibles sus explotaciones.

A primera vista no podemos calificar estos cambios ni como positivos ni como negativos. Es sencillamente una cuestión de modificar los hábitos y costumbres. Sin embargo, otros efectos no tan evidentes necesitan ser analizados en profundidad y contrastados con situaciones históricas, experiencias parecidas, interpretaciones, estadísticas o modelos matemáticos que permitan descartar incertidumbres y establecer la causa real y sus consecuencias a medio y largo plazo

Este segundo informe (el primero fue en 2009) no se basa en proyecciones climáticas, sino que analiza series históricas de datos climáticos obtenidos de estaciones meteorológicas ubicadas en el territorio regional y recopila y analiza eventos y observaciones realizadas a lo largo de los últimos años, tratando de identificar potenciales efectos provocados por el cambio climático.

El agua, tanto por su disponibilidad como por su gestión, es quizás el principal reto que nos plantea el cambio climático en Castilla-La Mancha, y conscientes de ello, desde el Gobierno ya trabajamos inten-

samente en este campo, tratando de involucrar a todos los agentes sociales que tengan algo que aportar, y que deberá quedar plasmado en un documento del agua que recoja todas las sensibilidades de la sociedad, e impulse medidas de sostenibilidad que colaboren al éxito de las políticas de lucha contra el Cambio Climático en nuestra Región, a la vez que se sienten las bases para que nuestro medio natural, nuestra agricultura, y en definitiva nuestra Región, tenga un futuro viable y sostenible en el medio y largo plazo. No hay que olvidar que de las siete demarcaciones hidrográficas que nos afectan, cuatro dependen exclusivamente de las precipitaciones que se producen en la región para renovar sus recursos hídricos y satisfacer todas las demandas de agua que se generan, tanto las humanas como las naturales.

Pero en este amplio informe, no sólo se analizan los recursos hídricos, sino que se estudia la variación climática experimentada en los últimos 36 años en Castilla-La Mancha, las perturbaciones meteorológicas extremas observadas en la región, los efectos inducidos por las alteraciones climáticas en los bosques, cultivos, sanidad ganadera, infraestructuras, salud humana y su relación con la despoblación del mundo rural. Se incluye también un interesante estudio sobre la percepción del cambio climático por la ciudadanía de Castilla-La Mancha y un análisis del tratamiento de la información en los medios de comunicación.

Los autores de cada capítulo, a los quiero reconocer y agradecer su trabajo, no sólo hacen constar su análisis crítico de la situación sino que aportan de forma bien fundamentada potenciales medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de cada sector.

Al igual que el primer informe, los resultados de este trabajo complementarán las medidas de las estrategias frente al cambio climático en Castilla-La Mancha en los futuros horizontes temporales de cumplimiento de la Unión Europa y permitirán acercarnos al objetivo del Acuerdo de París, porque nos permiten avanzar e incluso anticiparnos a los efectos, reorientar criterios y asegurar los niveles de bienestar y desarrollo de manera sostenible.

Construir las estrategias y planes de acción sobre la base del conocimiento es el paso fundamental para construir el futuro regional y va a permitir, a través de una acción temprana, disminuir las vulnerabilidades de nuestro sistema socioeconómico, reducir los costes y garantizar su sostenibilidad.

Francisco Martínez Arroyo

Consejero de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural

Índice





1. En el clima 10
   1. Alteraciones climáticas observadas en los últimos años 11
   2. Extremos meteorológicos: analizar el pasado para entender el presente 53
   3. Los escenarios previstos en Castilla-La Mancha 67

2. En los recursos hídricos 76
   1. Recursos hídricos y cambio climático en Castilla-La Mancha 77
   2. El futuro del Rio Tajo en los escenarios de cambio climático y uso de sus recursos 97

3. En el medio natural 102
   1. Efectos observados en la naturaleza, la fauna y espacios protegidos 103
   2. Efectos del cambio climático sobre los montes de Castilla-La Mancha 117
   3. Una visión general a la problemática de los incendios forestales 135
   4. Régimen de incendios, dinámica y evolución de los incendios forestales en Castilla-La Mancha en un escenario de cambio climático. 147
   5. Polen atmosférico y cambio climático en Castilla-La Mancha 189
   6. Usos y pérdida de suelo 199
   7. Los humedales y el cambio climático en Castilla-La Mancha 213
   8. Humedales de tratamiento y reutilización de aguas residuales 233
   9. Cambio climático en los humedales, ocurrencia de supercélula en Salicor 239
   10. El botulismo aviar: una amenaza añadida para los humedales castellano-manchegos ante el cambio climático 245
   11. Artrópodos y cambio climático en Castilla-La Mancha: una evaluación preliminar 249
   12. Problemática sanitaria de la sobreabundancia de ungulados silvestres e interacción con el cambio climático 259





4. En la socioeconomia 264

1. Efectos del cambio climático en la ganaderia 265
2. Cambio climático y fisiologia reproductiva 271
3. Cambio climático, vectores y enfermedades vectoriales 277
4. La viticultura de Castilla-La Mancha ante el cambio climático 287
5. El pistachero ante el cambio climático en España 295
6. Efectos del cambio climático en el cultivo del ajo 301
7. El almendro en Castilla-La Mancha frente al cambio climático 309
8. El caso del regadio 315
9. Herramientas para mitigar el efecto del cambio climático sobre los regadíos 321
10. Daños en infraestructuras 327
11. Impactos en el turismo rural 333
12. Cambio climático y despoblación 359

5. Salud y cambio climático en Castilla-La Mancha 380

1. Efectos del cambio climático sobre la salud humana en Castilla-La Mancha 381
2. Cambio climático y alergias polínicas 397

6. Sociedad y cambio climático en Castilla-La Mancha 408

1. La percepción de cambio climático en la región 409
2. Medios de comunicación y cambio climático 431

Un reto de futuro 440

Anexo 442

Capítulo 1

En el clima



Alteraciones climáticas observadas en los últimos años

Jonathan Gómez Cantero
Geógrafo-Climatólogo, investigador en cambio climático.
Docente, Consultor internacional. Actualmente en El Tiempo de CMM

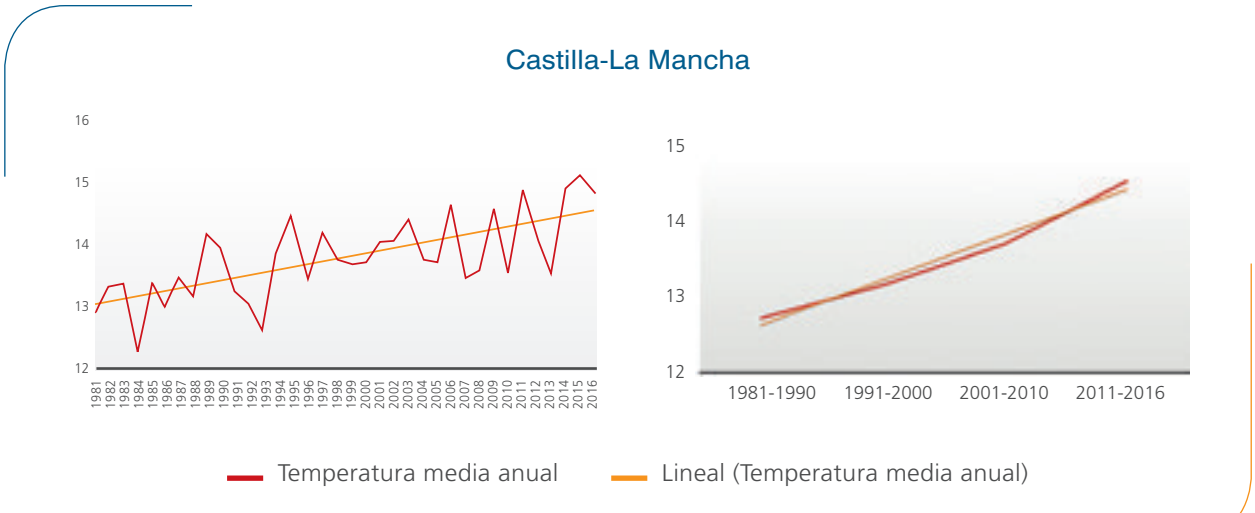
Para el buen estudio de las tendencias climáticas, se hace obligatorio usar todas las redes de toma de datos disponibles. En este caso, se dispone de las estaciones de AEMET de primer orden, una estación por cada capital provincial más la de Molina de Aragón en Guadalajara. Aun siendo conscientes del bajo porcentaje de territorio cubierto, son los datos más fiables de los que se dispone, tomados en estaciones homologadas y que cumplen con los estándares de la Organización Meteorológica Mundial. Se trata, pues, de unos datos de gran fiabilidad científica que permiten su tratamiento desde distintos puntos de vista estadísticos.

Los datos han sido elaborados por la Oficina del Cambio Climático de Castilla-La Mancha (Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural) a partir de los datos oficiales suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, en julio de 2017.

Temperaturas

Analizados los datos de temperatura para el periodo 1981-2016 en el conjunto de la región, se observa un aumento indiscutible de la temperatura media anual, de hasta 1,4ºC para el periodo de estudio. El año más cálido de la serie fue 2015 con 15,14ºC de temperatura media, mientras que el más frío fue 1984 con 12,84ºC. La temperatura media interanual ha llegado en algunos momentos a crecer a un ritmo de 0,04ºC.

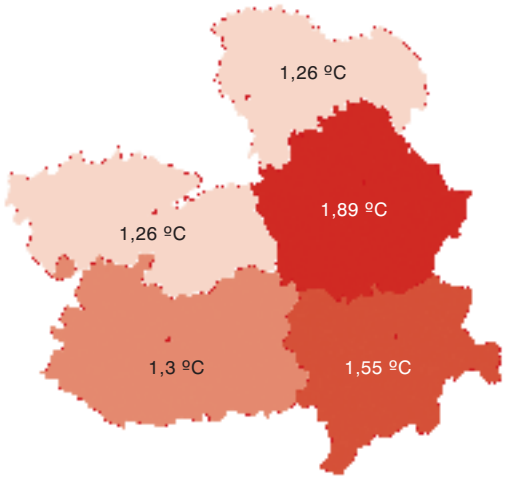
Si analizamos los datos por décadas, la información es aún más relevante, pues constata un claro aumento. Pasó de 13,47ºC de media en el primer intervalo, a 14,63ºC en el último, aunque hemos de tener presente que aún quedarían algunos años para cerrar la década. El aumento ha llegado a ser de 0,28ºC, pero en caso de 2001-2010/2011-2016 el aumento fue de 0,53ºC, por lo que no sólo debe constatar un claro calentamiento, sino una aceleración en el ritmo. Cada década, la temperatura no sólo se incrementa, sino que la subida es con mayor fuerza.



Si analizamos cartográficamente los mayores aumentos, veremos que Cuenca tiene el mayor aumento de la temperatura media anual, con un valor que alcanzaría los 1,89ºC para el periodo de estudio.

Albacete también tendría un gran aumento térmico que alcanzaría los 1,55ºC, mientras que en Guadalajara, Toledo y Ciudad Real se moverían entre los 1,26ºC y los 1,3ºC.

Variación de la temperatura (1981-2016)



Primavera

Para los meses de marzo, abril y mayo se constata igualmente un calentamiento de 1,8ºC para el conjunto de años. El año más frío fue 1984 con 9.71ºC, de hecho, ha sido el único año cuya media ha caído de los 10ºC, mientras el más cálido ha sido 2015 con 14,09ºC.

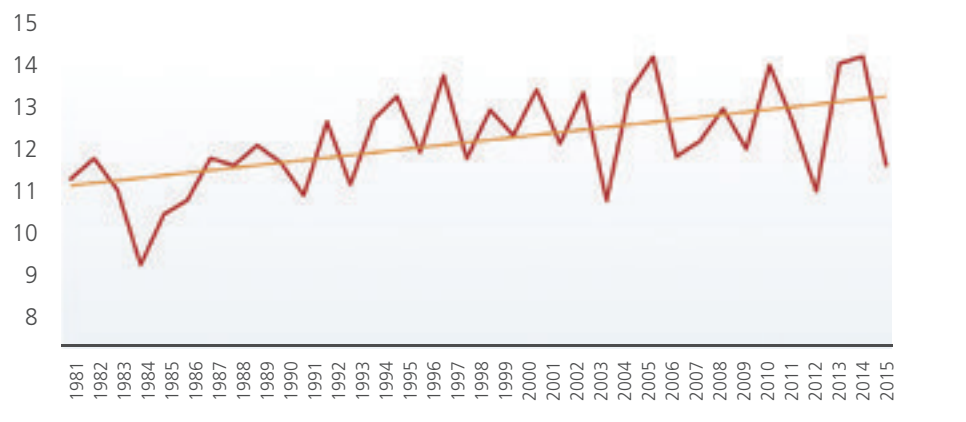
El ritmo de crecimiento interanual ha sido de media de 0,05ºC, aunque en algunos años como 2013-2014 fue de 2,68ºC. Estos datos constatan una marcada variabilidad, cada vez más intensa, pero caracterizada en todo caso por una tendencia al alza. Primaveras frescas, pueden alternarse con primaveras extremadamente cálidas.

Por provincia, es Cuenca la que tiene un mayor aumento para estos meses del año, que alcanzaría hasta 2,42ºC, seguida de Albacete que se quedaría en 2,17ºC de aumento. El resto estarían por debajo de los dos grados de aumento, quedándose Ciudad Real en 1,74ºC; Toledo en 1,53ºC y Guadalajara en 1,03ºC.

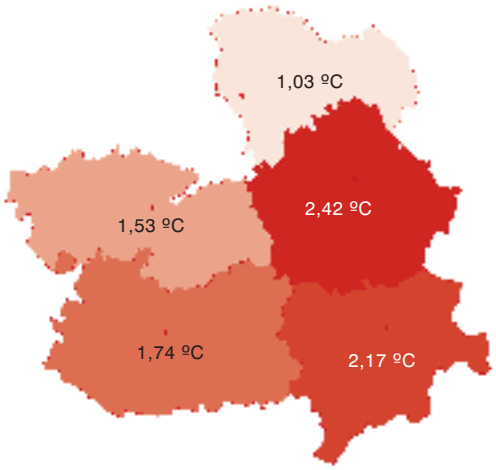
Verano

Los meses de junio, julio y agosto son los que presentan el calentamiento más marcado. La temperatura ha aumentado para el periodo de estudio en 2,27ºC, pasando esta época del año de tener una temperatura media de entorno a los 21ºC a en algunos casos, más de 25ºC. El verano más frío volvió a ser el del año 1984 con 21,6ºC, mientras que el de 2015 alcanzó los 25,09ºC.

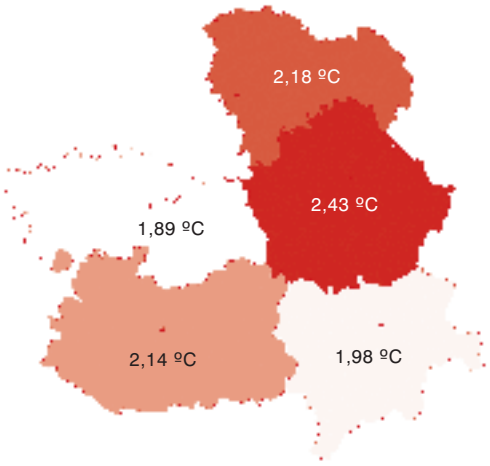
Castilla-La Mancha



Variación de temperaturas en primavera (MAR-ABR-MAY) 1981-2016



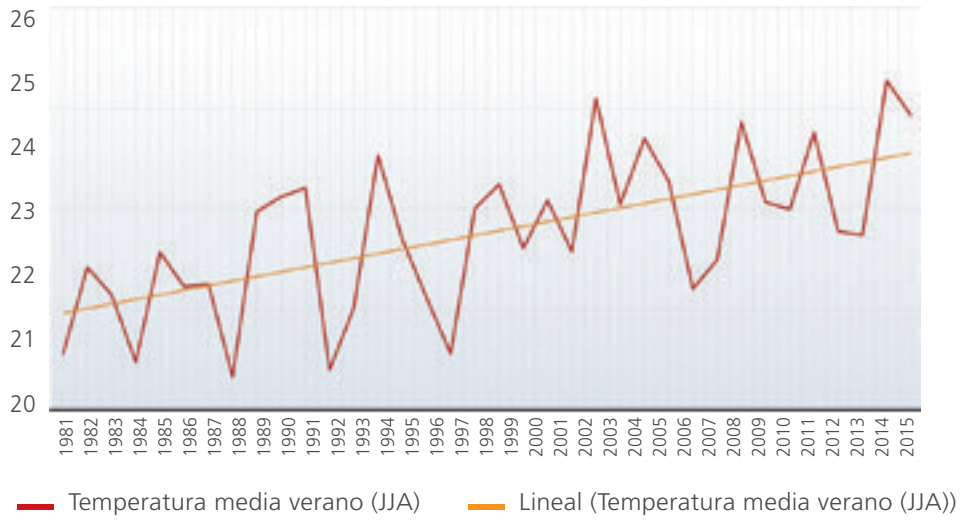
Variación de temperaturas en verano (JUN-JUL-AGO) 1981-2016



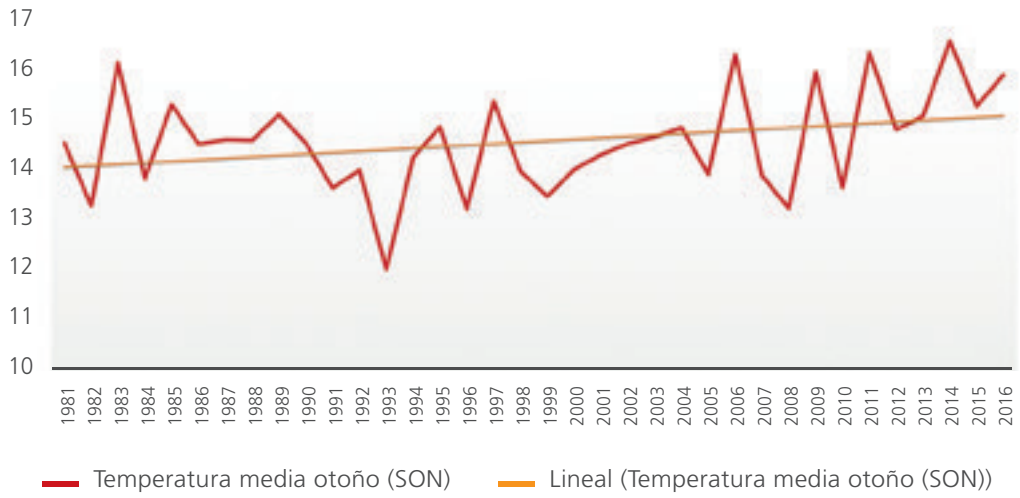
Aunque también hay una marcada variabilidad interanual con veranos más frescos y otros más cálidos, la nueva realidad climático hace que los que ahora se consideran "frescos", sería más cálidos que los de comienzos de los años ochenta.

Los meses de junio, julio y agosto son los que presentan, en general, el mayor aumento térmico. Los días de verano son cada vez más cálidos y a su vez aumentan los días con temperaturas por encima de 30ºC. Cuenca llega a alcanzar un aumento de 2,42ºC, seguida en este caso por Guadalajara con 2,18ºC de aumento, y de Ciudad real, con 2,14ºC. Albacete presenta un aumento de 1,98ºC y Toledo de 1,89ºC, unas cifras verdaderamente alarmantes, pues se trata de grandes aumentos en los meses de más calor.

Castilla-La Mancha



Castilla-La Mancha

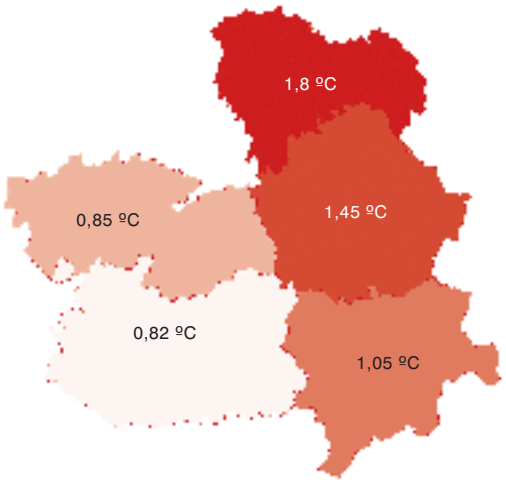


Otoño

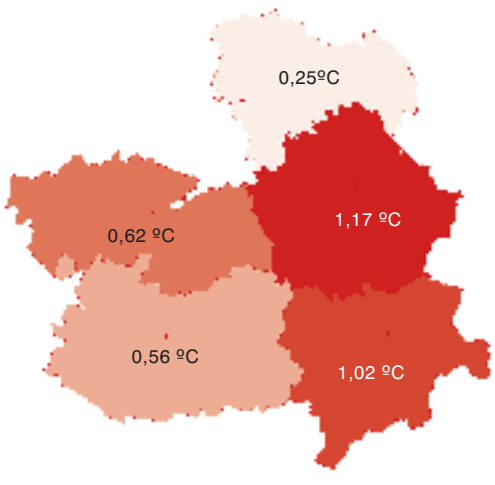
El otoño (septiembre, octubre y noviembre) también muestra a lo largo del periodo de estudio un aumento generalizado que llega a los 1,84ºC. Muestra además una fuerte variabilidad interanual, de hecho, el año que muestra esta estación más fría es 1993 con una temperatura media de 11,9ºC, mientras que el más cálido es 2014 con 16,3ºC.

La temperatura aumenta a un ritmo de 0,05ºC por año, de media, aunque hay periodos en que esa variabilidad entre años puede ser de más de 2,6ºC como ocurre entre 2008 y 2009.

Variación de temperaturas en otoño (SEP-OCT-NOV) 1981-2016



Variación de temperaturas en invierno (DIC-ENE-FEB) 1981-2016



En los meses de otoño, Guadalajara es la que presenta un mayor aumento de la temperatura, que alcanzaría los 1,8ºC. Por detrás iría Albacete con 1,08ºC y por debajo del grado de aumento estaría en resto, con valores de 0,85ºC en Toledo; 0,82ºC en Ciudad Real, y 1,45ºC en Cuenca.

Invierno

Los meses correspondientes a diciembre, enero y febrero son los que presentan una mayor variabilidad interanual, pero en todo caso, también se constata un aumento generalizado de 0,56ºC para el intervalo de estudio, lo que hace que sea la estación que más lentamente aumenta su temperatura.

Es especialmente llamativo, que, debido a cada vez una mayor variación anual, la estación más fría fue la del año 2005 con 3,88ºC y el más cálido 2016 con 7,37ºC.

En los meses de invierno también se constata un aumento térmico, aunque no tan pronunciado como en el resto de estaciones del año. Cuenca ha ascendido su temperatura en 1,17ºC, Albacete en 1,02ºC, mientras que Toledo y Ciudad Real estarían entre 0,56ºC y 0,62ºC. Guadalajara presenta un leve aumento de 0,25ºC.

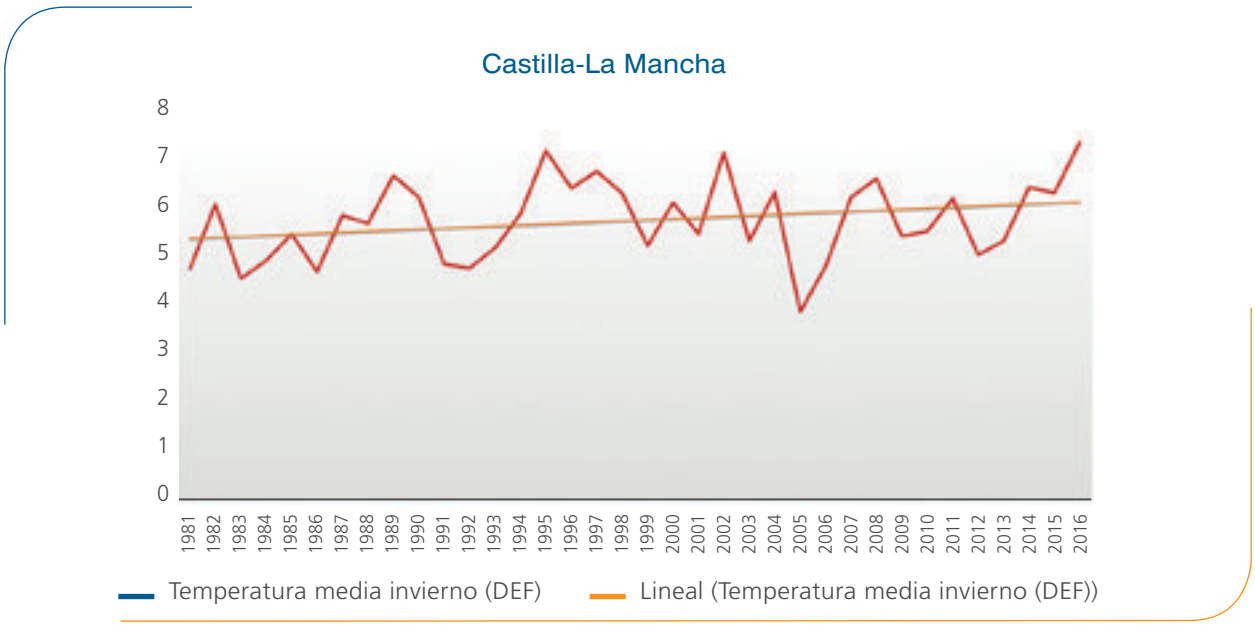
Picos térmicos

Otras variables importantes para analizar esta realidad climática, es atender a las temperaturas más altas y más bajas. Por ejemplo, el número de días por encima de 30ºC aumenta a un gran ritmo, de 0,6 días más por año. Pese a ello, hay una gran variabilidad interanual, pero eso no impide este gran aumento.

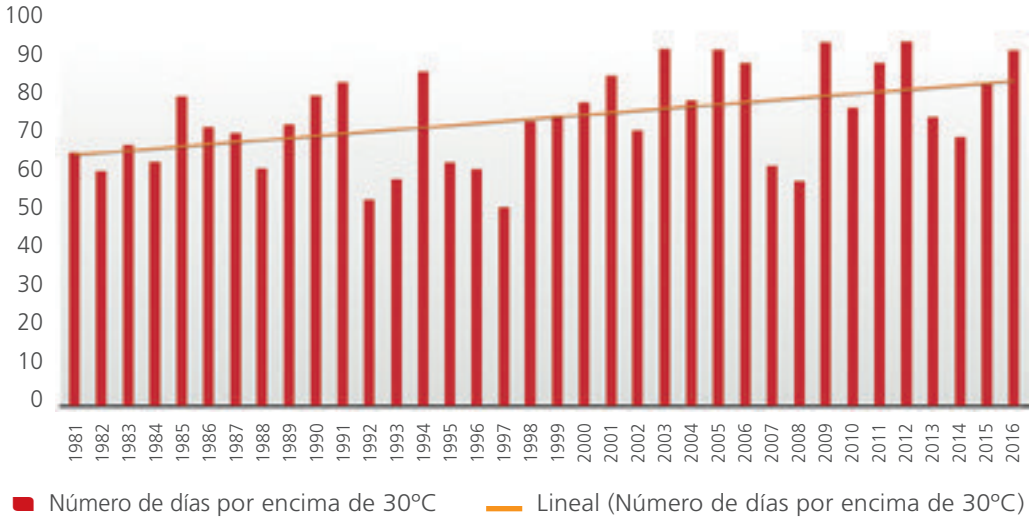
El año con menor número de días por encima de 30ºC fue de 50 en 1997, mientras que en 2009 y 2012 llegó a 92.

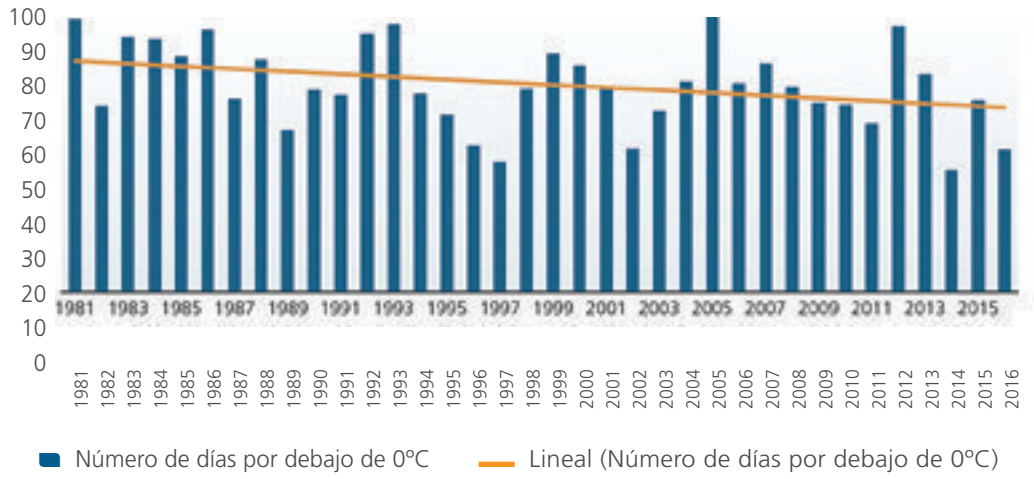
Por el contrario, el número de heladas ha disminuido de forma muy marcada en el conjunto de la región, aunque marcando grandes variaciones entre distintos años. Curiosamente, el año 2005 fue el que más días hizo caer los termómetros por debajo de esta cifra, hasta 94 veces, mientras que en 1997 solo lo hizo en 39.

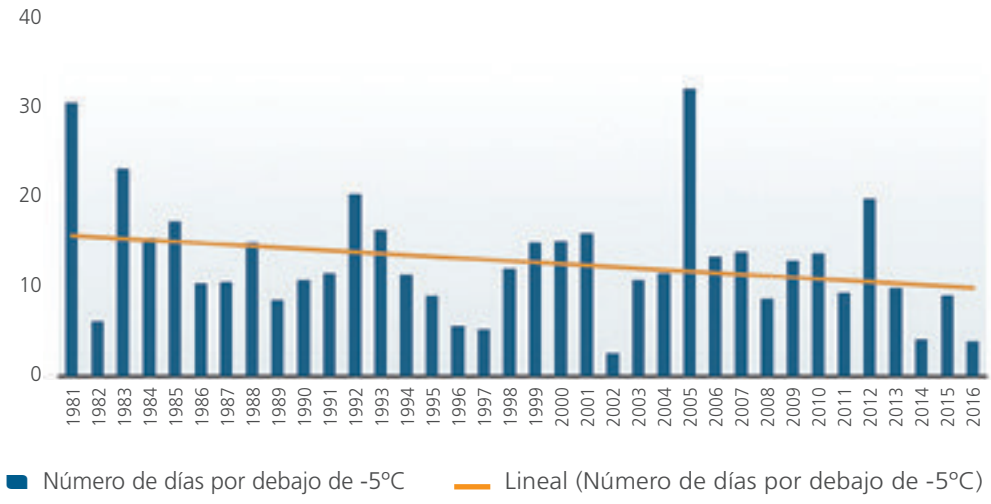
El número de días por debajo de -5ºC también ha caído de forma moderada, a un ritmo medio de 0,18 días por año. El año 2005 fue el que más número de heladas tuvo con 32, mientras que en 2002 apenas fueron 3.



Castilla-La Mancha

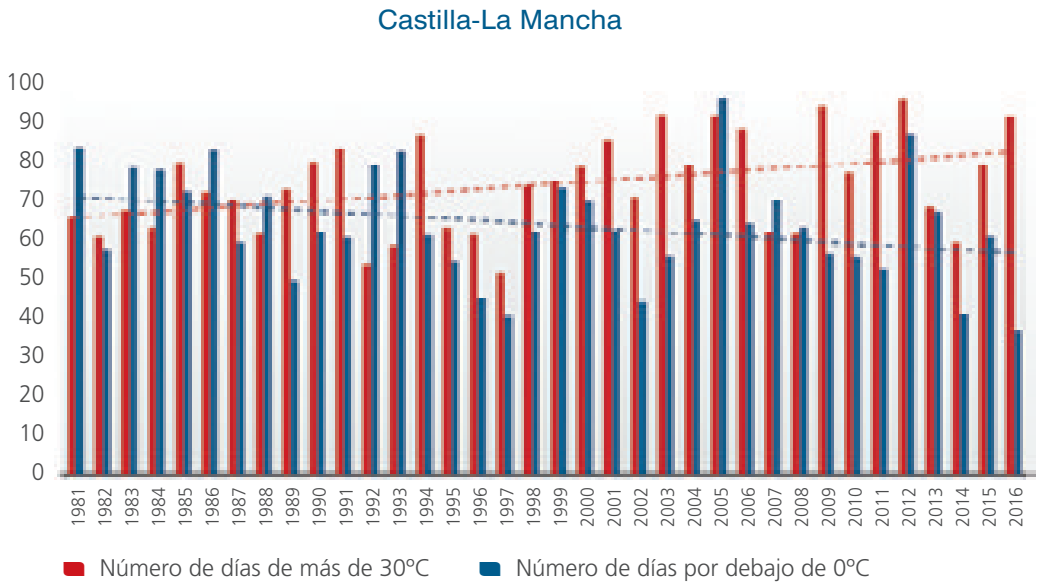






En conclusión, podemos establecer que el número de días cálidos, está con un marcado aumento, mientras que el número de días que registran heladas está descendiendo. Los días cálidos ya no sólo se registran en verano, sino que se extienden a los meses de finales de la primavera y comienzos del otoño.

En resumen, podemos observar que, para el conjunto de los años, así como para cada una de las estaciones, se observa un marcado aumento de las temperaturas, especialmente en verano. En todos los casos, hay cada vez una mayor variabilidad, sobre todo en invierno, que por otro lado es la estación que muestra el calentamiento más moderado.



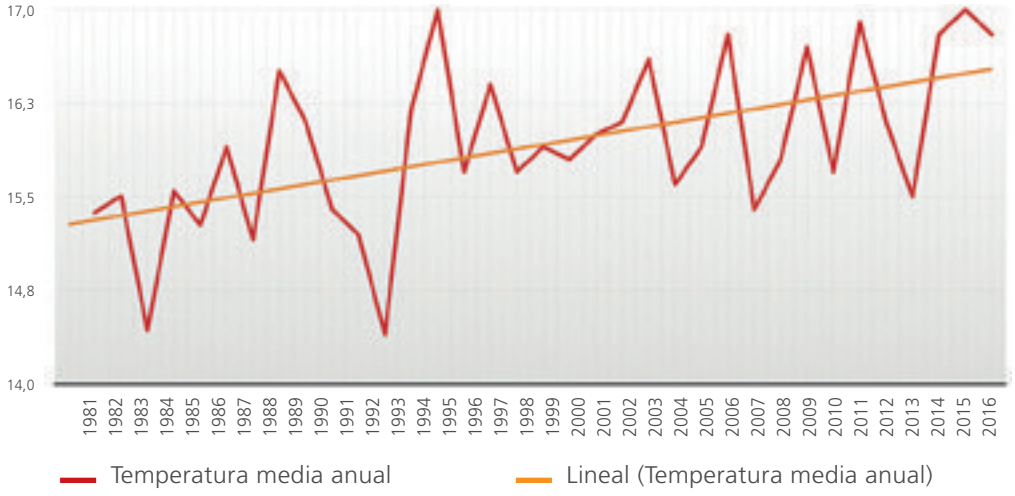
Toledo

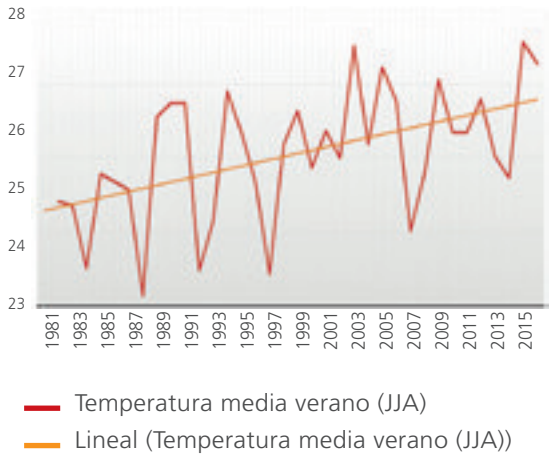
En el caso de Toledo, hay un marcado aumento de la temperatura media anual de 0,036ºC por año. Pese a la tendencia media, existe una marcada variabilidad térmica interanual, pero los últimos años, han sido más de 1,2ºC más cálidos que los del comienzo del estudio. El año más frío de la serie fue 1993 con 14,4ºC, mientras que el más cálido se registró en 2015 con 17ºC.

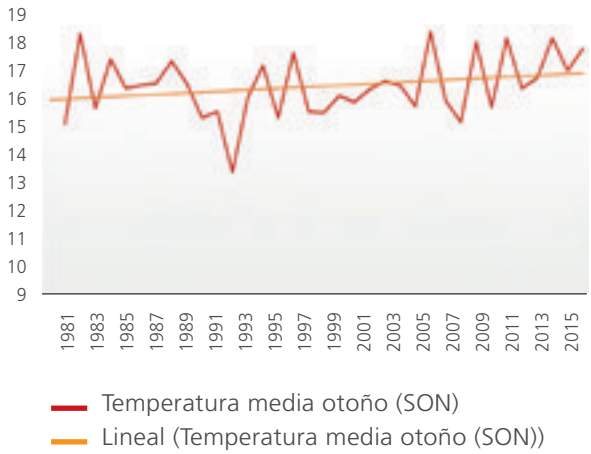
En el caso de las estaciones, **el verano** es la que presenta un mayor aumento, debido a la mayor frecuencia de los días cálidos y muy cálidos. La temperatura en esta estación correspondiente a los meses de junio, julio y agosto, crece a un ritmo de 0,054ºC por año, es decir, casi 1.9ºC para el periodo de estudio. Además, es la estación que muestra un mayor contraste entre los distintos años y pese a que las demás también lo muestran, no llega a ser una variación tan brusca.

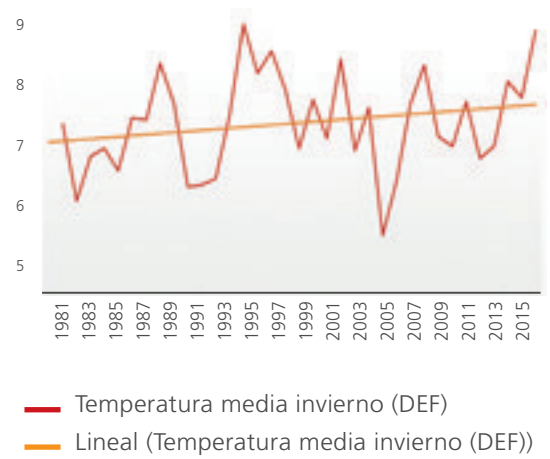
El número de días por encima de 30ºC creció a un ritmo de 0,52 por año, de hecho, ahora se puedan llegar a registrar en esta zona, hasta 19 días más, de media, que a comienzos del periodo de estudio. Por el contrario, el número de días que registran temperaturas por debajo de los 0ºC ha descendido de media a un ritmo de 0,38 por año, o lo que es lo mismo, ahora hay unos 14 días menos de heladas que antes. El año con más días por encima de 30ºC fue 2011 con 114, mientras que el que tuvo mayor número de heladas también fue en fechas actuales, en 2005, con 73, lo que pone de manifiesto, las grandes variaciones a las que está sometido este entorno.

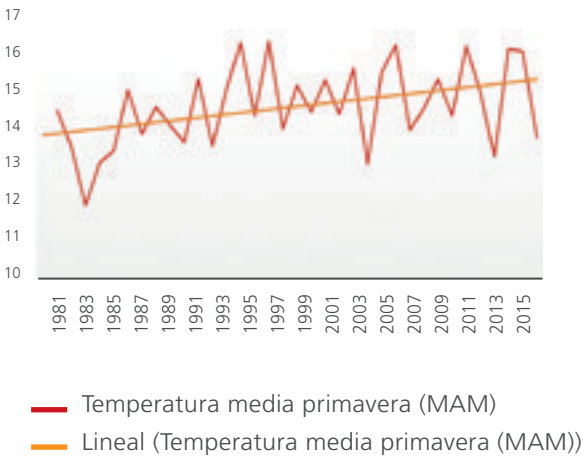
Toledo

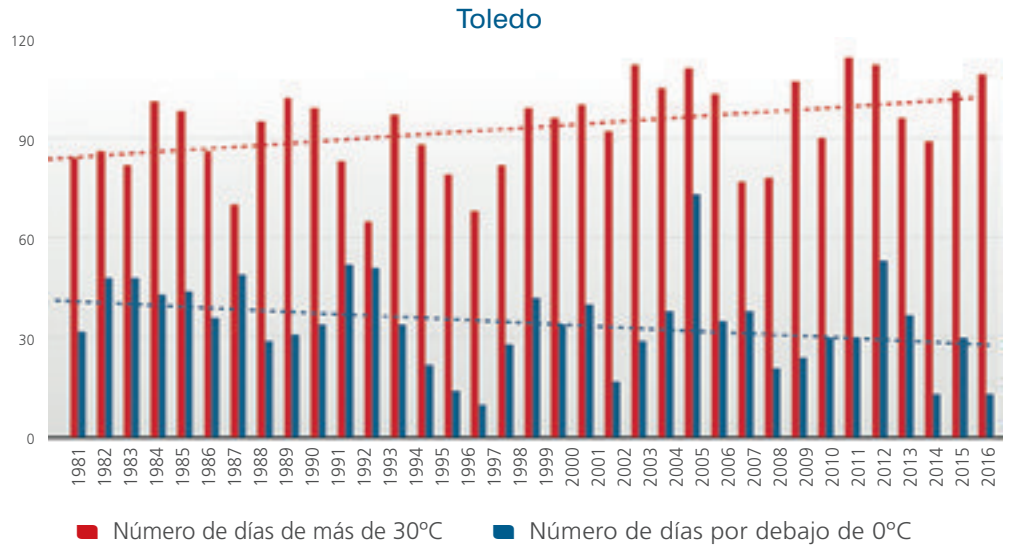

17,0
16,3
15,5
14,8
14,0
1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
Temperatura media anual
Lineal (Temperatura media anual)


28
27
26
25
24
23
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media verano (JJA)
Lineal (Temperatura media verano (JJA))


19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media otoño (SON)
Lineal (Temperatura media otoño (SON))

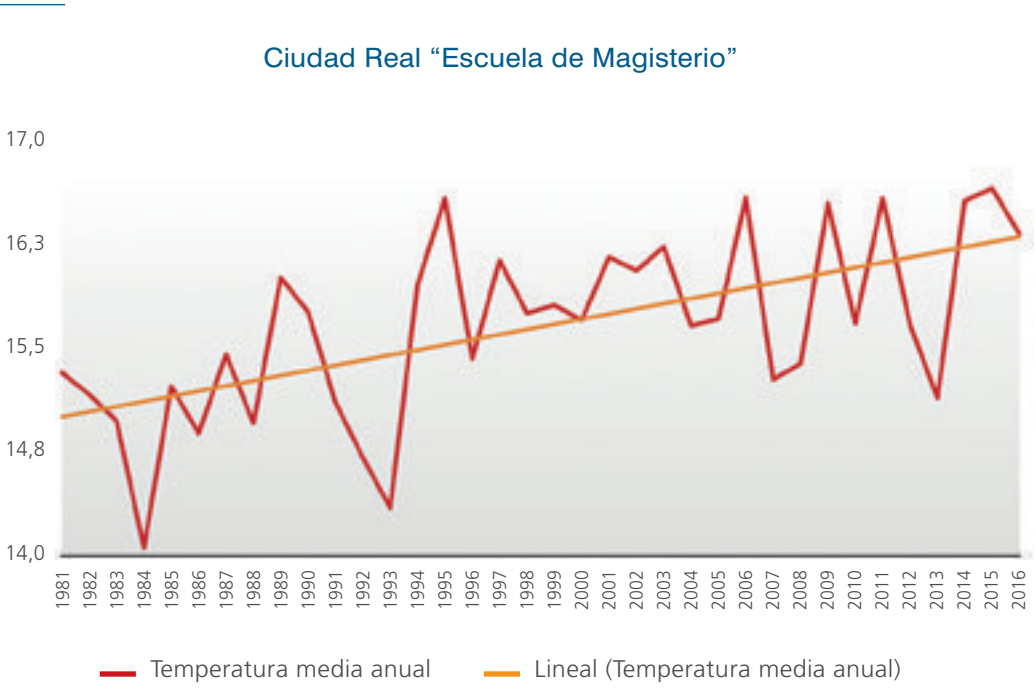

9
8
7
6
5
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media invierno (DEF)
Lineal (Temperatura media invierno (DEF))


17
16
15
14
13
12
11
10
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media primavera (MAM)
Lineal (Temperatura media primavera (MAM))

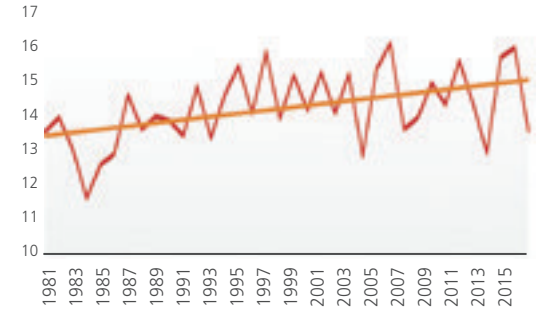


Ciudad Real

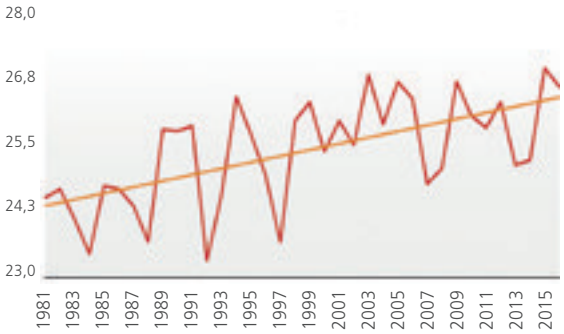
En el caso de Ciudad Real se produce un aumento general de la temperatura, aunque a un ritmo más débil. Por año la temperatura se incrementa 0,037ºC, lo que supone 1,35ºC más para todo el periodo de estudio. Hay una marcada variabilidad en la que de un año a otro puede llegar a existir más de 1,6ºC de diferencia, como del año 1993 a 1994. El año más frío fue 1984 con una temperatura media de 14,1ºC, mientras que el más cálido fue 2015 con 16,7ºC



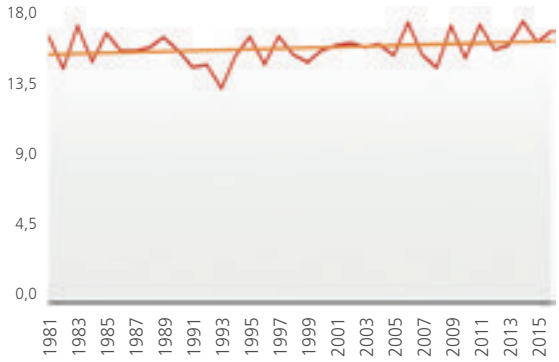
Ciudad Real "Escuela de Magisterio"



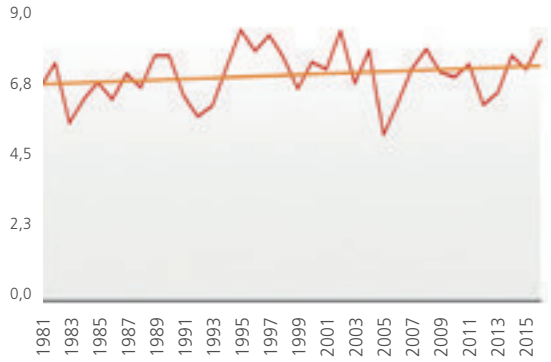
Temperatura media primavera (MAM)
Lineal (Temperatura media primavera (MAM))



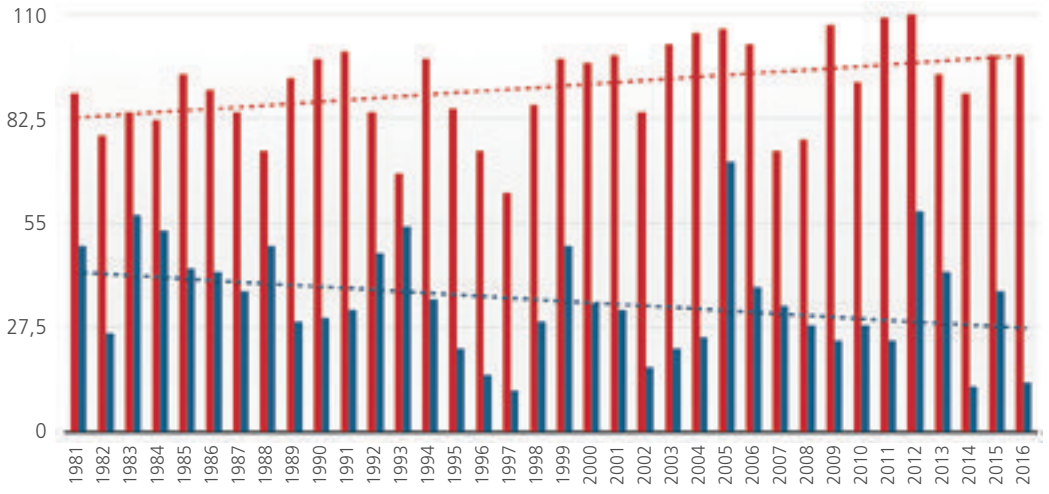
Temperatura media verano (JJA)
Lineal (Temperatura media verano (JJA))



Temperatura media otoño (SON)
Lineal (Temperatura media otoño (SON)



Temperatura media invierno (DEF)
Lineal (Temperatura media invierno (DEF))



Número de días de más de 30ºC
Número de días por debajo de 0ºC

En el comportamiento de las estaciones también se produce un aumento muy marcado en el verano, seguido de la primavera. En el caso de la primera, la temperatura crece de media a 0,06ºC, ahora los veranos son hasta 2,13ºC más cálidos que antes, mientras que en la primavera crece a un ritmo de 0,049ºC y año, habiendo aumentado la temperatura desde el comienzo de la serie hasta la actualidad, en 1,74ºC.

En los meses de otoño e invierno también ha aumento la temperatura, pero a un ritmo menor, de 0,023ºC/año y 0,016ºC/año respectivamente, lo que supone un aumento en ambos casos menor a 1ºC para el periodo de estudio.

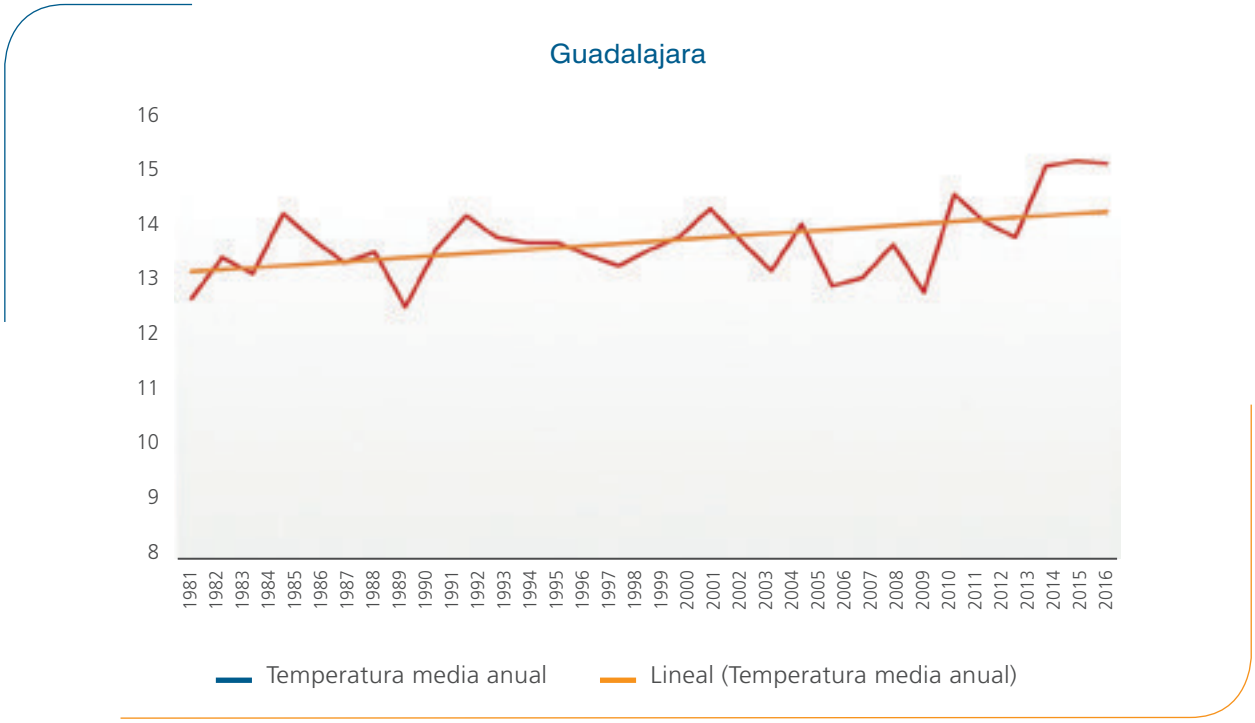
En el caso del número de días por encima de 30ºC se ha producido un aumento de 0,47 por año, lo que equivale ahora a tener 17 días más con esta temperatura o superior que a comienzos de la serie. En el caso del número de días que registran heladas, disminuyen a un ritmo de 0,42 por año. Ahora hay 15 días menos de heladas que a comienzos de los años 80. Los días cálido aumentan en mayor proporción que descienden los días con temperaturas iguales o inferiores a 0ºC

Guadalajara

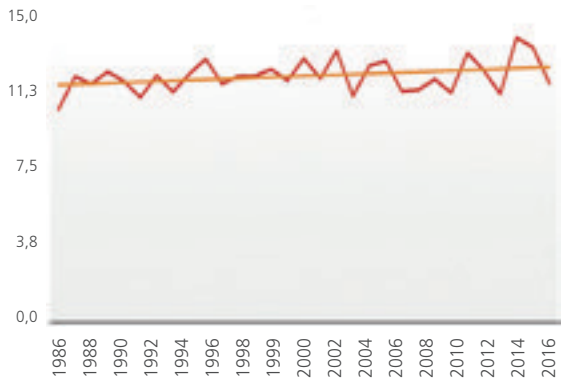
En el caso de la estación de Guadalajara-Serranillo sólo se dispone de los datos desde 1986 por lo que la comparativa con otras estaciones puede producir algún error al no estar referida al mismo número de años, pero los datos siguen siendo muy relevantes

La temperatura media anual ha aumentado a un ritmo de 0,036ºC por año, lo que ha supuesto 1,2ºC más, para todo el periodo. El año 1993 fue el más frío con 12,6ºC, mientras que 2015 fue el más cálido con 15,2ºC.

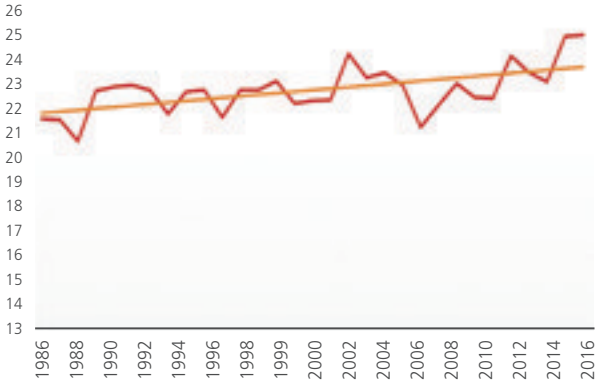
En cuanto a las estaciones, vuelve a ser el verano la que aumenta su temperatura a un mayor ritmo, de 0,062ºC por año, un total de 2,18ºC más de aumento para todo el periodo. A diferencia de otras zonas, el otoño es la segunda que más aumenta, con un ritmo de 0,051ºC/año, suponiendo 1,53ºC para todo el periodo. Le siguen la primavera y el invierno, en el caso de este último con un leve aumento de 0,2ºC para todo el periodo, prácticamente cero.



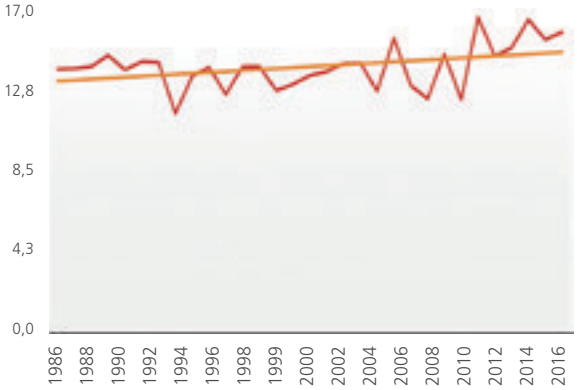
Ciudad Real "Escuela de Magisterio"



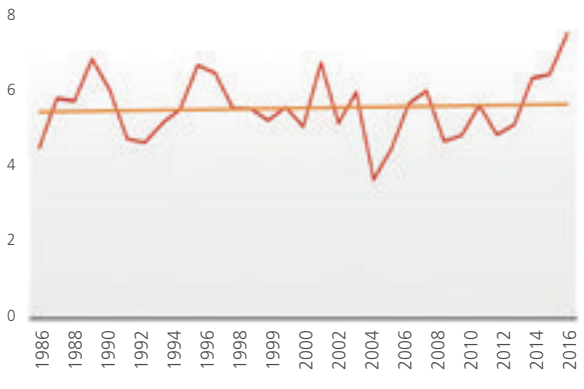
Temperatura media primavera (MAM)
Lineal (Temperatura media primavera (MAM))



Temperatura media verano (JJA)
Lineal (Temperatura media verano (JJA))



Temperatura media otoño (SON)
Lineal (Temperatura media otoño (SON)



Temperatura media invierno (DEF)
Lineal (Temperatura media invierno (DEF))

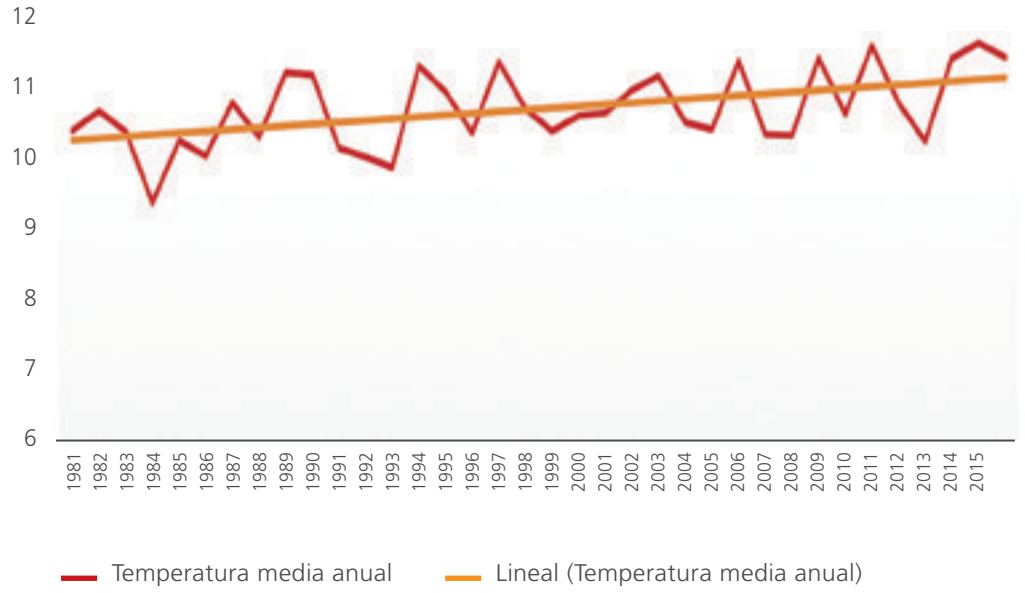
En el caso de **Molina de Aragón** el comportamiento es muy similar. No hemos de olvidar, que la ubicación geográfica hace de este municipio y esta estación, una de las más frías de todo el país donde son muy frecuentes las heladas y temperaturas máximas no demasiado altas.

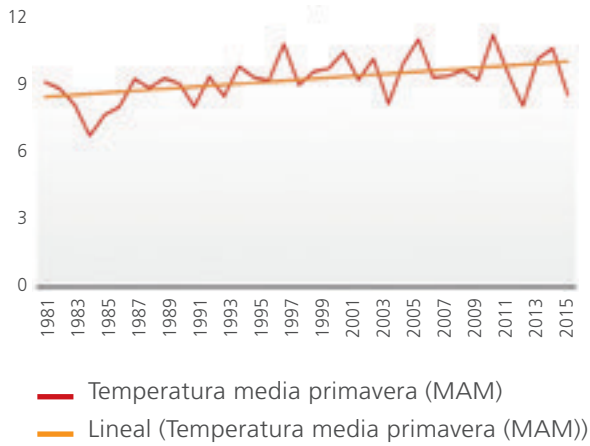
La temperatura media anual aumentó 0,026ºC por año, suponiendo 0,93ºC para todo el periodo. El año más frío fue 1984 con una temperatura media de 9,3ºC, mientras que el más cálido fue 2015 con 11,6ºC.

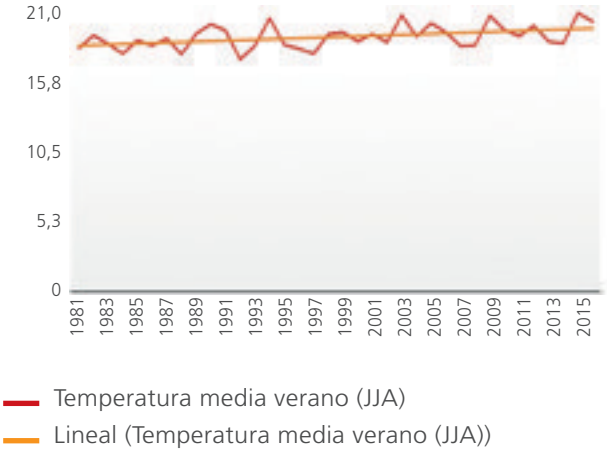
Pese al aumento térmico, la variabilidad interanual no es demasiado marcada y se produce un incremento bastante homogéneo.

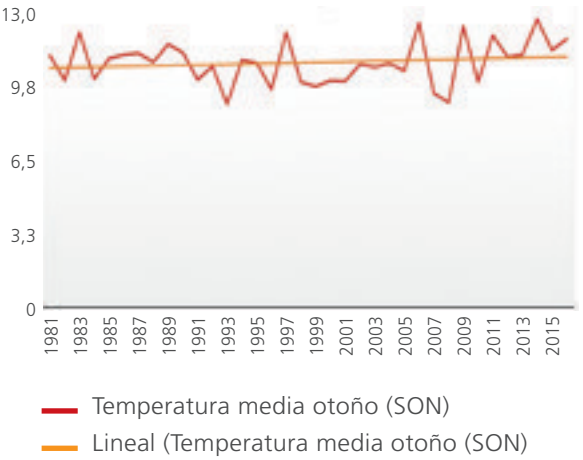
En el caso de este observatorio meteorológico, es singular el hecho de que es la primavera la que tiene el mayor aumento de temperatura, de 0,045ºC y año, lo que llega a ser 1,6ºC más, para todo el periodo. El verano le sigue de cerca con un aumento de 0,036ºC al año, es decir, 1,3ºC para el mismo intervalo de tiempo. El invierno apenas presenta una tendencia, tan sólo de 0,28ºC para todo el registro, por lo que podemos decir que es cero.

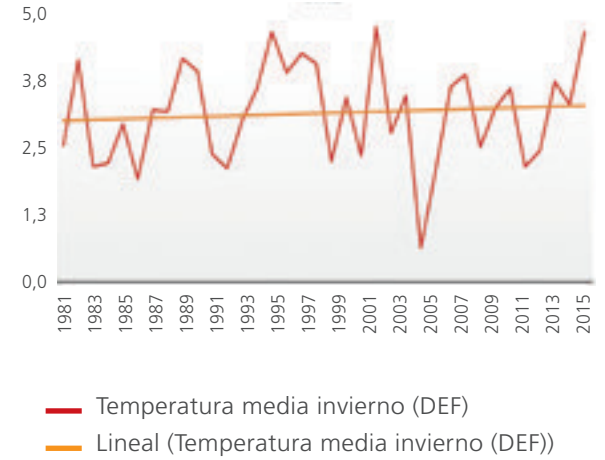
Molina de Aragón

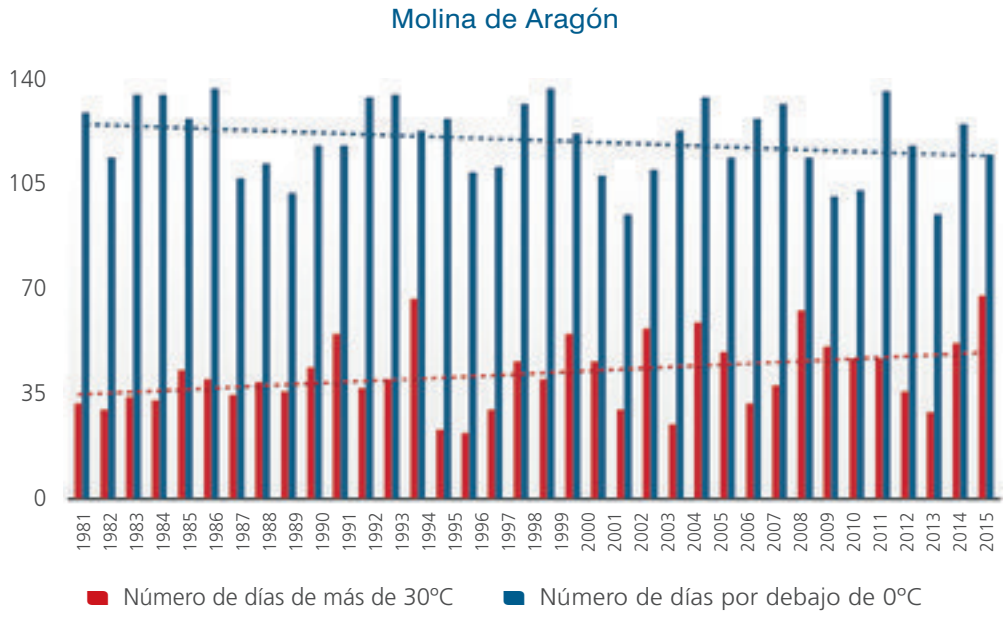












En el caso de los días con heladas y los días con temperaturas por encima de 30ºC, en primer caso hay que recalcar que esta zona está sometida a temperaturas muy bajas durante buena parte del año. Los días con registros por debajo de 0ºC han disminuido en 0,3 por año, lo que supone prácticamente once días menos de heladas. Los años más fríos fueron 1986 y 1999 con 137 días de helada cada uno de ellos, mientras que 201 y 2002 fueron los más "cálidos" con sólo 95 días, de hecho, los únicos años en los que se han registrado menos de cien heladas por año ha sido en el siglo XXI.

Por el contrario, los días en los que el termómetro ha subido por encima de los 30ºC, ha aumentado a mayor velocidad, 0,4 por año, lo que llega a ser 14 días más. El año con mayor frecuencia de este dato fue 2016 con 68 días, mientras que en 1982 y 1997 sólo se registraron 30.

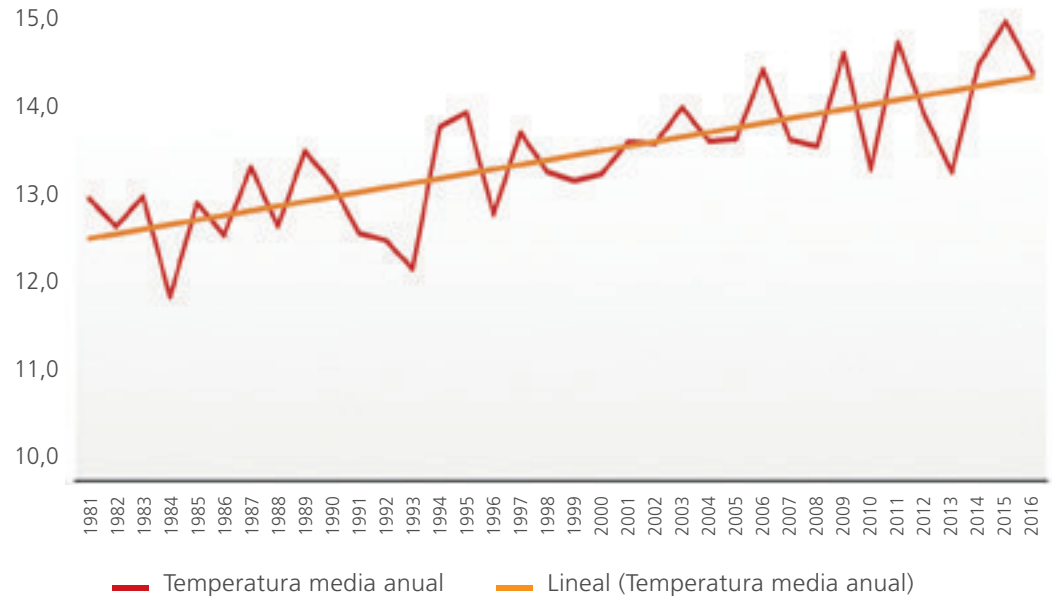
Cuenca

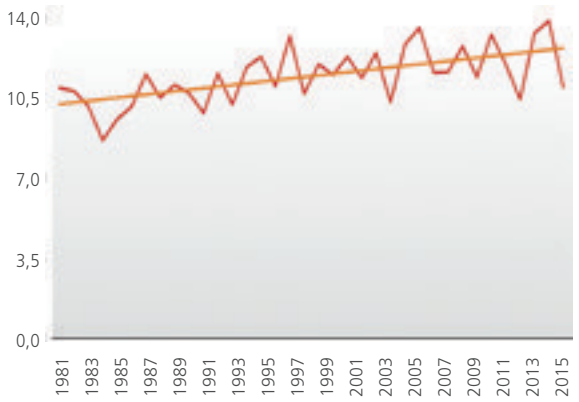
En Cuenca también se observa un aumento generalizado de la temperatura media anual. En este caso es de 0,054ºC por año, un aumento para todo el periodo de 1,88ºC. La variación interanual no es demasiado marcada, pero si hay datos que ofrecen el contraste de los años más fríos, como 1984 con 11,7ºC, y los más cálidos, como 2015 con 14,9ºC. Es especialmente significativo, que, de todo el registro, sólo se han registrado temperaturas medias anuales, superiores o iguales a 14ºC en seis ocasiones, y todas han ocurrido entre 2006 y 2016.

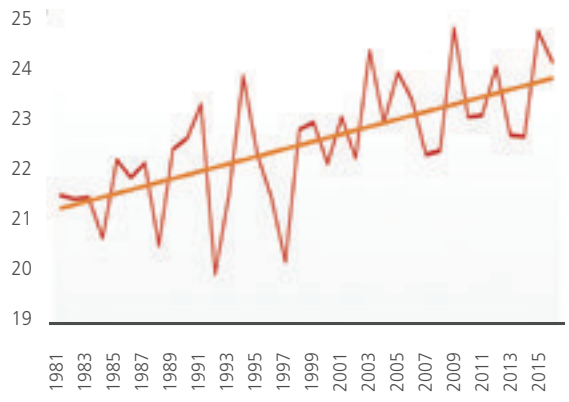
La tendencia de las temperaturas en todas las estaciones tiende al alza, pero es especialmente intensa en la primavera y en el verano. En el caso de la primera, aumenta a un ritmo de 0,07ºC por año, lo que supone primaveras 2,43ºC más cálidas. En el caso del verano, ha aumentado de forma muy similar, 0,069ºC, lo que sitúa el dato, de nuevo en un aumento de 2,4ºC. El aumento también es importante en el otoño y el invierno, pues ha hecho aumentar la temperatura para el conjunto del periodo de estudio entre 1,4ºC y 1,5ºC.

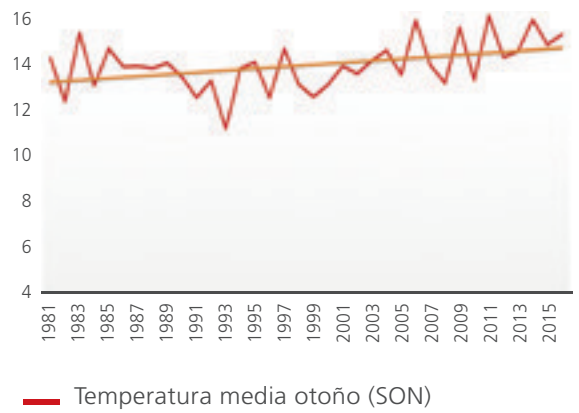
Los días con temperaturas por encima de 30ºC han tenido un espectacular aumento, muy acorde a las tendencias de la primavera y el verano. Han aumentado su frecuencia en 0,69 días por año, o lo que es lo mismo, 24 días más. El año que menos días tuvo con esta temperatura fue 1982 con 39, mientras que en 2006 y 2016 se registraron 83.

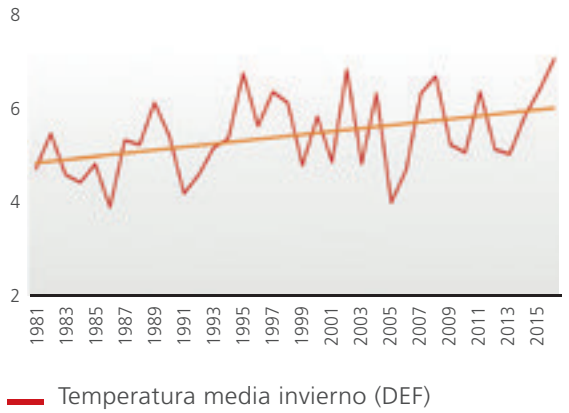
Cuenca

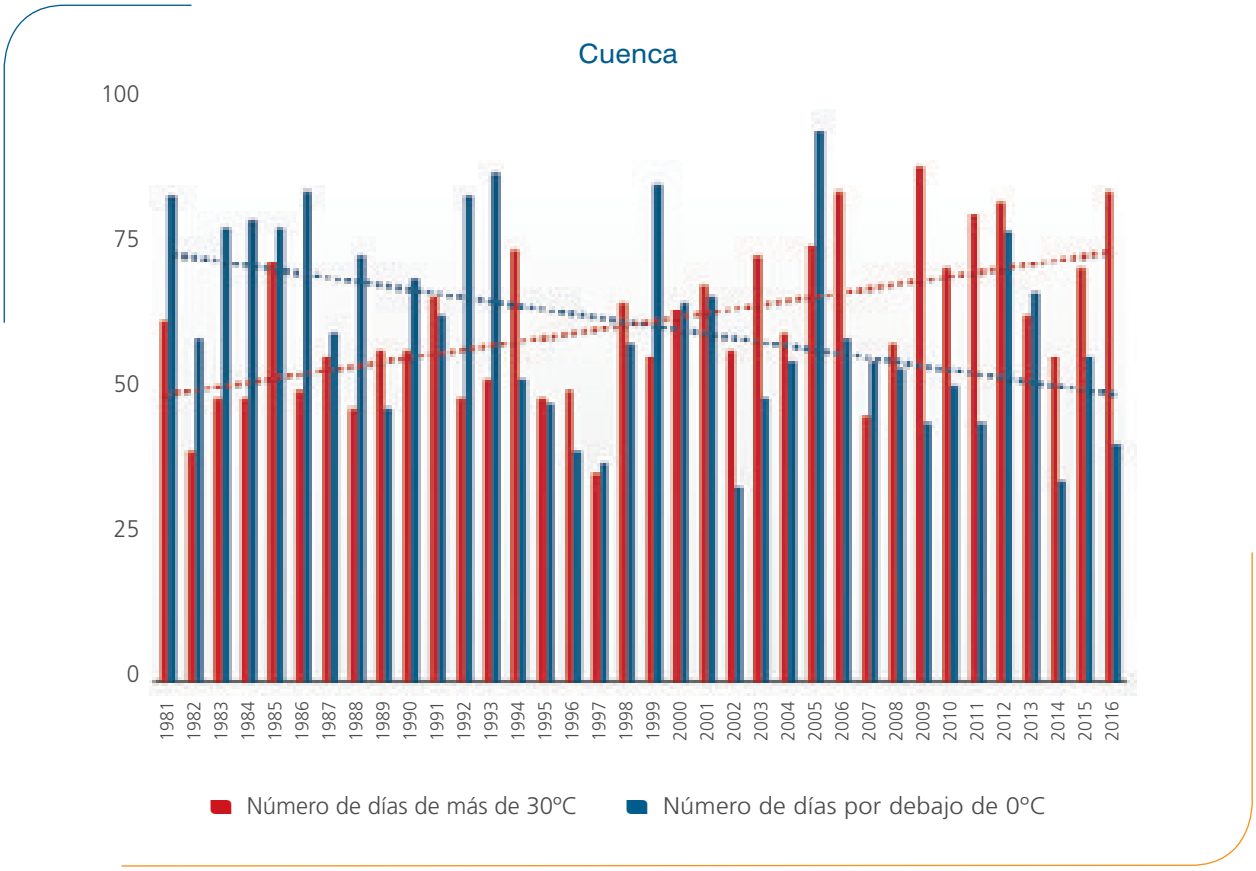

15,0
14,0
13,0
12,0
11,0
10,0
1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
Temperatura media anual
Lineal (Temperatura media anual)


14,0
10,5
7,0
3,5
0,0
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media primavera (MAM)
Lineal (Temperatura media primavera (MAM))


25
24
23
22
21
20
19
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media verano (JJA)
Lineal (Temperatura media verano (JJA))


16
14
12
10
8
6
4
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media otoño (SON)
Lineal (Temperatura media otoño (SON)


8
6
4
2
1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015
Temperatura media invierno (DEF)
Lineal (Temperatura media invierno (DEF))



En el caso de los días con temperaturas por debajo o igual de 0ºC, la disminución ha sido prácticamente en la misma proporción. 0,68 días menos por año, igualmente unos 24 días menos de heladas. El año que menos registró fue 2002 con 33, mientras que fue 2005 quien registró 93, lo que pone de manifiesto una gran variabilidad.

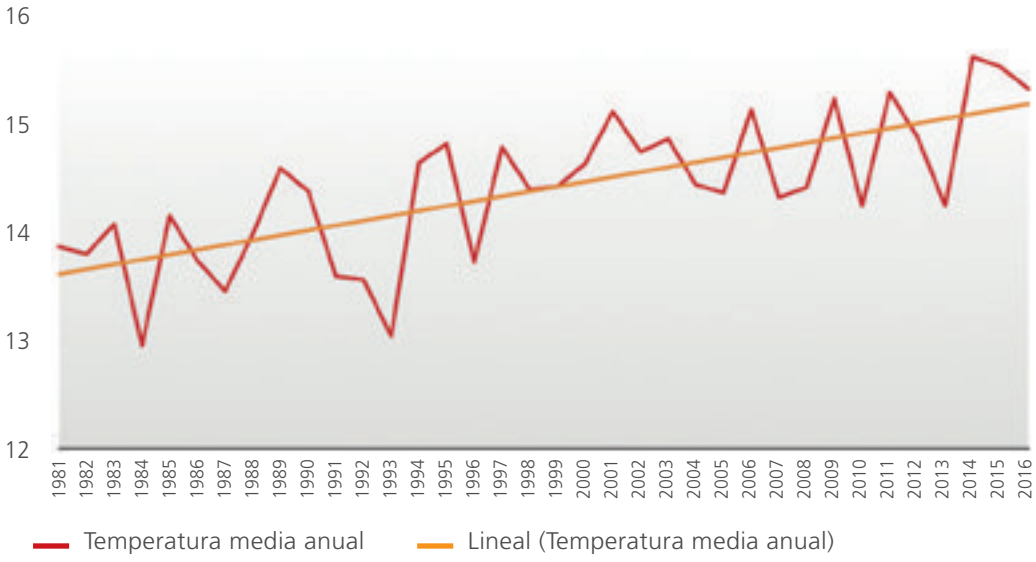
Albacete

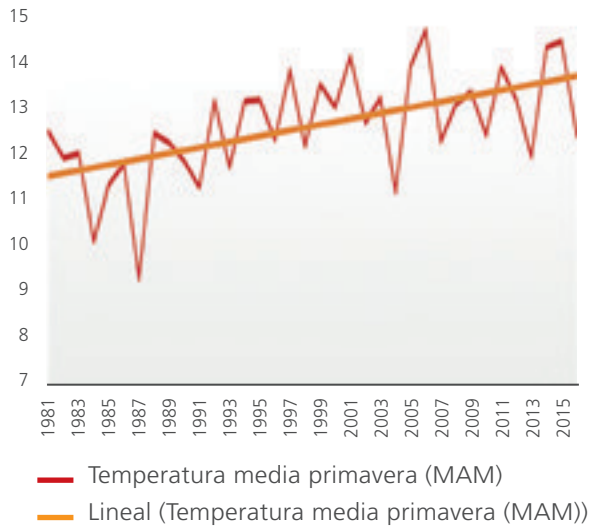
La temperatura media anual de Albacete también ha experimentado un marcado aumento térmico, de 0,045ºC por año, lo que supone 1,5ºC más para todo el periodo. El año más cálido fue 2014 con 15,6ºC, mientras que en 1984 fue 12,9ºC, un dato que no se vuelve a repetir en toda la serie. Es significativo que las únicas veces que se han alcanzado los 15ºC o más de temperatura media, todas han sido a partir de 2001, hasta en siete ocasiones.

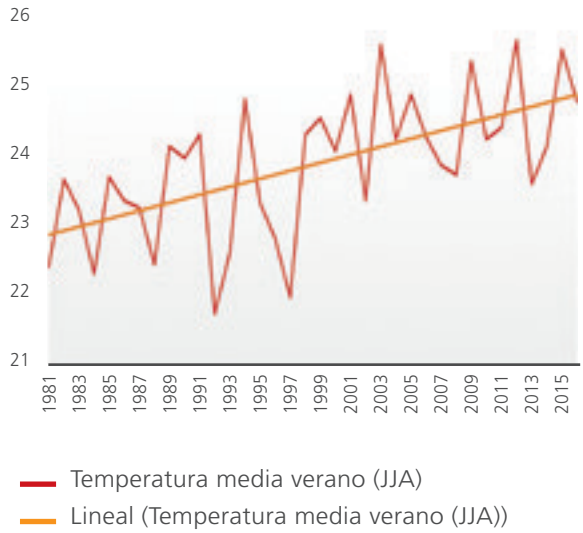
El calentamiento ha sido desigual en las distintas estaciones. La primavera ha sido la que ha experimentado el mayor crecimiento, con algo más de 0,06ºC por año, es decir 2,2ºC de aumento para este periodo. Existe además una marcada variabilidad interanual, pero es aún más fuerte en el verano, una estación que también experimenta un aumento de 0,056ºC por año, casi 2ºC para todo el periodo. Mucho menor es la subida en el otoño y el invierno, aunque llega a alcanzar 1ºC para toda la serie.

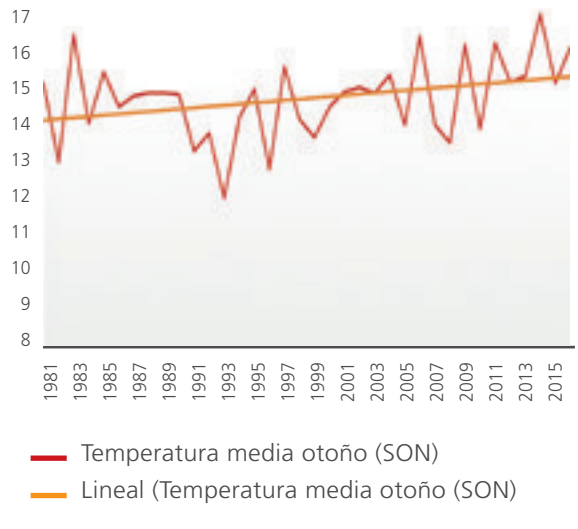
El número de días por encima de 30ºC ha aumentado en 0,56 al año, lo que supone 20 días más en la actualidad. El año que más días tuvo por encima de esta temperatura fue 2012 con 102, de hecho, sólo se han superado los 90 días por año en 9 veces, todas ellas entre 2001 y 2016. Por el contrario, los días con heladas han disminuido a un ritmo de 0,36 por año, lo que equivale a 13 días menos de helada en la actualidad. El año 2005 fue el que más registró con 81, mientras que 1997 fue el que menos con 27, seguido de 2014 con 28.

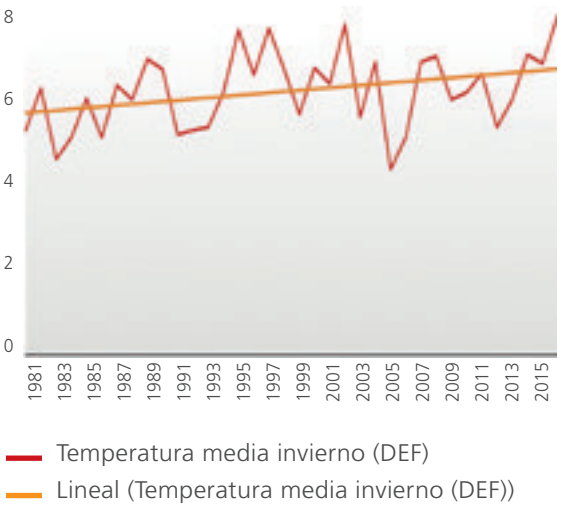
Albacete “Los Llanos”

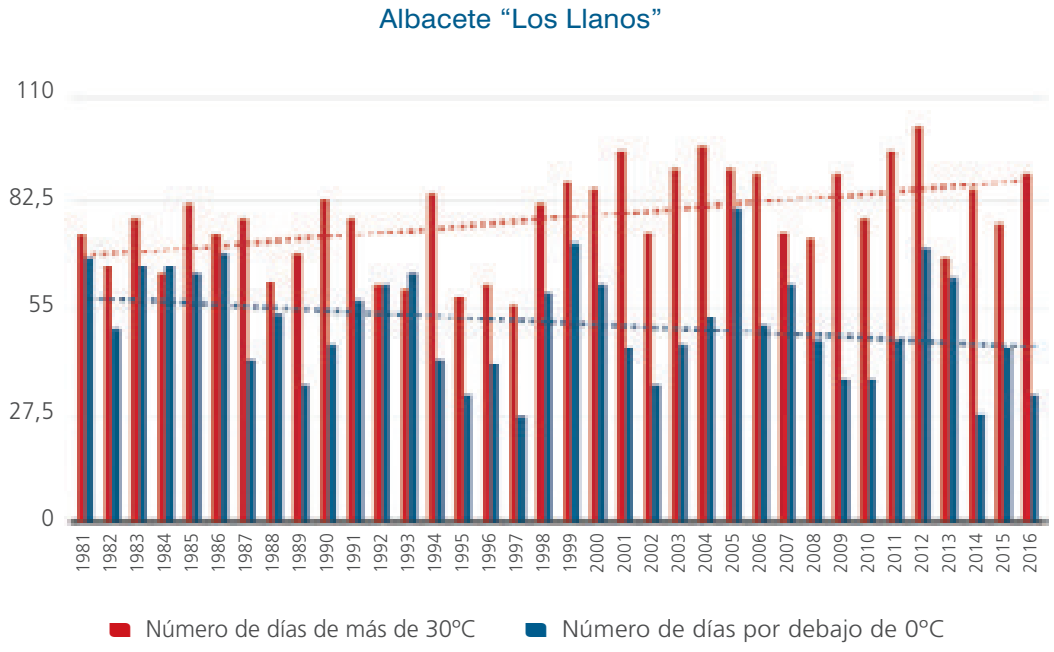












Precipitaciones

Al igual que hemos hecho con las temperaturas, analizaremos los datos de precipitaciones para el mismo periodo de años en las mismas estaciones, para así poder establecer una tendencia y ver los cambios que se estén produciendo.

En cuanto a la precipitación media total anual en la región, lo primero que hay que advertir es la gran irregularidad pluviométrica interanual que existe. En este sentido, para establecer una tendencia, el número de correlación es prácticamente cero, por lo que no se puede establecer una tendencia clara.

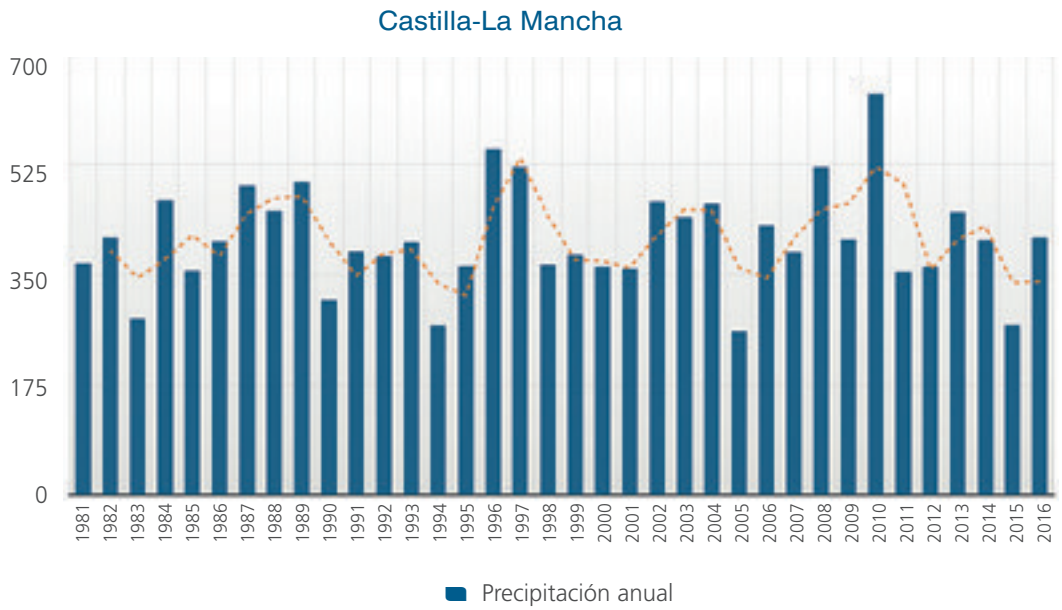
Si hacemos una media móvil para un intervalo de dos años, se puede apreciar la gran variabilidad que tienen las precipitaciones en este periodo de estudio. Existen periodos húmedos como por ejemplo 1987-1989, otros secos como 1990-1993 coincidente con la fuerte sequía que afectó a la región y a buena parte del país, o el periodo seco arrastrado en los últimos años, con algunas anomalías como el año 2010, muy húmedo.

Por décadas se aprecia esa variación. Mientras en unas se redujo, en otras aumentó, pero es especialmente significativo que ha sido en los últimos años, además coincidiendo con los más cálidos, cuando mayor ha sido el descenso. Tanto es así, que la línea de tendencia, muestra un significativo descenso.

Si lo analizamos por estaciones, hay notables diferencias entre cada una de las épocas del año, lo que también permite el estudio del tipo de precipitación.

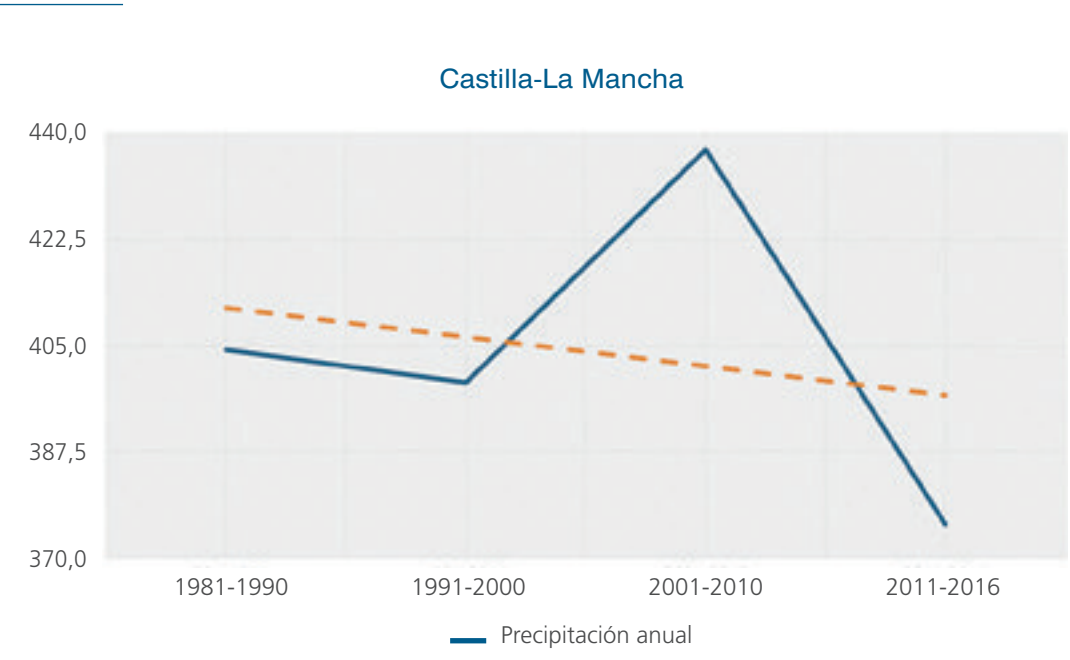
Especialmente en el verano (junio, julio y agosto), hay una tendencia clara a la reducción de las lluvias. Igualmente existe una gran variabilidad, donde destacan años como 2010 donde hubo tormentas muy intensas en la región. En termino generales puede decirse que los veranos son mucho más cálidos y secos, pero con años que son más húmedos a consecuencia de las tormentas.

En el caso del invierno (diciembre, enero y febrero), la irregularidad es aún más marcada. Los periodos húmedos o muy húmedos se alternan con otros de menores precipitaciones, que, aunque son mayores en

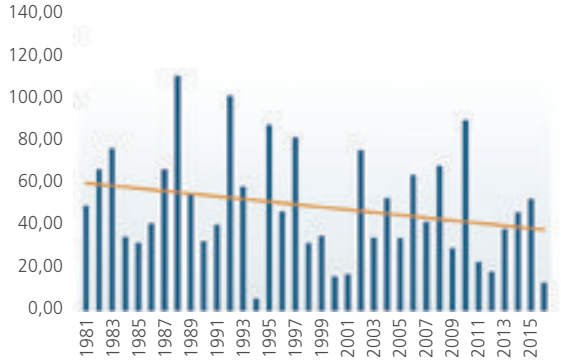


frecuencia, se compensan con esas lluvias abundantes de otros años, lo que nos deja una tendencia cero. La media móvil cada dos años, si deja ver de forma clara esa variación pluviométrica.

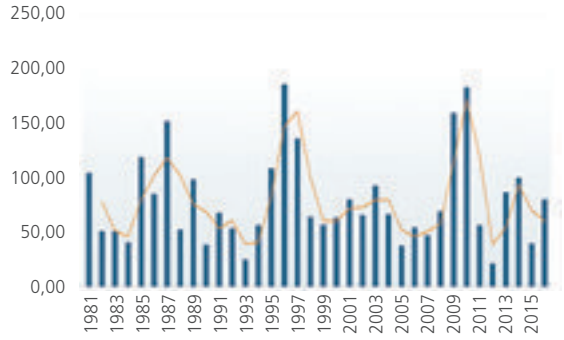
La variabilidad interanual es aún mucho más marcada en las estaciones de transición. Ninguna de ellas tiene una tendencia clara, pero si se observa en los datos una cada vez mayor variación lo que implica años secos o muy secos, alternos con años húmedos o muy húmedos. La media móvil cada dos años muestra forma de "dientes de sierra", especialmente en el otoño.



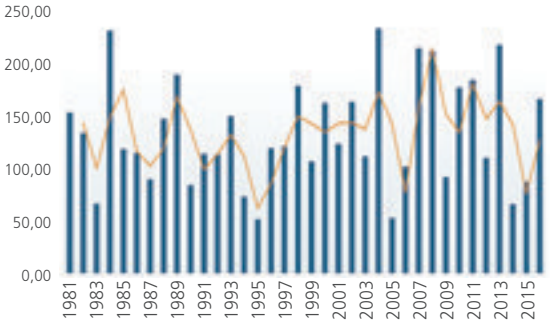
Castilla-La Mancha



Precipitación verano (JJA)



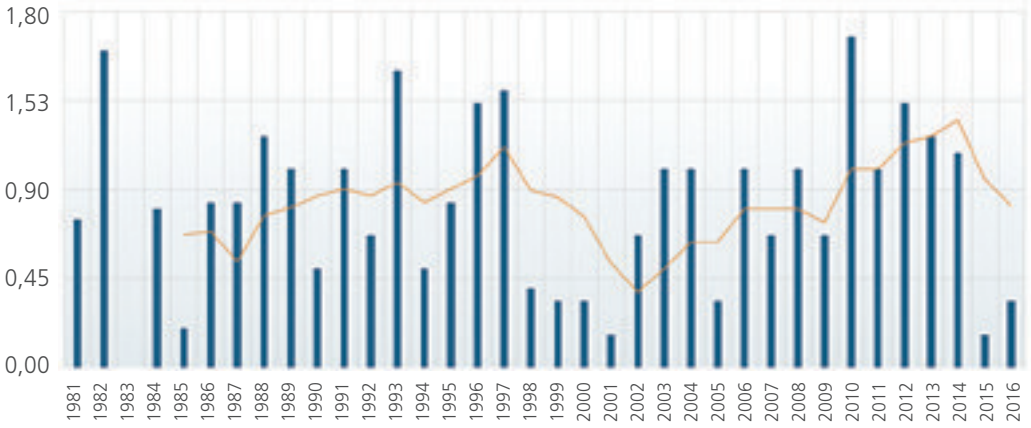
Precipitación invierno (DEF)



Precipitación primavera (MAM)



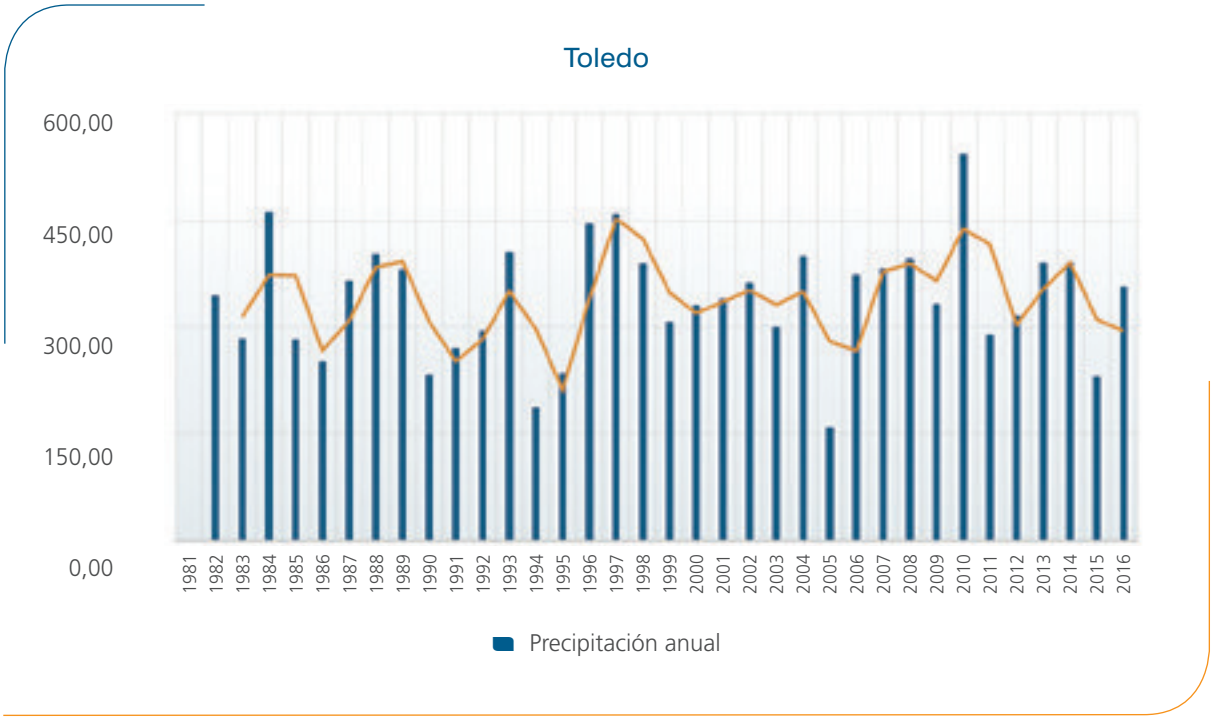
Precipitación otoño (SON)



Días de precipitación >= 30 litros

Para tener aún una mayor visión de conjunto, se hace necesario analizar también las precipitaciones intensas. En el caso de las mayores de 30 litros en un día, tuvieron un aumento de 2002 a 2014, de hecho, en este periodo se vivieron algunas inundaciones como en Alcázar de San Juan, Valdepeñas, Moral de Calatrava o Illescas, a consecuencia de precipitaciones muy intensas y en algunos casos de tipo torrencial. La media móvil cada 5 años muestra estas tendencias.

En conclusión, se puede decir, que se ha constatado una mayor variabilidad en los últimos años, pero donde se tiene una tendencia más clara es en los veranos, que son cada vez más cálidos y secos. Por otro lado, los años secos tienden a ser más secos, mientras que, en los húmedos, esas lluvias son en forma de tormenta y/o a precipitaciones que acumulan varios litros en un día como por ejemplo el paso de frentes atlánticos.

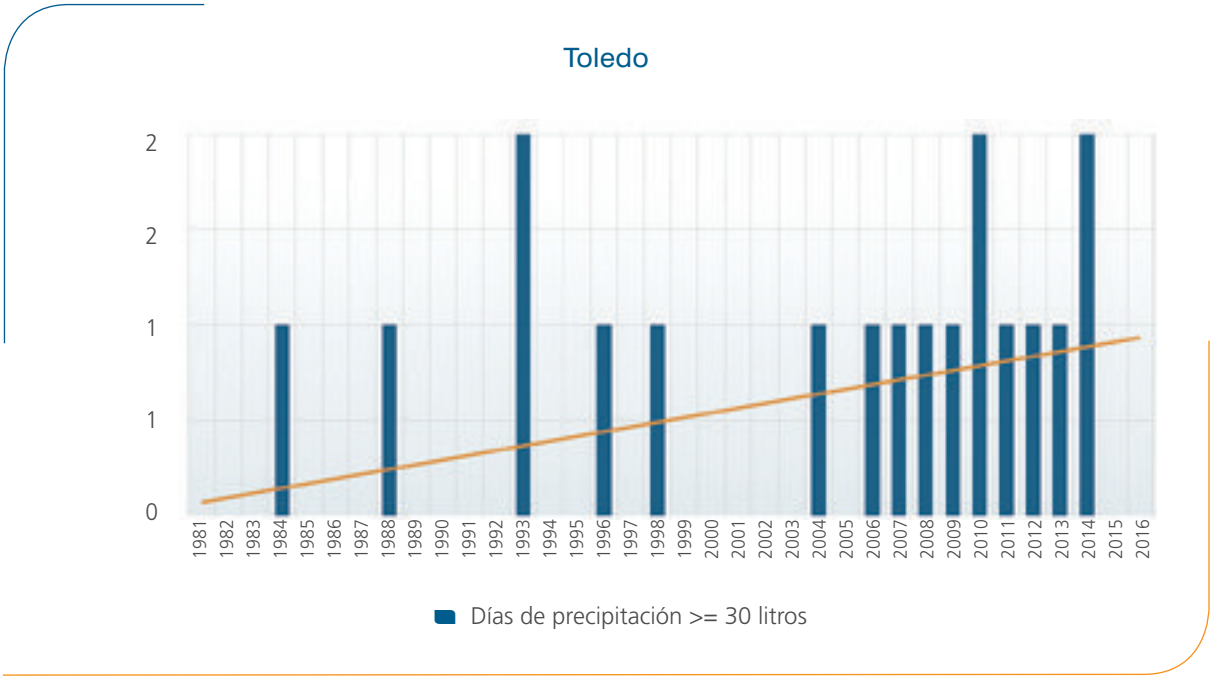


Toledo

En el caso de la provincia de Toledo, hay una marcada irregularidad en las precipitaciones totales anuales. No presenta ninguna tendencia clara y la media móvil se adapta bien a esas irregularidades. Se intercalan eso sí, años muy secos con otros húmedos, siendo más frecuentes los primeros.

Es especialmente llamativo que los días con precipitaciones iguales o superiores a 30mm por metro cuadrado han aumentado en frecuencia en los últimos años, hasta el punto de entre 2006 y 2016 tener uno o más cada año. Este tipo de precipitación, puede provocar daños en infraestructuras, pérdida de suelo y anegar zonas en pocas horas.

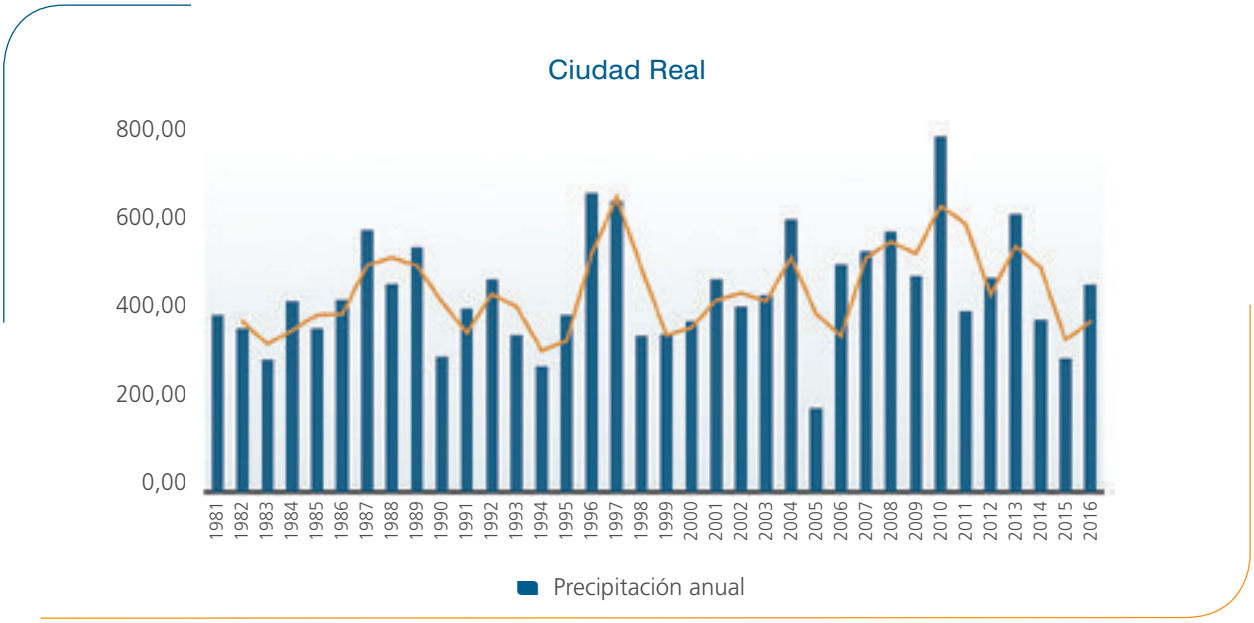
Pese a ello, también hay que añadir que los datos muestran una notable reducción de las precipitaciones en verano, por lo que estas lluvias según se observa, se darían principalmente en los meses de otoño, aunque también pueden darse en verano como ocurrió en 2010.



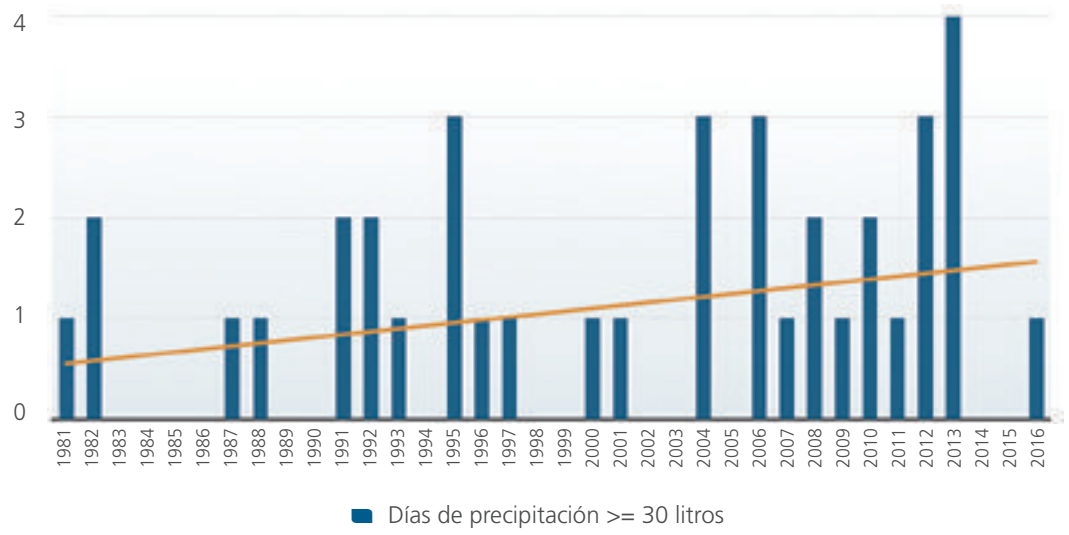
Ciudad Real

En el caso de este observatorio meteorológico, ocurre al igual que en otros. Se muestra una variabilidad interanual muy fuerte, en la que se alternan años muy secos como 2005 y otros húmedos como 2010. En términos generales no se puede establecer una tendencia clara, pero si se observa que de 2009 a 2010 hubo una ligera tendencia al alza, mientras que desde ese año y hasta hora hay una marcada variación negativa.

El número de días con precipitaciones iguales o superiores a 30mm por metro cuadrado su ha experimentado un claro aumento. Esto no quiere decir que en el cómputo total anual llueva más, sino que, aunque llueva menos, puede hacerlo más concentrado en el tiempo.



Ciudad Real “Escuela de Magisterio”



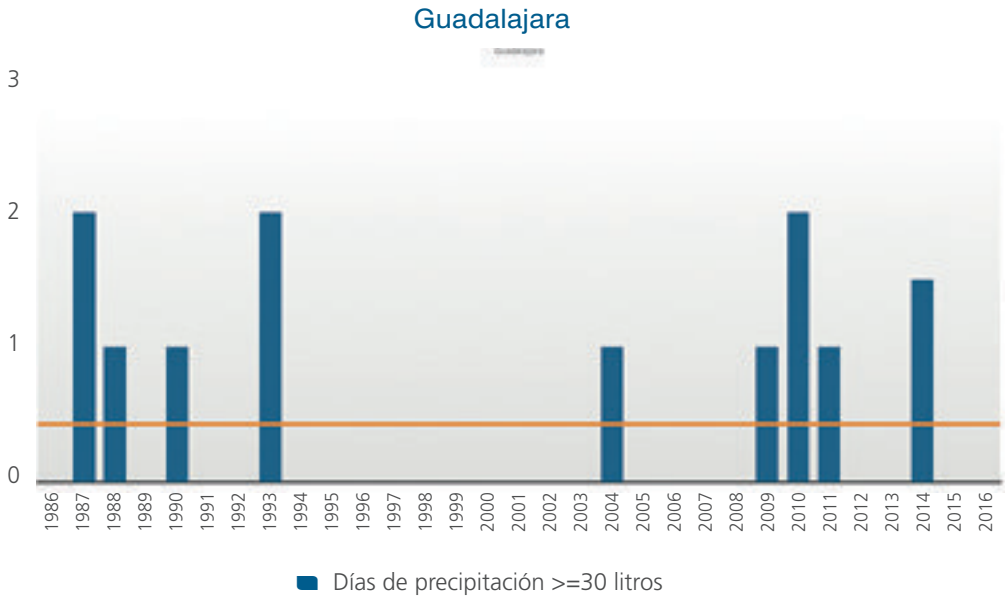
Guadalajara



Especialmente de 2006 a 2013 hubo un marcado aumento, especialmente en este último año cuando esto ocurrió hasta 4 veces. El total de lluvia en 2013 fue de 553,4 litros, lo que implica que la cuarta parte de las lluvias totales del año, se recogieron en cuatro días.

Guadalajara

La estación de Guadalajara es la que muestra una mayor homogeneidad en los datos, pero pese a ellos, también existe variación pluviométrica entre cada uno de los años. 2005 y 2015 aparecen como unos de los más secos, mientras que 2010 sería el más húmedo. Si se constata una disminución progresiva a partir de ese año y que conllevó a la sequía de 2017.



Los días con precipitaciones iguales o superiores a 30 litros no presentan tendencia y son infrecuentes en el periodo de estudio por lo que no permiten hacer una aproximación que arroje resultados claros.

Molina de Aragón

La estación meteorológica de Molina muestra también una variación interanual, aunque no tan marcada como en otros observatorios. Si es especialmente interesante y relevante ver la marcada tendencia negativa de esta zona. Se constata un marcado descenso de las lluvias. De toda la serie el año 2015 fue el más seco con 268,6 litros, mientras que la media de todo el periodo es de 450. Un dato especialmente relevante, al tratarse de una zona de receptora de agua que alimenta cuencas hidrográficas.

Los días con precipitaciones iguales o superiores a 30 litros tienden igualmente a disminuir, pero al tener una gran variabilidad, es difícil poder sacar una conclusión. Esa variación hace que haya años como 1991, 1996 o 2011 donde se repiten hasta tres veces, alternándose con otros periodos donde no ocurre.

Cuenca

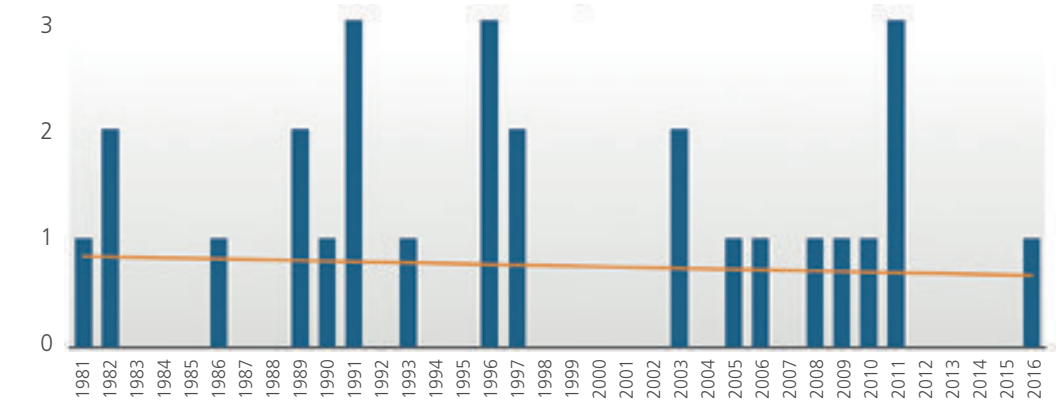
El observatorio de Cuenca, al igual que ocurre en casi todos, muestra una gran variabilidad. Se alternan años especialmente secos como 1983 y otros húmedos o muy húmedos como 2010. Hay periodos que tienden a menores registros de precipitación como ocurrió de 1987 a 1994 y de 2010 a 2016, con otros húmedos, más cortos, como 2005-2010. En general, los periodos secos son más largos de los húmedos y tiende a existir una mayor variabilidad.

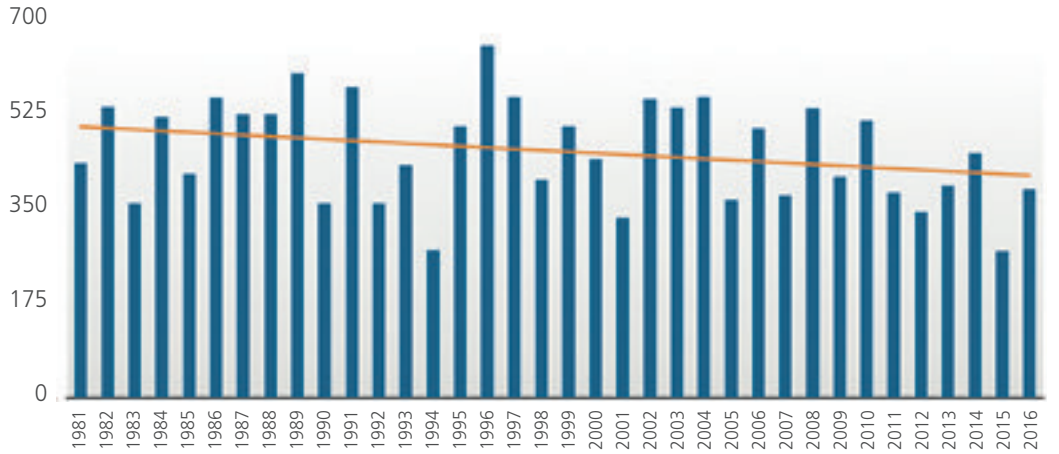
Los días con precipitaciones iguales o superiores a 30 litros tienden a disminuir. Algunos años como 1988 o 2003 llegaron a registrar tres, alternándose con años de dos, uno o ninguno, pero ha sido esta frecuencia la que más ha disminuido desde 2010.

Albacete

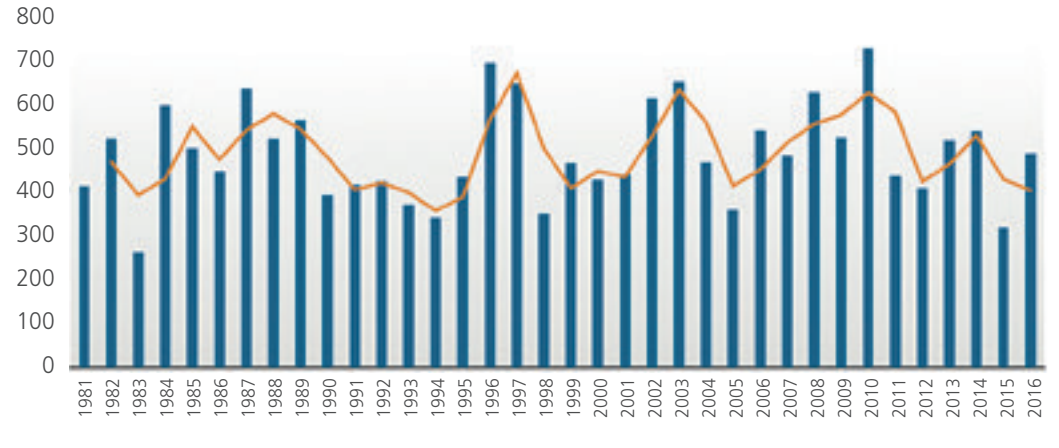
El observatorio de Albacete muestra una marcadísima irregularidad pluviométrica. El año 2000 fue el más seco de la serie con tan sólo 184,9 litros mientras que el más húmedo fue 2010 con 615 litros. Esta zona

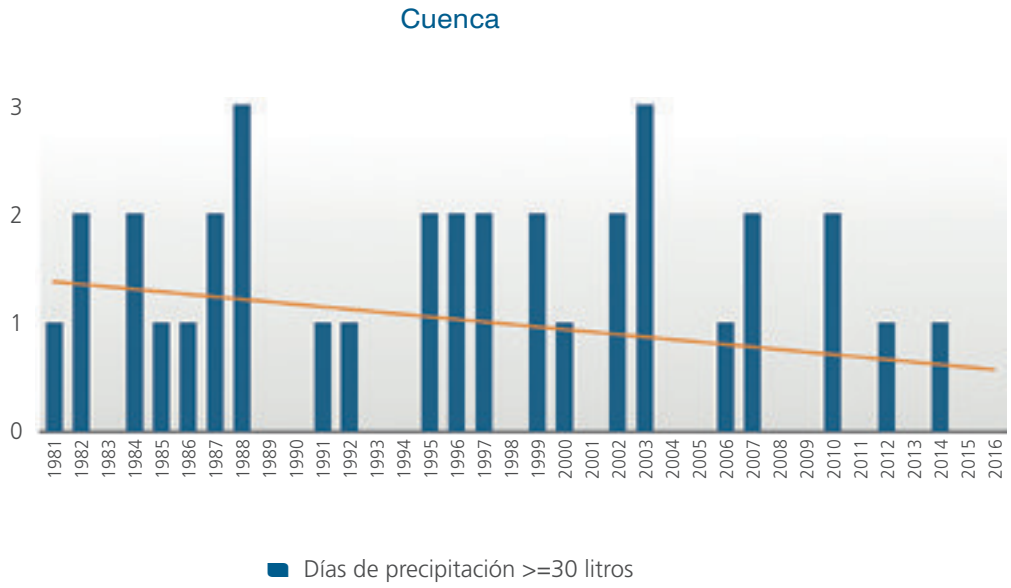
Molina de Aragón





Cuenca

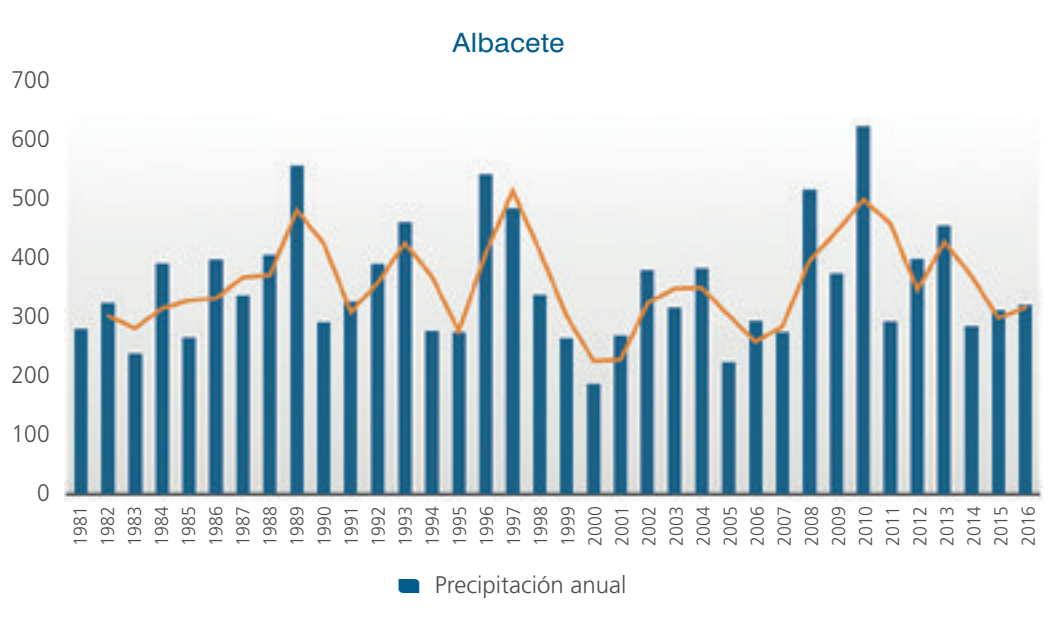




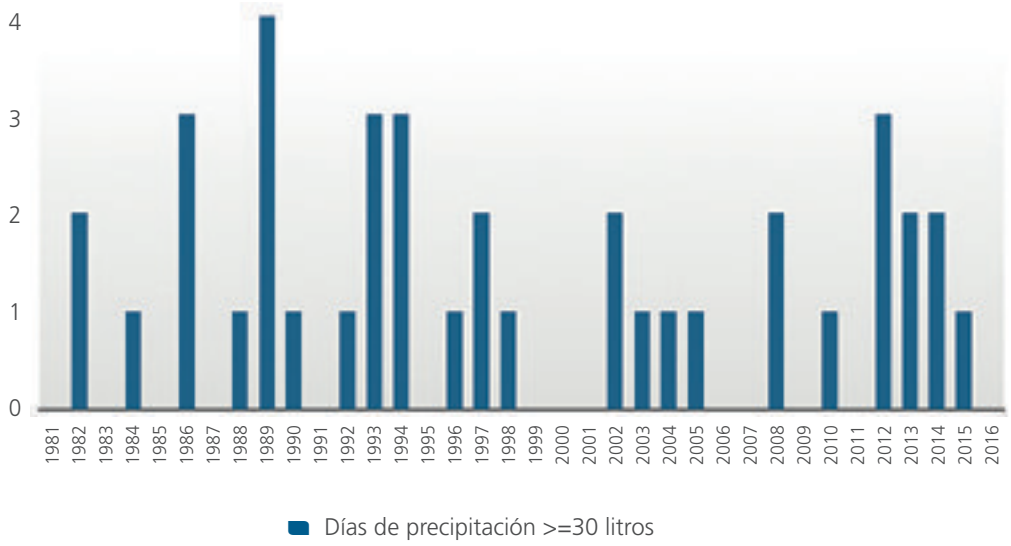
muestra fuertes contrastes en muy cortos periodos de tiempo. Además, hay marcadas tendencias de aumento como 1981-1989 y marcados descensos de 1996 a 2000.

El número de días por encima o igual a treinta litros no presenta ningún tipo de tendencia, aunque si hay una mayor frecuencia entre 2012 y 2015. Las tormentas severas suelen ser recurrentes en este entorno, en muchas ocasiones acompañadas de granizo. Aunque este observatorio no llega a registrarlas dada su ubicación, si se tiene constado un mayor aumento de episodios tormentosos al final del verano y comienzos del otoño en el "*pasillo de Almansa*".

En general podemos ver que las temperaturas tienden claramente a aumentar, especialmente en los meses de verano, constatándose también un aumento del número de días por encima de 30ºC que se



Albacete

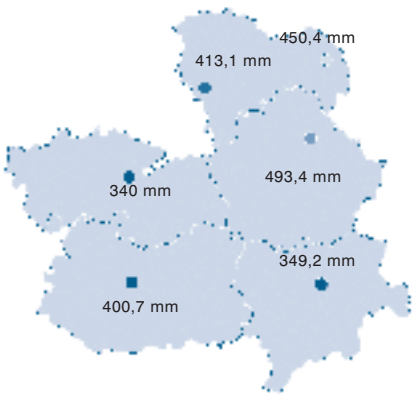


extiende a la primavera y al otoño. Por otro lado, el número de días fríos o muy fríos se está reduciendo considerablemente.

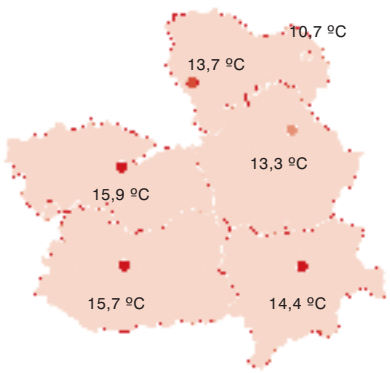
Las precipitaciones muestran una clara tendencia a la variabilidad acusándose los periodos secos y muy secos, pero por el contrario en algunas zonas aumentas los días con precipitaciones con más de 30 litros en 24 horas mientras que en otros tienden a disminuir.

Para todo el periodo estudio, los datos medios son los que se detallen en la siguiente cartografía, pero hemos de tener presente, que también incluyen los años más cálidos jamás registrados y ese valor varía según el periodo escogido, pero es el dato más realista que se puede extraer.

Precipitación media anual (1981-2016)



Temperatura media anual (1981-2016)



Análisis de datos de la red SIAR en Castilla-La Mancha de 2000 a 2016:

Los datos de la Red SIAR analizados comprenden del periodo 2000 al 2016. En todo caso se han desechado las estaciones que no presentaban una buena serie numérica y aquellas que presentaban lagunas de datos "rellenables" se han trabajado para conseguir el mayor número de puntos de estudio para cubrir el territorio. El periodo de años no es lo suficientemente extenso como para poder establecer resultados concisos, pero son 17 años que sirven para reflejar el comportamiento climático durante el siglo XXI. Además, hemos de tener en cuenta, que en estos años tenemos algunos de los años más cálidos registrados tanto en el planeta como en España en conjunto, por lo que son muy valiosos y sirven para tener una idea muy significativa de la región en conjunto y de cada provincia. Son estaciones ubicadas de forma general en espacios naturalizados sin influencia urbana o antrópica directa, lo que les otorga más valor.

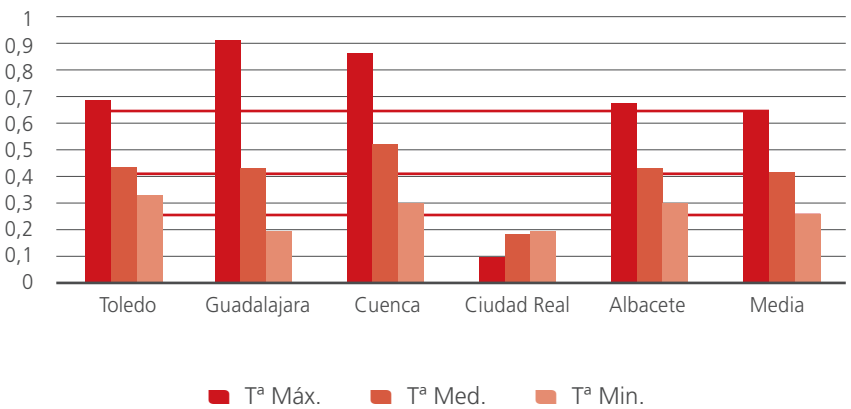
La temperatura media de Castilla-La Mancha para este periodo es de 13.69ºC siendo la provincia de Guadalajara la más fría, por debajo de la media, con 12.67ºC y seguido de Cuenca con 13,02ºC. Por el contrario, Toledo es la más cálida con 14.81ºC, seguida por debajo por Ciudad Real con 14,36ºC y por Albacete con 14.09ºC.

El aumento de las temperaturas máximas es el más llamativo y fuerte en todas las provincias. Guadalajara es la que presenta un mayor aumento con +0.93ºC seguida de Cuenca, Toledo y Albacete. En cuanto a las temperaturas medias, el mayor aumento se da en la provincia de Cuenca con 0.53ºC a la que siguen Guadalajara, Toledo y Albacete con un comportamiento térmico homogéneo de +0.44ºC. Las temperaturas mínimas por el contrario aumentan más débilmente, en prácticamente la totalidad de estaciones. En el caso de Toledo es la que presenta un mayor aumento de las temperaturas mínimas, con +0.34ºC, seguida de Cuenca y Albacete con 0.3ºC y de Guadalajara y Ciudad Real con +0.2ºC.

El caso de Ciudad Real es singular pues es la que presenta, con diferencia un calentamiento más moderado. En todas las variables se encuentra por debajo de la media y es la que presenta los valores más suaves que aumentos de entre 0.1ºC y 0.2ºC, que se pueden considerar poco significativos.

En conjunto, toda la Comunidad Autónoma presenta un calentamiento cercano al medio grado centígrado, de +0.44ºC. Cuenca es la provincia que presenta un mayor calentamiento, de 0.57ºC, seguida de Guadalajara con +0.52ºC, de Toledo con +0.49ºC y de Albacete con +0.47ºC. Es Ciudad Real la única que

Aumento de temperaturas en ºC (2000-2016)



se mantiene por debajo de la media con +0.17ºC, una temperatura que hace bajar fuertemente la media de Castilla-La Mancha provocando una gran desviación de los datos, por eso se recomienda el análisis pormenorizado provincia por provincia.

Provincia de Toledo

La temperatura media de la provincia de Toledo para el periodo 2000-2016 es de 14,81ºC un valor que queda por debajo de la temperatura media del planeta en algo más de medio grado centígrado. Presenta de forma generalizada un aumento de temperaturas, muy marcado en la media de las temperaturas máximas que llega a ser de +0,69ºC. La temperatura media diaria también aumenta, y en este periodo lo ha hecho en 0.44ºC. La Temperatura mínima ha aumentado en 0.34ºC, un ritmo menor donde hay que tener en cuenta la fuerte continentalidad térmica del territorio y por otro lado que estas estaciones se ubican en zonas agrícolas y más naturalizadas que el interior de una ciudad, lo que ayuda a que se pierda rápidamente la temperatura por las noches.

Magán:

En Magán se muestra para el periodo estudiado un leve aumento de las temperaturas máximas diarias de +0.36ºC , pero por el contrario en la media de las temperaturas mínimas se llega a observar sólo en el periodo analizado 1,15ºC de aumento. La temperatura media diaria también es creciente a un ritmo de 0,052ºC por año, habiendo aumentado en este periodo 0.83ºC.

Alcolea de Tajo:

En la zona de Alcolea de Tajo el cambio en el clima es muy débil. Aunque en todas las variables estudiadas se pueda observar un leve aumento, es en las temperaturas máximas donde más se marca con +0,7ºC y en las temperaturas medias con +0,3ºC. En las temperaturas mínimas apenas se observan cambios significativos.

La Puebla de Almoradiel:

En este municipio se aprecia un claro aumento de la temperatura máxima diaria a un ritmo de 0.06ºC por año, es decir, 0.9ºC de aumento sólo en el periodo estudiado. Las temperaturas medias han aumentado en el presente siglo 0.48ºC, en cambio, apenas pueden apreciarse cambios significativos para las temperaturas mínimas.

La Rinconada:

Esta zona presenta una gran variabilidad interanual, lo que hace difícil establecer un aumento promediado de la temperatura para este periodo de años, pero podemos establecer que en todos los casos (TM, tm, Tm) se percibe un aumento de temperatura de 0.6ºC para la TM, de 0.18ºC para la Tm, y de +0.5ºC para la tm, aunque teniendo siempre presente que el valor de correlación es bajo.

Los Navalmorales:

En Los Navalmorales sigue existiendo una gran variabilidad, que debido al corto periodo de años estudiado, hace que sea difícil establecer resultados claros. En el caso de la TM se observa un aumento de 0.37ºC y de +0.54 para la Tm. Si es interesante el resultado de la tm porque hay un claro aumento de 0,67ºC.

Mora:

En la localidad de Mora se aprecia un marcado aumento de las temperaturas máximas diarias que llega a ser de +1.07ºC. En el caso de la Tm ha aumentado +0,52ºC y en el caso de la tm 0.1ºC. Esta estación muestra un comportamiento claro donde se refleja el aumento de los días cálidos y muy cálidos, pero la continentalidad hace que en las noches la temperatura siga bajando.

Recas:

En la localidad de Recas la TM ha aumento +0,77ºC, la Tm +0.48ºC y la tm ha aumentado +0,15ºC, un valor bajo que llega a presentarse por el mismo motivo que en Mora. En este caso los datos también presentan una gran variabilidad interanual.

Las vegas de San Antonio:

En el caso de esta localidad hay años cálidos que contrastan con otros años más fríos en cuanto a la media de temperatura del periodo analizado, lo que provoca un número de correlación bajo en todos los casos pero que pese a ello, en todas las variables existe un aumento de la temperatura. En la TM +0.61ºC en lo que va de siglo, en las Tm de +0.35ºC y en las tm de +0.2ºC

Villarubia de Santiago:

En el caso de esta localidad las TM has aumentado +0.8ºC un valor alto que contrasta con las Tm y tm que han aumentado 0,2ºC y 0,3ºC respectivamente.

Provincia de Guadalajara

En la provincia de Guadalajara tenemos un reducido número de estaciones, pero estudiando en detalle cada una de ellas, se ve claramente el aumento de las temperaturas máximas diarias. La temperatura media de la provincia es de 12,17ºC, una temperatura media baja que marca las conocidas temperaturas mínimas de esta provincia. Las temperaturas máximas han aumentado en el periodo 2000-2016 en +0.93ºC, casi un grado centígrado. Las temperaturas medias han aumentado en 0.44ºC y las temperaturas mínimas en +0.2ºC.

Armuña de Tajuña:

La estación de Armuña de Tajuña presenta un claro aumento de la temperatura máxima diaria, que llega a ser para el periodo estudiado de +0.9ºC. Las temperaturas medias diarias también aumentan y lo hicieron en +0.39ºC. Las temperaturas mínimas apenas experimentaron cambios, siendo el aumento de +0.1ºC.

Illana:

En esta zona se muestra un claro y fuerte aumento de las temperaturas máximas que llega a ser para el periodo estudiado de +1,12ºC. Las temperaturas medias diarias aumentaron +0.56ºC y las temperaturas mínimas diarias no llegaron ni a 0.1ºC, un valor inapreciable, por lo que podemos considerar un no aumento de las mínimas.

Jadraque:

Esta localidad apenas presenta también temperaturas al alza. En el caso de las máximas, para el periodo estudiado, tenemos un aumento 1ºC. En el caso de las temperaturas medias, estas aumentaron en 0.6ºC, y las mínimas en 0.47ºC.

Prados Redondos:

Esta estación presenta una marcada irregularidad interanual, por lo que es complicado establecer una tendencia clara dado el corto periodo de años. Pese a ello, se puede llegar a establecer un aumento de +0,7ºC en las máximas, y en torno a los 0,2ºC tanto en las medias como en las mínimas.

Provincia de Cuenca

En la provincia de Cuenca se cuenta con un mayor número de estaciones. Algunas de estas se encuentran en zonas de montaña con unas temperaturas mínimas muy marcadas en invierno. La temperatura media para esta provincia es 13.02ºC. La temperatura media de las máximas, ha aumentado en 0.87ºC en la

provincia, mientras que la temperatura media ha aumentado en 0.53ºC y las mínimas en 0.3ºC. En conclusión, observamos una tendencia clara al calentamiento sobre todo en las temperaturas máximas diarias y en las medias, pero el cambio es menor en las temperaturas mínimas.

Barajas de Melo:

La zona de Barajas de Melo presenta un aumento de las temperaturas máximas de 0.47ºC. En el caso de las temperaturas medias, estas han aumentado en 0.2ºC y las temperaturas mínimas han llegado a disminuir en -0,1ºC

Cañete:

La estación de Cañete presenta años muy dispares en cuanto a temperaturas se refiere. Pese a ello, se ha podido establecer la tendencia de las temperaturas para este periodo y llega a tener un valor muy significativo. En el caso de las temperaturas máximas, estas han aumentado en 2ºC durante el periodo 2000-2016 pese a algunos años marcadamente fríos. Las temperaturas medias también han aumentado en 1ºC y las mínimas se han mantenido estables.

El Pedernoso:

Para la estación de El Pedernoso se ha analizado el periodo 2002-2016 porque pese a ser un menor número de años, las series en muy completas y ricas en sí mismas para estos años, lo que ha permitido tener un valor de correlación alto para la tendencia de los años estudiados. En el caso de las temperaturas máximas estas han aumentado en 1.14ºC, las temperaturas medias en 1.10ºC y las mínimas en 1,1ºC lo que muestra en todos los casos una marcada tendencia al calentamiento, pero hemos de tener en cuenta que hemos quitado los años 2000 y 2001 lo que también crea distorsiones al ser comparado con otras estaciones.

Esta estación muestra un aumento de las temperaturas máximas de 0,87ºC, principalmente a la presencia de algunos años marcadamente cálidos en las etapas más recientes. En el caso de las temperaturas medias, estas han aumentado en 0.3ºC y en el caso de las temperaturas mínimas se han mantenido estables sin una tendencia estable y clara.

El Sanchón:

La estación de El Sanchón apenas presenta una tendencia en las temperaturas máximas. Por el contrario, las temperaturas medias aumentaron en 0.4ºC y las mínimas en 1,36ºC, una estación muy singular con respecto a otras que encontramos en la provincia.

Villaconejos de Trabaque:

Esta estación presenta grandes contrastes interanuales, pese a ello, podemos establecer una tendencia y observar que las temperaturas máximas han aumentado en 0.62ºC. En el caso de las temperaturas medias, estas lo han hecho en 0.1ºC y en el caso de las mínimas han disminuido en -0,3ºC

Villanueva de la Jara:

En el caso de esta estación, la temperatura media de las máximas ha aumentado 1ºC, mientras que las temperaturas medias lo han hecho en 0.63ºC. En el caso de las temperaturas mínimas, estas han aumentado en 0.2ºC.

Provincia de Ciudad Real

La provincia de Ciudad Real también presenta un buen número de estaciones que ofrece datos dispares con respecto al resto de provincias. La temperatura media es de 14.36ºC para el periodo 2000-2016. Las

temperaturas máximas han aumentado en torno a 0,1ºC. Las temperaturas medias han aumentado en 0.25ºC, las mínimas 0.3ºC. Podemos considerar que esta provincia es la menos afectada.

Alcázar de San Juan:

En la estación de Alcázar, podemos ver una tendencia débil de aumento de temperaturas máximas, estas lo han hecho en 0,1ºC. En el caso de las temperaturas medias diarias, estas han aumentado en 0.3ºC y las mínimas en 0.4ºC

Argamasilla de Alba:

Para la zona de Argamasilla de Alba, las temperaturas máximas han disminuido en -0.5ºC. Las temperaturas medias se han mantenido estables y las mínimas han llegado a aumentar en 0.48ºC.

Bolaños:

En la estación de Bolaños, las temperaturas máximas se han mantenido estables al igual que las medias, mientras que las mínimas han aumentado en 0.2ºC.

Ciudad Real:

En el caso de esta estación, se muestra una tendencia de aumento de 0.25ºC en las máximas para el periodo analizado, mientras que las temperaturas medias aumentaron en 0.46ºC y las mínimas en 0.68ºC. Esta estación tiene una tendencia clara en el aumento de las temperaturas mínimas.

Daimiel:

Para la zona de Daimiel hay un comportamiento homogéneo de las temperaturas lo largo del periodo estudiado. En el caso de las máximas, estas se mantienen similares, sin tendencia, al igual que las medias, pero en el caso de las mínimas estas llegan a disminuir en torno a -0.1ºC, pero con una muy baja correlación, por lo que consideraremos esta estación con valor 0 en la tendencia de cualquiera de sus variables térmicas.

Herencia:

En el caso de esta estación, nos falta algún año intermedio, pero se ha considerado oportuno hacer la tendencia dado la continuidad de los datos y la interesante zona donde se ubica, lo que la hace rica en datos en sí misma. En el caso de las temperaturas máximas, estas han aumentado en 0.53ºC, mientras que las medias lo han hecho en 0.4ºC y las mínimas en 0.3ºC. En todos los casos, debido a la continuidad de los datos, la correlación no es demasiado alta.

Manzanares:

En la estación de Manzanares hay un aumento de 0.53ºC en el periodo estudiado para las temperaturas máximas. En el caso de las temperaturas medias, están han aumentado 0.9ºC y las mínimas en 1,5ºC. En todos los casos hay una correlación alta lo que hace que estas temperaturas sean muy significativas.

Porzuna:

En el caso de Porzuna, las temperaturas máximas se han mantenido estables, sin ninguna tendencia. En el caso de las temperaturas medias estas han disminuido en torno a -0,6ºC y en el caso de las mínimas, estas han disminuido -1ºC, probablemente provocado por una tendencia de los años 2012-2015 por debajo de la media.

Provincia de Albacete

La provincia de Albacete, como el resto, presenta aumentos temperatura en todas sus variables para el periodo 2000-2016. Pese a ello, existe una gran fluctuación térmica interanual con años cálido y fríos que

hacen difícil establecer una correlación clara para algunas estaciones. Pese a ello, queda marcada la tendencia al calentamiento que en algunas estaciones llega a alcanzar más de un grado positivo. La temperatura media de la provincia de Albacete es de 14.09ºC. Las temperaturas máximas han aumentado de media para la provincia en 0.68ºC, las temperaturas medias han aumentado en +0.44ºC y las mínimas en +0.3ºC

Albacete:

En la estación de Albacete se observan cambios no demasiado llamativos. En el caso de la temperatura máxima diaria, esta ha aumentado 0,2ºC en el periodo 2000-2016. La temperatura media se ha mantenido estable, sin cambios y las temperaturas mínimas han aumentado 0,2ºC. Podemos considerar que es una estación estable térmicamente.

Almansa:

La estación de Almansa muestra una variación moderada. En el caso de las temperaturas máximas, han aumentado 0.5ºC, mientras que las temperaturas medias y mínimas lo han hecho en 0,3ºC.

Caudete:

En el caso de Caudete existe una mayor tendencia al calentamiento. En el caso de las temperaturas máximas, han aumentado en siglo XXI 0.9ºC. Las temperaturas medias han aumentado 0,3ºC y las mínimas por el contrario se han mantenido bastante estables sin cambios significativos.

Juanaco:

La estación de Juanaco presenta unos valores correlación altos, lo que muestra una gran validez de los datos y además es una estación muy completa en sus series numéricas. En el caso de las temperaturas máximas, presentan un aumento de 1,3ºC a lo largo del periodo 2000-2016. Las temperaturas medias aumentaron 0.9ºC y las mínimas lo hicieron en 0.75ºC. Podemos considerar a esta estación con un marcado calentamiento en todas sus variables térmicas.

La Gineta:

La estación de La Gineta presenta un contraste térmico interanual muy pronunciado lo que hace tener un valor de correlación significativamente bajo. En el caso de las temperaturas máximas, han aumentado 0.3ºC, en la misma proporción que las temperaturas medias. Las temperaturas mínimas también han aumentado, aunque más débilmente, manteniéndose en 0.2ºC de aumento para el periodo de estudio.

Motilleja:

La estación de Motilleja presenta una marcada tendencia al calentamiento y un alto nivel de correlación de los datos. El aumento es muy significativo. En el caso de las temperaturas máximas, han aumentado en 1ºC durante el periodo 2000-2016. En el caso de las temperatuas medias, aumentaron 0.92ºC y en el de las mínimas, en 0.7ºC

Ontur:

La estación de Ontur presenta un marcado calentamiento en las temperaturas máximas, de +0.85ºC, mientras que en las temperaturas medias se mantiene en +0.36ºC y en las mínimas se mantiene prácticamente constante con un cambio que no alcanza los 0.1ºC de aumento, por lo que lo consideramos un valor 0.

Pozo Cañada:

La estación de Pozo Cañada presenta en todos los casos un aumento de las temperaturas, aunque es importante advertir de la baja correlación de estos datos y las grandes fluctuaciones térmicas a lo largo

del periodo de estudio. En el caso de las temperaturas máximas lo hicieron en +0.7ºC, de las medias en +0.5ºC y las mínimas en +0.3ºC.

Tarazona:

En la estación de Tarazona observamos cambios no demasiado significativos con respecto a otras estaciones. En el caso de las temperaturas máximas, aumentaron 0.4ºC. Las temperaturas medias lo hicieron más débilmente, en 0.34ºC y las mínimas lo hicieron en 0.35ºC.

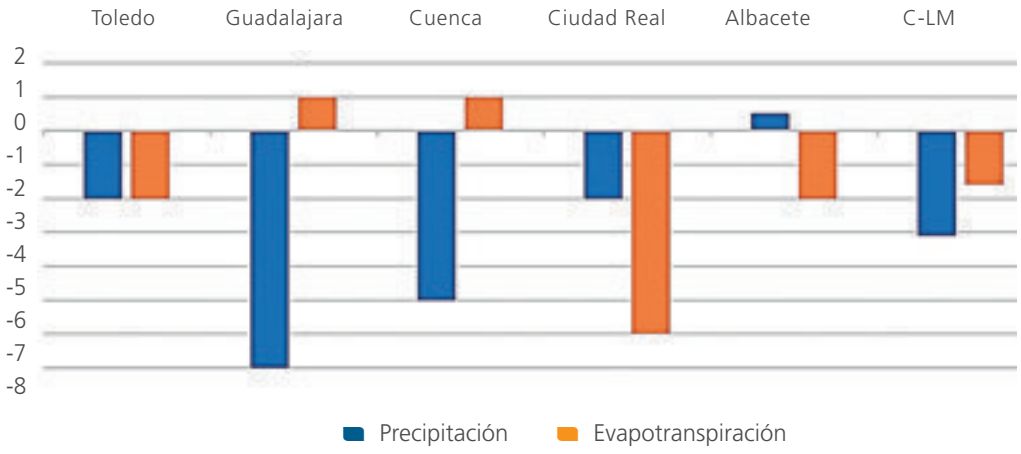
Precipitaciones y evapotranspiración de referencia

Antes de comenzar el apartado de las precipitaciones, hemos de considerar que igualmente hablamos de un periodo corto de años y de un número limitado de estaciones. Pese a ello, los datos tienen una gran riqueza en sí mismos y nos sirven para entender el comportamiento hídrico, pluviométrico y climático de distintas zonas de Castilla-La Mancha.

A modo general vemos una reducción de precipitaciones de varios litros por año y metro cuadrado. Aunque parezca una cantidad baja, hemos de entender que ese valor habría que multiplicarlo por todos los metros cuadrados de la región, además es un valor cada año más marcado que replantea seriamente la cuestión hídrica. Pese al aumento de las temperaturas, la evapotranspiración también disminuye en algunas provincias, como por ejemplo en Toledo donde lo hace al mismo ritmo que las precipitaciones. En este sentido debemos tener presente que la evapotranspiración no depende sólo de la temperatura y la radiación solar, sino también en la cantidad de agua disponible en el suelo para que se evapore. La reducción de las precipitaciones en algunas zonas lleva a reducir el contenido de humedad en el suelo, por lo que hay menos agua disponible para evapotranspirar. Estas reducciones regionales son tan intensas que afectan severamente el volumen promedio global de la evapotranspiración. Los datos deben entenderse en conjunto y de manera global.

También es importante añadir que estamos en una región con una muy marcada variabilidad interanual de las precipitaciones con años húmedos o muy húmedos como 2010, que en algunas provincias como

Tendencias de las precipitaciones y ETP 2000-2016 en mm/año



Albacete queda muy marcado, y años secos o muy secos como 2005 que afectó a toda la Comunidad Autónoma, siendo estos últimos los más comunes en los años más próximos. Este año por ejemplo se caracterizó en toda región por sus bajas precipitaciones que arrastraron varios años de déficit hídrico. Por ello, es importante reconsiderar todos estos fenómenos y cerciorarse sobre el aprovechamiento hídrico de los años más húmedos preparándose como región para los años más secos, que tienden a ser más frecuentes e intensos.

En otras zonas, aunque la precipitación haya aumentado levemente como en Albacete, es un fenómeno debido sobre todo a la torrencialidad de un mayor número de días de intensas precipitaciones cuyo origen es en casi todos los casos convectivo. Guadalajara y Cuenca son las provincias que más constatan la disminución de las precipitaciones. La media de la región es de -3mm/año.

Provincia de Toledo

En la provincia de Toledo llueven de media 376.1 litro por metro cuadrado. La evapotranspiración de referencia es marcadamente más alta, 1249.72mm, lo que pone de relieve el déficit hídrico que se sufre de forma natural y que se refleja en una marcada sequía estival.

En el caso de las precipitaciones, podemos establecer que de media en la provincia han disminuido unos 2 litros por año, es decir, unos 34 litros menos para el periodo de estudio 2000-2016. En el caso de la evapotranspiración también disminuye en la misma proporción que las precipitaciones, por lo que podemos considerar de media para la provincia una estabilidad pluviométrica en los últimos años pero que varía a medida que aumentamos la escala, pues existen comarcas de mayor déficit hídrico.

Magán:

En la estación de Magán, llueven de media al año para el periodo analizado 336 litros por metro cuadrado y la evapotranspiración de 1337,20 mm. Se ve una tendencia de aumento de evapotranspiración de 4mm más por año, lo que llega a suponer 75mm más para el total del periodo de estudio. En el caso de las precipitaciones hay tiene una tendencia negativa de -1.7mm/año que llegan a ser 27.2mm menos para el periodo 2000-2016.

Alcolea de Tajo:

En la estación de Alcolea de Tajo, llueven de media para este periodo 439.5 mm y se evapotranspiran 1346,45mm. Hay una tendencia a la disminución de la evapotranspiración de 4mm año, lo que supone 67mm menos para este intervalo de tiempo. En el caso de la precipitación es positiva, y ha aumentado más de 5mm por año, lo que supone 91mm más lluvia.

La Puebla de Almoradiel:

En la Puebla hay una marcada disminución de las precipitaciones, con un valor de correlación además alto que otorga gran fiabilidad a los datos. En este lugar llueven de media unos 353,7 litros y se reducen a un ritmo de más de 5mm por año, lo que son prácticamente 100mm para el periodo de estudio. En el caso de la evapotranspiración, que es de media 1170,2mm, es también negativa y se reduce en la misma proporción que las precipitaciones.

La Rinconada:

En La Rinconada se recogen de forma media anual 398 litros. La evapotranspiración es de 1156.5mm de media para el mismo periodo. En el caso de las precipitaciones estas aumentan a un ritmo de 3.89mm año, lo que supone 62 litros más durante el periodo de estudio. La evapotranspiración es negativa y disminuye 2.7 mm al año, unos 43 litros en el siglo XXI

Los Navalmorales:

En Los Navalmorales se recoge una precipitación media de 383.64mm, con una evapotranspiración de 1364.85mm. Las lluvias han disminuido a un ritmo de -4,6mm por año, lo que supone 73.6 litros menos. En el caso de la evapotranspiración, aumenta 1.44mm por año, 23mm para todo el periodo.

Mora:

En Mora llueven al año 332.95 litros, y la evapotranspiración se mantiene de media en 1246.78mm. Las precipitaciones se han mantenido estables a lo largo de todo el periodo, sin tendencia. En el caso de la evapotranspiración, esta si es muy significativa y aumentó al rito de 8,7 litros por año, 139 litros más para el periodo de estudio.

Recas:

En Recas se recoge una cantidad media anual de 377.3 litros. La evapotranspiración es de 1205.29 litros. La tendencia de las precipitaciones es estable, sin cambios. La evapotranspiración es negativa, a un ritmo de -9 mm por año, lo que supone 144 mm menos de evaporación.

Las Vegas de San Antonio:

En esta estación se recogen de media al año 425,08mm. La evapotranspiración es de 1325,46mm al año. La tendencia de las precipitaciones para el periodo de estudio es marcadamente negativa con una correlación muy alta. Se aprecia una disminución de 14.5mm menos al año, lo que llega a suponer 232 litros menos para el periodo de estudio. En el caso de la evapotranspiración se mantiene constante, sin cambios.

Villarrubia de Santiago:

En la localidad de Villarrubia de Santiago llueven de media 358.62mm, con una evapotranspiración media anual de 1124.76. Las precipitaciones se han mantenido estables, sin cambios, a diferencia de la evapotranspiración que presenta una marcada disminución de -12.85mm/año, es decir, 205mm menos para el periodo de estudio.

Provincia de Guadalajara

En la provincia de Guadalajara llueve de media, entre las estaciones analizadas, 417.80mm al año. La evapotranspiración alcanza de media los 1164,11mm por lo que hay una marcada sequía, sobre todo en los meses de verano y un considerable déficit hídrico.

De media, las precipitaciones se han reducido unos 7 litros al año, unos 112 litros por metro cuadrado menos, a lo largo del periodo 2000-2016. La evapotranspiración se mantenido constante con una ligera tendencia al alza. En conclusión, tenemos una provincia con tendencia a la sequedad.

Armuña de Tajuña:

En la zona de Armuña de Tajuña se recogen 380.51mm al año, siendo la evapotranspiración de 1242,55mm. Desde el año 2000 se han reducido las precipitaciones 4,3mm al año, lo que supone 68.8 litros menos para el periodo de estudio. En el caso de la evapotranspiración, esta se ha mantenido constante a lo largo del tiempo entre unos valores sin tendencia.

Illana:

En Illana hay una media de precipitación de 425.73mm, mientras que la evapotranspiración alcanza los 1320.47mm. En el caso de esta localidad es llamativo el año 2002 que llegó a alcanzar los 1267.2mm de precipitación. Después de este año muy húmedo, el resto han sido más secos, lo que también influye

marcadamente en la tendencia. En este caso, a razón de los resultados, podemos establecer que las precipitaciones se reducen a un ritmo de 24,4mm por año, unos 390mm para el periodo de estudio. Si sacamos del análisis el año 2002 también tenemos una tendencia a la baja, pero de 2 litros por año. En el caso de la evapotranspiración, se ha mantenido más o menos constante a lo largo de los años, pero con una leve disminución, pero el valor de correlación es tan bajo, que la consideramos en tendencia 0.

Jadraque:

La localidad de Jadraque recoge de precipitación media anual 469.85mm, mientras que la evapotranspiración media es de 1067.5mm. Las precipitaciones disminuyen en los últimos años a un ritmo de 9 litros por año, aproximadamente unos 150 litros para el periodo de estudio. La tendencia de la evapotranspiración es 0. En ambos casos hablamos de niveles de correlación bajos, por lo que hemos de considerar únicamente una tendencia a la baja de las precipitaciones poco marcada.

Prados Redondos:

En la estación de Prados Redondos se recogen 395.10mm al año. La evapotranspiración anual asciende hasta los 1026.65mm. Tanto en el caso de las precipitaciones como en el de la evapotranspiración se ve una tendencia estable de valor 0.

Provincia de Cuenca

En la provincia de Cuenca llueven de media unos 428,2mm para el periodo 2000-2016 y la evapotranspiración de referencia alcanza los 1223mm/año. Debido, entre otros factores, a la orografía de este territorio hay una gran diferencia de precipitaciones entre las estaciones analizadas y además una marcada variación interanual. De media, las precipitaciones han disminuido a un ritmo de -5 litros por año y metro cuadrado, unos 80 litros menos por metro cuadrado para todo el periodo analizado. En el caso de la evapotranspiración podemos decir que se mantiene constante, pero como conclusión, tenemos una provincia con una tendencia clara a la disminución de precipitaciones.

Barajas de Melo:

En la estación de Barajas de Melo, llueven al año de media unos 380 litros por metro cuadrado. Le evapotranspiración media anual es de 1366mm. La tendencia de las precipitaciones y la ETP es poco relevante. En ambos casos se aprecia una leve disminución con una correlación baja.

Cañete:

En esta estación se recogen 558 litros por metro cuadrado y año. La ETP asciende hasta los 1018mm. Las precipitaciones disminuyen a un ritmo de 6 litros por año, unos 96 litros para todo el periodo de estudio, aunque la irregularidad pluviométrica interanual ofrece un número de correlación bajo. La ETP por el contrario crece a un ritmo de 5 litros por año, unos 80 litros más para el periodo de estudio.

El Pedernoso:

El Pedernoso recoge unos 370.54 litros por metro cuadrado y año, mientras que la evapotranspiración alcanza los 1324.63 litros. Las precipitaciones disminuyen fuertemente, a un ritmo de -13 litros por año, lo que sumaría unos 208 litros menos para el periodo analizado. En el caso de la ETP esta aumenta a un ritmo de 5mm por año, unos 80mm más en el siglo XXI.

El Picazo:

En El Picazo se recogen unos 400 litros año, con una ETP de 1237mm. Las precipitaciones disminuyen a un ritmo de -8 litros por año, lo que supone una disminución de -128mm y la ETP disminuye a un ritmo de -2mm/año, 32mm menos para el periodo de estudio.

El Sanchón:

En este estación se recoge una precipitación media anual de 417mm, mientras que la ETP media asciende hasta los 1350mm. En el caso de las precipitaciones, se observa una leve disminución, pero con una correlación muy baja. La ETP se mantiene estable y prácticamente sin cambios.

Villaconejos de Trabaque:

En la estación de Villaconejos se recogen 478mm al año y la ETP alcanza de media los 985mm. La ETP se mantiene constante, sin cambios y las precipitaciones tienen una marcada disminución de hasta 7mm menos por año, es decir, unos 112mm menos para el periodo de estudio. Esta estación tiene una correlación baja, pero pese a la fuerte variabildiad pluviométrica interanual y a algunos años especialmente húmedos como el de 2008, pero pese a ello, puede concluirse una marcada disminución de precipitaciones para el periodo de estudio.

Villanueva de la Jara:

En Villanueva de la Jara se recogen de media 349mm/año. La ETP es de 1280mm/año. En el caso de esta última, se ha mantenido constante, prácticamente sin cambios, pero las precipitaciones reflejan una leve disminución con un número de bajo de correlación que no permite interpretar una cifra concreta.

Provincia de Ciudad Real

La provincia de Ciudad Real tiene una gran variabilidad pluviométrica y además años secos o muy secos, seguidos de años húmedo o muy húmedos. Es una provincia que tiene fenómenos tormentosos intensos y ello provoca en algunas estaciones, marcados picos de precipitación. De media, la precipitación media anual es de 372,3mm, y la evapotranspiración media de referencia es de 1282.8mm, en ambas variables, para el periodo 2000-2016.

El comportamiento de la precipitación es poco marcado, con una reducción de unos -2mm por año de media para todo este territorio, sin embargo, la evapotranspiración de referencia disminuye marcadamente en algunas estaciones, pese a que, en otras estable, lo que hace que tengamos una media para la región de -6mm/año.

Alcázar de San Juan:

En Alcázar de San Juan llueven de media al año 350.6 mm por metro cuadrado. La evapotranspiración alcanza los 1285.6mm al año. Para el periodo de estudio, la precipitación apenas tiene tendencia, y los años se caracterizan por una fuerte irregularidad. En cuanto a la ETP, se constata un marcado descenso que llega a representar hasta 11 litros menos al año, es decir unos 176mm menos, en total, para el periodo estudiado.

Argamasilla de Alba:

En Argamasilla se recogen al año 381.2mm, y la evapotranspiración asciende hasta 1291mm de media al año. En cuanto a las precipitaciones se constata una leve disminución, de unos -2mm año, pero con una baja correlación lineal. En el caso de la ETP, esta tiene una marcada disminución de -9mm/año, lo que supone 144mm para el periodo de estudio.

Bolaños:

En Bolaños se recogen 342,6mm/año de media. La evapotraspiración alcanza los 1345mm/año. Las precipitaciones tienen una disminución considerable, a un ritmo de 6mm año lo que suma para el periodo de estudio 96mm. La ETP se mantiene constante y prácticamente sin cambios

Ciudad Real:

La estación de Ciudad Real recoge de media 415.6mm al año, mientras que la ETP asciende hasta los 1318,8mm. Podemos decir que ambas variables analizadas, temperatura y precipitación, se mantienen prácticamente constantes, aunque con una tenue disminución de precipitaciones de tan sólo 1mm año.

Daimiel:

En la estación de Daimiel se recogen de media al año 374mm y la ETP es de 1336.2mm. La disminución de las precipitaciones de unos 2mm/año y la disminución de la evapotranspiración de unos 6mm por año, sumarían para el periodo de estudio una disminución de 32mm y 96mm respectivamente.

Herencia:

La estación de Herencia recoge 367mm de media al año y la evapotranspiración es de 1287mm. En el caso de las precipitaciones se constata una débil disminución de unos 2 litros por año, lo que supondría un total de unos 32 litros para el periodo de estudio, aunque la marcada irregularidad interanual hace que tengamos una correlación baja. La evapotranspiración Se mantiene constante a lo largo de todo el periodo con tendencia cero.

Manzanares:

En esta zona se recogen de media al año 357.8mm y la evapotranspiración alcanza los 1304,6mm. Las precipitaciones tienen un débil aumento, con una baja correlación, forzado por algunos años especialmente húmedos como 2010 en los que hubo episodios tormentosos de importancia. La evapotranspiración disminuye a un ritmo de -11mm por año, lo que supone 176mm para el periodo de estudio.

Porzuna:

La estación de Porzuna recoge 388,5mm al año de media. La evapotranspiración es 1174.13mm. En esta estación hay un aumento de precipitaciones de unos 4mm/año, es decir, unos 64mm para el periodo de estudio, aunque presentan los datos una baja correlación. En cuanto a la evapotranspiración, hay una marcada disminución de 11m año, con una correlación muy alta, que supone para los años de estudio 176mm menos.

Provincia de Albacete

La provincia de Albacete presenta un desigual comportamiento térmico con respecto a otras provincias. En esta zona en un buen número de estaciones aumentan las precipitaciones, promovido sobre todo por años húmedos en los que estas se disparan por encima de su valor medio modificando la tendencia. En la mayor parte de los casos, esto viene provocado por tormentas que se forman sobre todo en los meses estivales y en el otoño, que pueden llegar a dejar registros de precipitación que representan más del 12% del total anual. Es la provincia de clima más mediterráneo-litoral en cuanto a precipitaciones se refiera, sobre todo por los fenómenos convectivos tardoestivales. Pese a esta premisa, también existen marcadas diferencias pluviométricas interanuales debido a la ubicación geográfica de este espacio; entre las características del litoral mediterráneo y el clima continentalizado del interior. Debemos entender estas características para la correcta interpretación de los datos.

En la provincia llueven de media 352.7mm y la evapotranspiración media es de 1254.6mm. En el caso de la primera variable se constata para el periodo 2000-2016 una tendencia estable, que podemos considerar valor cero, aunque hemos de añadir que algunos cálculos otorgarían un valor de 1mm más por año durante este periodo, pero el valor de correlación es ínfimo, por lo que consideraremos como se describe, valor cero. La evapotranspiración disminuye a razón de 2mm por año, una cantidad baja pero que hay que considerar como tendencia moderada a lo largo de lo que va de siglo XXI.

Es importante entender que, en esta provincia, más que aumentar las precipitaciones (aunque la tendencia sea prácticamente cero), aumenta lo torrencialidad. Llueve lo mismo, pero lo hace más concentrado en el tiempo.

Albacete:

En la estación de Albacete se recogen al año 330,5 mm. La evapotranspiración asciende hasta los 1305,3mm. En el caso de las precipitaciones, se ha producido un leve aumento de unos 2mm por año, es decir, 32mm más para el periodo de estudio. Pese a ello, tenemos una correlación baja debido a fuertes contrastes pluviométricos. La evapotranspiración ha disminuido unos 3mm por año, 48mm para el periodo 2000-2016.

Almansa:

En esta zona se recogen al año 358.8mm al año de precipitación y la evapotranspiración media se mantiene en 1287,30mm. En el caso de Almansa se constata un aumento de precipitaciones intenso, de hasta 6 litros por año, unos 96 litros para todo el periodo de estudio. La evapotranspiración sin embargo se ha mantenido prácticamente constante con un valor cero.

Caudete:

En Caudete se calcula una precipitación media de 324.5mm al año, con una evapotranspiración media de 1240.39mm. En el caso de ambas variables, no se constata ninguna tendencia, ni positiva ni negativa, ambas con valor cero.

Juanaco:

En esta estación se registra una precipitación media de 394.4mm/año. La evapotranspiración media anual es de 1295.4mm. En el caso de las precipitaciones se constata un aumento de hasta 3mm por año, pero con un número de correlación muy bajo que no ofrece una gran fiabilidad de los resultados. Sin embargo, en el caso de la evapotranspiración, y con una alta confianza, se refleja una disminución de -15mm por año, es decir, unos 240mm menos para todo el periodo.

La Gineta:

La estación de La Gineta tiene una precipitación media de 341.26mm. La evapotranspiración media es de 1295.8mm. Ninguna de las variables analizadas presenta una tendencia estable y clara, tan sólo las precipitaciones disminuyen a un ritmo de 1 litro por año, pero el valor de confianza es tan bajo, que daremos tendencia cero a ambos casos.

Motilleja:

En Motilleja se registra una precipitación media anual de 375,4mm y la evapotranspiración es de 1171.2mm. La evapotranspiración presenta una tendencia cero y las precipitaciones, una disminución aproximada de -2mm/año, aunque el valor de correlación es bajo.

Ontur:

En Ontur llueven de media 298.4mm/año y la evapotranspiración alcanza los 1280.86mm. Ni precipitaciones ni evapotranspiración presentan una tendencia clara y estable, así que en ambos casos la consideraremos cero, por su escaso valor absoluto y su baja confianza.

Pozo Cañada:

En la estación de Pozo Cañada se recoge una precipitación media anual de 359.60mm y una evapotranspiración media anual de 1233.21mm. Las precipitaciones aumentan a un ritmo de 7 litros por año, unos

115.5mm de más, para el periodo estudiado y con un número de correlación alto, pero sin olvidar unos años muy desiguales en precipitaciones. La evapotranspiración también aumenta, unos 4mm por año, como consecuencia de la mayor disponibilidad de agua.

Tarazona:

En la estación de Tarazona se registra una precipitación media anual de 390,34mm y una evapotranspiración media de 1099.5mm. En ambas variables, hemos de considerar que hay una marcada irregularidad interanual, por lo que los datos tienden a tener una correlación baja. En el caso de las precipitaciones, disminuyen a razón de 5mm por año, unos 81.5mm para el periodo de estudio, mientras que la evapotranspiración también disminuye, unos 6mm por año, 97.8mm para dicho periodo.

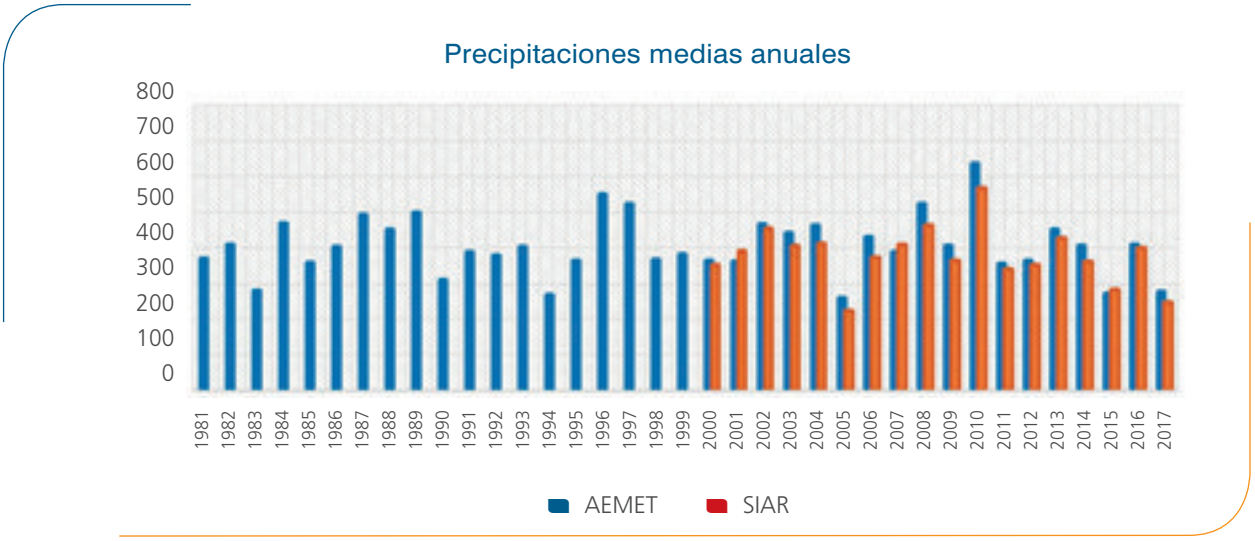
Comparación AEMET – SIAR:

Aunque forman parte de redes de medición distintas y con diferentes estándares, es sumamente interesante comparar los datos de una y otra red, donde podemos ver que el comportamiento interanual tiene las mismas características, con una gran variabilidad lo que somete a la región a cambios muy bruscos de unos años a otros.

En este último gráfico, se incluye el año 2017 que resultó muy bajo en precipitaciones, y en comparación, tenemos el año 2010 como ya veíamos anteriormente, con el récord de lluvias. En este sentido, es importante remarcar que, aunque en ocasiones no se observen tendencias claras y uniformes debido a esta variabilidad, si se aprecia que los extremos se agudizan, cada vez en periodos más cortos. Años muy húmedos pueden ir seguidos de años muy secos donde además aumentan claramente las temperaturas, variable que si muestra una tendencia clara.

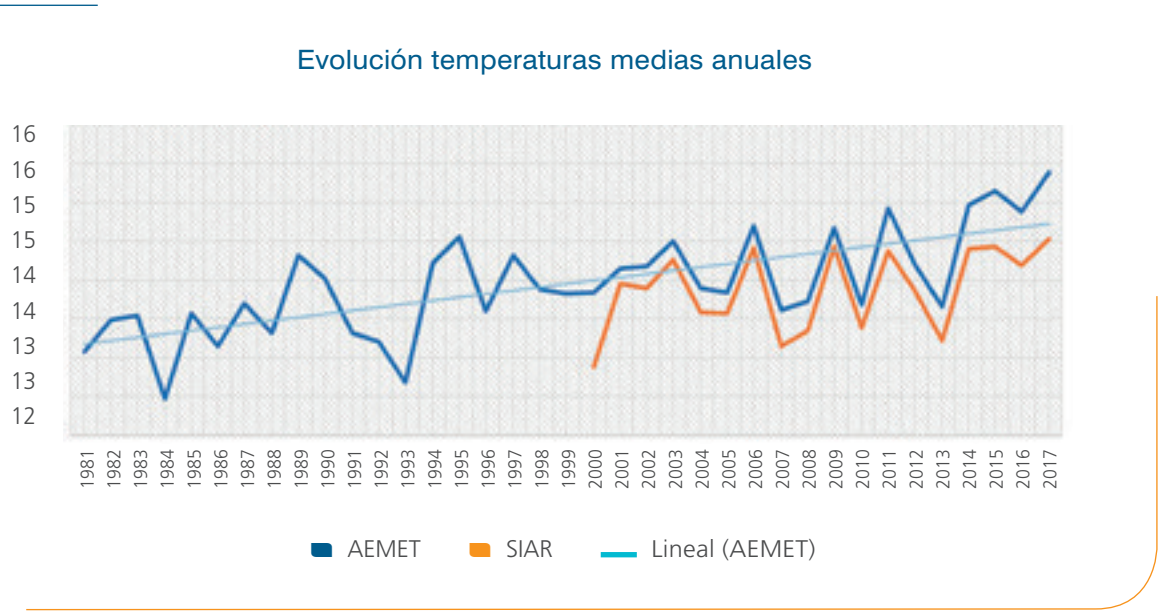
En este mismo sentido, si hacemos una comparación de ambas redes, podemos ver como el comportamiento interanual es idéntico, aunque la red SIAR tiende a marcar temperaturas más bajas que AEMET. En primer lugar hay que recordar que no se trata ni del mismo número de estaciones, ni la misma ubicación, y es especialmente este último factor el que podría estar detrás de esa diferencia. Las estaciones de AEMET están en ámbitos más urbanos y sin embargo las otras están en el campo.

Lo que no cabe la menor duda es de la tendencia que se refleja, incuestionando que la temperatura está aumentando y que mismamente el trienio 2015-2017 se trata del más cálido registrado en la región.



Todos los datos han sido suministrados por la Oficina de Cambio Climático de Castilla-La Mancha, pertenecientes a las redes de observación meteorológica de AEMET y SIAR. Se quiere expresar un sincero agradecimiento a Alfonso Rodríguez Torres y Javier Santamarta Alvarez por su predisposición y rapidez para conseguir la información numérica y poder trabajar con ella. También a la Sede Central de Agencia Estatal de Meteorología con la que se ha mantenida una buena colaboración

Los datos han sido estudiados y analizados metódicamente para poder extraer de ellos la máxima información. Los de AEMET son series largas de datos homologados y, en el caso de SIAR, aunque no cumplen esa homologación ni una serie mínima de treinta años, son valiosos en sí mismo, porque aportan una información muy valiosa desde el punto de vista climático. En muchos casos los gráficos se muestran con tendencias lineales y no han sido más que tratados con las normas básicas estadísticas, para evitar hacer tratamientos numéricos que pudieran cambiar la realidad más exacta posible. Tanto en Climatología, como en otras disciplinas, los datos pueden torturarse hasta que dicen lo que se quiere que digan, por ello se ha querido evitar cualquier distorsión matemática y de cálculo y en muchas de las ilustraciones sólo puede verse de forma directa lo que han registrado las máquinas.



Extremos meteorológicos: analizar el pasado para entender el presente

David López-Rey Lumbreras
Licenciado en Física. Especialidad Física de la Atmósfera (UCM) / Investigador y consultor en meteorología / Meteorólogo y presentador de "El Tiempo" en Canal Extremadura.

Generalidades

El hecho de que Castilla-La Mancha se encuentre en el centro peninsular a una altitud moderada de unos 600 metros y casi rodeada de importantes cadenas montañosas que impiden la influencia marítima, hace que nuestra región tenga ciertos tintes de clima continental, con escasas precipitaciones y temperaturas frías en invierno y muy cálidas en verano.

Sin embargo, ese "casi" es debido a los cuatro principales valles fluviales: el del Tajo, del Guadiana, del Júcar y del Segura, los dos primeros orientados en dirección oeste y los dos restantes, en dirección este. Son por estos "pasillos" por donde procede la humedad desde el mar: del Atlántico y del Mediterráneo, respectivamente.

Detrás de las riadas y de las inundaciones más catastróficas de Castilla-La Mancha está la confluencia de masas de aire distintas. Por un lado, el aporte marítimo y por otro, la sequedad de la meseta sur.

Inundaciones y riadas históricas

Fuentes de información meteorológica

En el ámbito de la climatología histórica, las principales fuentes de documentación son los existentes de la época. Archivos eclesiásticos, administrativos y judiciales atesoran una información que, aún todavía, permanece allí adormecida pendiente de que alguien la desvele.

Las crónicas de desastres prestan atención a las víctimas y los daños materiales, e incluso a de la dirección del viento, procedencia de las nubes, inicio y fin de la precipitación… etc. Estas aportaciones pueden llegar a permitir tener una idea más clara de la situación atmosférica que dio lugar a tal fatal desenlace. En los últimos años los centros de investigación realizan labores de "reanálisis", esto es, simular con modelos matemáticos la situación meteorológica del pasado cuando no se contaba con la gran cantidad de información actual. Esta es una herramienta que usaremos en el estudio de los episodios aquí expuestos.

Orígenes de las inundaciones y de las riadas

Las inundaciones y las riadas más importantes se suelen producir por dos causas: o bien por desbordamientos de ríos o bien por rupturas de presa (o algún elemento arquitectónico que realiza las veces de ésta tales como tapiales o paredes). Las primeras suelen darse en la época del invierno y de la primavera y están asociadas a la persistencia del paso de sistemas frontales, cargados de lluvias desde el Atlántico, que precipitan durante varios días en una determinada zona. La crecida de los ríos es, relativamente, suave y continua, y suelen darse en municipios enclavados en las vegas fluviales.

Las segundas, en cambio, se suelen producir en la segunda mitad del verano hasta finales del mes de septiembre. Muchas de ellas van ligadas a aguaceros tormentosos de gran intensidad y, ocasionalmente, de granizo. Es frecuente que esta violencia se dé con tiempo seco, calmado y caluroso en superficie y la entrada de aire frío en los niveles medios y altos de la atmósfera. La presencia de presas, de tapias, de paredes y de agujeros de puentes cegados hace que las aguas se acumulen allí hasta que llega un momento en el que revientan provocando una súbita crecida de ríos, arroyos y torrentes que instantes antes eran corrientes mansas de agua y todo ello con tal estrépito que es imposible alertarse de tal peligro.

División comarcal de Castilla-La Mancha empleada en este estudio y situación meteorológica que dan origen las riadas

Como veremos más adelante, las inundaciones y las riadas que se dan en Castilla-La Mancha están íntimamente ligadas una determinada situación meteorológica y a su disposición geográfica.

Así, de color azul están indicadas las principales áreas de montaña (Fig. 1). Los episodios de lluvias intensas están asociados a temporales del Atlántico, sobre todo. Sí que es cierto que hemos encontrado en las estribaciones del Sistema Ibérico inundaciones vinculadas a fuertes tormentas estivales.

Las comarcas de color verde son aquellas situadas en la parte más occidental de la Región. Al igual que en el caso anterior, los desbordamientos de ríos y de arroyos se suelen dar en la segunda mitad del otoño hasta finales del invierno. En esta época del año, se dan los escenarios de precipitaciones más intensas procedentes del oeste.

La influencia mediterránea queda reflejada en el sector rojo. Allí la vega del Júcar, que apenas ofrece obstáculos orográficos a los temporales mediterráneos propios del otoño, facilita que las copiosas precipitaciones aparezcan y, si son lo suficientemente intensas, las inundaciones.

Por último, la parte amarilla abarca buena parte del centro de la meseta sur. Los escenarios analizados están conectados con tormentas de verano principalmente; no obstante, se han dado casos de crecidas de ríos y de arroyos con temporales de lluvia del oeste.

Inundaciones y riadas en el oeste de Castilla-La Mancha.

En este caso, las inundaciones y las riadas que se producen suelen dar en los meses de diciembre a febrero y están asociadas a una clara circulación zonal, paralela a los paralelos del planeta, y con el paso de sucesivos sistemas frontales procedentes del Atlántico. Una situación con varios días de duración con lluvia continua y más abundante en zonas de montaña. Las crecidas de los ríos no son súbitas, sino suaves. Veamos algunos ejemplos.

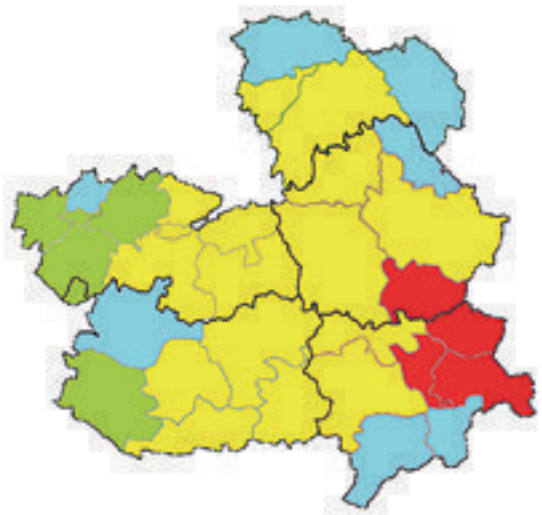


Fig 1.: División comarcal utilizada en el estudio. La coloración unifica las zonas con origen de riadas similar.

- Finales de febrero y primeros de marzo de 1947

Marzo de 1947 era, hasta el mes de marzo de 2013, el más lluvioso en el cómputo nacional. El paso de varios centros de bajas presiones hizo que los observatorios de las capitales superaran en más del doble la cantidad total de precipitación media correspondiente al mes de marzo. Así, encontramos: 183mm en Cuenca (5,2 veces lo propio del mes) y 133 en Toledo (que casi lo sextuplica, 5,8 veces); 113 en Ciudad Real y sólo 64 en Albacete.

Estas precipitaciones ocasionaron el hundimiento de varias casas en Corral de Almaguer, el desbordamiento del río Cedena a su paso por Los Navalmorales y la inundación de barrios aledaños al Tajo en Talavera de la Reina (en Toledo, todos). En Ciudad Real merece destacar la inundación de 19km^2 de terreno entre Argamasilla de Alba y de Tomelloso.

- Segunda mitad del mes de febrero de 1964

Al igual que ocurrió en marzo de 1947, el trasiego continuo de varios centros de bajas presiones de oeste a este peninsular, aportó notables cantidades de precipitación. En quince días Toledo acumuló 115mm y Ciudad Real, 120 lo que suponen un 4,6 y 4,0 veces más respecto a la media climatológica (periodo 1981-2010). Cuenca totalizó 123, Guadalajara, 114 y Albacete sólo 22. Hay constancia de municipios del oeste castellano-manchego con precipitaciones mensuales por encima de los 200mm como el caso de Calzada de Oropesa (Toledo) con 230.

Fueron numerosos los ríos y arroyos que se desbordaron en aquellos días. Basta resaltar la crónica que publicaba el diario toledano *"El Alcázar" en su edición del 27 de febrero: Las recientes, constantes y abundantes lluvias caídas durante estos días en toda la geografía española han tenido dentro de nuestra provincia su particular edición de un sinnúmero de daños que afectan a no pocas poblaciones. […] Naturalmente, las zonas más afectadas han sido aquellas vegas […] del Tajo, del Alberche, del Gévalo, del Riánsares, del Pusa, del Algodor o del Amarguillo […]".*

- Mes de marzo de 2013

A día de hoy (octubre de 2017), el mes de marzo de 2013 desbancó al mes de marzo de 1947 como mes más húmedo desde que se tienen registros históricos. El balance nacional arroja 157mm, que es más del triple del periodo actual de referencia (1971-2000) con 46. Los tres decenios del mes fueron muy lluviosos, sobre todo el último que fue cuando se alcanzaron los máximos de precipitación (Fig. 2)

Centrándonos en la comunidad, destacan los datos de los observatorios de Ciudad Real, de Cuenca y de Toledo pues estos supusieron récords históricos para un mes de marzo (Tabla I)

Observatorio	Precipitación marzo 2013	Anomalía de precipitación	Récord anterior	Número días precipitación
Ciudad Real	157,8	540%	104,7	16
Cuenca	175,4	500%	154,9	17
Toledo	112,4	490%	99,3	16

Tabla I.: Datos de precipitación del mes de marzo de 2013

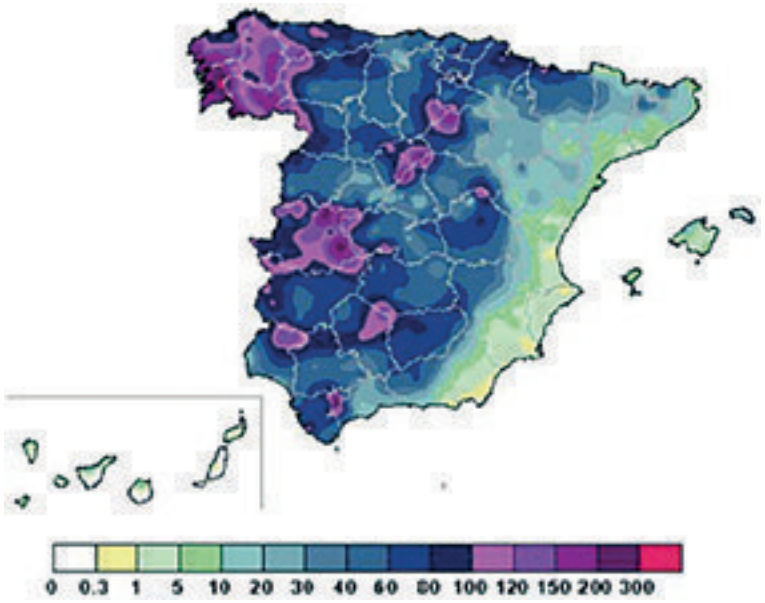


Fig. 2.: Mapa de precipitación total acumulada entre el 21 y 3l de marzo de 2013. En la parte más occidental de la provincia de Toledo, sur de los montes de Toledo y sur las sierras de Alcudia y de Madrona se llegaron a superar los 120mm y se intuye que en la sierra de San Vicente se sobrepasaran los 200. Fuente: AEMET.

Merecen mención los 55,8mm medidos en Fuencaliente (Ciudad Real) y los 45,5 en San Pablo de los Montes (Toledo) ambos el día 31.

Hubo numerosas inundaciones en La Mancha. El pantano de Vallehermoso tuvo que desembalsar con la consecuente crecida del Azuer (Daimiel, Manzanares y Membrilla fueron afectados, todos en Ciudad Real) y el Riánsares también creció de forma notable (Corral de Almaguer fue un claro ejemplo) y varios municipios de la sierra de Alcaraz quedaron aislados por carretera debido al desprendimientos de piedras, como fue el caso de varios emplazamientos cercanos a Yeste (Albacete).

Inundaciones y riadas en el centro de Castilla-La Mancha.

El origen de la mayor parte de las riadas que ocurren en el centro de Castilla-La Mancha está asociado a una situación de tormentas en verano, esto es: un mínimo de presión relativo o un pantano barométrico en superficie que arrastra humedad mediterránea a través del corredor de Almansa. Mientras en altura hay dos escenarios posibles: un embolsamiento de aire frío sobre la vertical del suroeste peninsular o bien una vaguada bien definida asociada al paso de un sistema frontal; en cualquiera de los dos casos, inestabilidad.

Las crecidas de los ríos y de los arroyos, por tanto, se producen con rapidez. Son especialmente dramáticas las veces que el agua procedente de estas tormentas se acumula o bien en presas, o en puentes cegados por maleza y basura o en tapiales, reventándolos. Así, la inundación de los municipios es instantánea y muy violenta, pillando a los vecinos desprevenidos y sin tiempo necesario para resguardarse y casi de reaccionar. Es este tipo de situaciones el que mayor número de víctimas produce.

- Consuegra (Toledo), 11 de septiembre de 1891

Posiblemente se trate de la riada más importante que Castilla-La Mancha a juzgar por la enorme cantidad de víctimas. Afortunadamente, no ha caído en el olvido y los consaburenses aún la tienen presente más de 120 años después. No se tiene ningún tipo de información sobre la cantidad de precipitación caída en la zona, pero las crónicas mencionan que las tormentas de la noche fueron muy violentas (Domínguez, 1991).

Parece que el agua se acumuló en un puente romano, con los ojos cegados por maleza y basura, ubicado aguas arriba del río Amarguillo que atraviesa el municipio. El puente reventó y el Amarguillo se transformó en un río de 1500 metros de ancho y 6 metros de profundad, segando la vida a 359 vecinos que se encontraban en sus viviendas durmiendo.

- Villacañas (Toledo), 14 de septiembre de 1893

Desde el punto de vista meteorológico, la riada de Villacañas (Toledo) guarda una gran similitud con la anterior.

Las tormentas causaron estragos en toda la comarca de La Mancha. La peor parte se llevó Villacañas, con 43 víctimas por ahogamiento (García Montes, 1993). Éstas se encontraban resguardadas en unas viviendas subterráneas típicas de la zona, llamadas silos. Hubo desperfectos importantes y cosechas arrasadas en Escalona, Lillo, Mascaraque, La Puebla de Montalbán y Villanueva de Bogas (en Toledo, todos). Merece mención el pedrisco del tamaño de huevos de gallina caído en La Higueruela (Ciudad Real).

- Polán (Toledo), 30 de agosto de 1926

La inundación de esta localidad toledana tiene cierta singularidad: es la más reciente con número de víctimas y la más occidental de toda la región.

Los aguaceros provocaron multitud de desperfectos en la península. El caso más grave en la provincia de Toledo fue el de Polán (López-Rey, 2013), con 5 fallecidos por ahogamiento. Las aguas procedentes de la tormenta se acumularon en una huerta que estaba tapiada. Una vez que ésta se desplomó, el arroyo que cruza el pueblo se convirtió súbitamente en un río de 30 metros de ancho y 3 de profundidad, arrasando todo lo que encontraba a su paso, en particular estos vecinos.

Merecen mención el derrumbe parcial de la iglesia de Azucaica, el granizo acumulado de un metro en Noez y las cosechas arrasadas de Guadamur, todos en el entorno de Polán.

- Valdepeñas (Ciudad Real), 1 de julio de 1979

Sin duda alguna, la riada de Valdepeñas de 1979 marcó un antes y un después en esta localidad. Desde entonces, se han efectuado planes de acondicionamiento para evitar este tipo de catástrofes. El aguacero duró cuatro horas y se desbordaron los cauces naturales de los arroyos La Veguilla y Jarosa. El diario "Lanza" aporta que la precipitación fue de 86mm y que el colector urbano llevaba un caudal de unos 150m^3/s.

Como tantas veces, el mal estado de los cauces, los desperdicios de trabajos agrícolas, la suciedad acumulada, restos de materia vegetal y el barro hicieron un conglomerado letal que taponó los viejos puentes y se tragó literalmente a ciudad.

El peor saldo fueron las 22 personas ahogadas y las 30 heridas leves. Los daños económicos se tasaron en unos 18 millones de euros teniendo en cuenta las 472 viviendas dañadas, los 193 coches destrozados, las 15.000 hectáreas dañadas y las 2900 cabezas de ganado ahogadas. En algunas calles el agua alcanzó los 2,5 m de altura.

- Yebra y Almoguera (Guadalajara), 10 de agosto de 1995

Con toda seguridad, este suceso ha sido el más importante de la provincia de Guadalajara los últimos años del siglo XX. Una tromba de agua acompañada de fuerte viento llegó a estas dos localidades alcarreñas. Murieron 10 personas ahogadas, 7 de ellas mientras se resguardaban de la lluvia en un viejo salón, cuya pared cedió por la presión del agua, 2 fueron en un turismo y la última en un camión que fue volcado por la corriente. Se estima una precipitación de 60mm.

- Alcázar de San Juan (Ciudad Real), 23 de mayo de 2007

El episodio de tormentas que sucedió entre los días 20 al 25 estuvo asociado a la presencia de una vaguada en altura que avanzaba por el oeste y que, finalmente, se aisló.

Las precipitaciones más intensas se dieron en el entorno de Alcázar de San Juan (Ciudad Real). Una tormenta estática (catalogada por la actual Agencia Estatal de Meteorología, como *supercélula convectiva*) descargó hasta 240mm en Alameda de Cervera (Ciudad Real), superando en más del doble la cantidad máxima esperada para un periodo de retorno de 500 años. Se acumularon más de un millón de metros cúbicos en las cercanías de las vías del tren, que actuó como barrera frente al paso del agua (Fig. 3)

El diluvio provocó el desalojo de 500 vecinos y entre 1500 y 2000 viviendas damnificadas. Hubo que esperar hasta 2010 para 150 familias fuesen realojadas.

No nos olvidemos los daños del día anterior en Villarrubia de los Ojos (Ciudad Real, también) con grandes inundaciones debido a la gran cantidad de agua procedente de una ladera cercana al municipio, derrumbando paredes y arrastrando piedras. El granizo fue retirado en 22 remolques llenos a rebosar y fueron más de 60.000 hectáreas de cultivo las que arrasó la riada perjudicando a unos 600 agricultores.

- Cuenca, 13 de agosto de 2010

Una fuerte tormenta se estancó sobre el cielo de la capital conquense. El aguacero, acompañado de pedrisco de hasta 3cm de diámetro, dejó una precipitación total de 70mm, con una intensidad máxima de 133,2l/m^2·h. Las zonas más afectadas de la ciudad fueron el barrio Obispo Laplana, el de la Plaza de Toros y el de Villa Román así como la calle Hermanos Becerril. La inundación alcanzó una altura de casi un metro de altura.

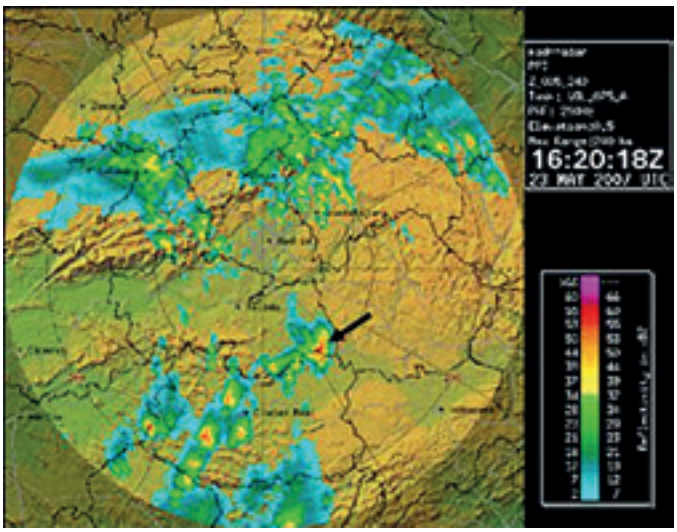


Fig. 3: Imagen del radar del Instituto Nacional de Meteorología (actual Agencia Estatal de Meteorología) correspondiente al 23 de mayo de 2007 a las 18:20 hora local. En él se aprecia la presencia de la supercélula que descargó en las inmediaciones de Alcázar de San Juan (Ciudad Real) esa misma tarde.

Inundaciones y riadas en el este de Castilla-La Mancha.

Algunas de ellas están propiciadas por la presencia tormentas estivales con el habitual pantano barométrico en superficie o una borrasca ubicada en el mar de Alborán y el paso de una vaguada en niveles altos que propicia la inestabilidad. También entra en juego la influencia la llegada de vientos mediterráneos, cargados de humedad. Estos dos escenarios son los más habituales para que se den inundaciones en esta zona. Rara vez los temporales del oeste dejan lluvias significativas.

- Motilla del Palancar (Cuenca), 21 de septiembre de 1921

Este municipio conquense se ubica entre los dos cursos de agua: los ríos Valdemembra y Riato. Esta circunstancia hace que esta localidad sea propensa a sufrir episodios de inundaciones (Martínez Escribano, 2013). De ellos, destaca el acaecido en 1921.

La tormenta hizo que el Valdemembra creciese violentamente hasta una altura de 2 metros, causando la muerte a 12 vecinos. El aspecto debió ser desolador. Fueron 276 las casas hundidas y los daños se tasaron en 700.000 pesetas.

- Almansa (Albacete), 4 de septiembre de 1955

El aguacero descargó a primeras horas de la tarde. Se registraron 52mm en tan sólo 45 minutos. La Rambla Nueva (el típico desagüe natural que está seco buena parte del año) creció de forma inmediata. Los árboles y la maleza arrastrados por el agua y que taponaron los ojos del Puente de Hierro, impidiendo el paso natural de la corriente. Otra presa fue la pared de la fábrica de *Altomar* (hoy, de *Michel*). Una vez que ésta cedió, el agua se estrelló contra las viviendas. Fallecieron 8 personas, todas ellas en sus casas en plena siesta. En las partes más bajas de la ciudad el agua alcanzó un nivel de varios metros. Los daños se tasaron en unos 120.000 de euros.

Merecen mención, además, los episodios del 11 y 12 de noviembre de 1984 y del 10 de noviembre de 1994, ligados los dos a situación de lluvias torrenciales en el Mediterráneo. No nos olvidemos de la tormenta del 14 de junio de 2004 que dejó hasta 73mm, 60 de ellos en tan sólo una hora.

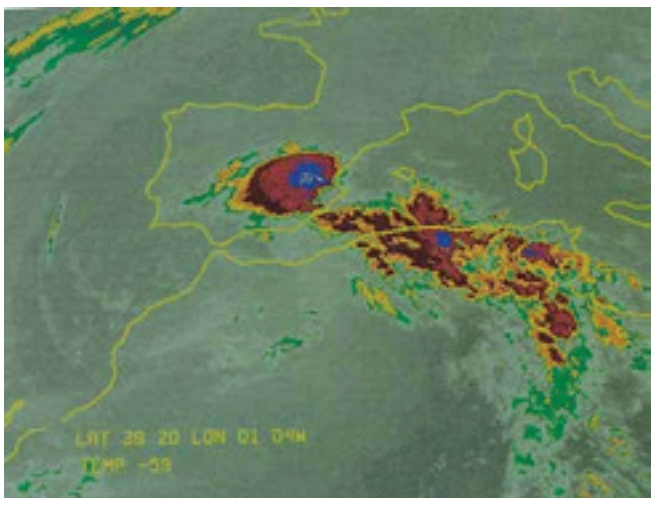


Fig. 4.: Imagen infrarroja procedente del satélite Meteosat con realce de color correspondiente al 20 de octubre de 1982 a las 10 horas, después de una madrugada en el que la estructura alcanzó su mayor madurez. En ella se puede observar colores blancos que corresponde a las cimas de las nubes de unos -60ºC. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

- Alcalá del Júcar (Albacete), 20 de de octubre de 1982

La zona de la Manchuela Conquense, junto con el Campo de Almansa, es una de las comarcas de nuestra comunidad con mayor influencia mediterránea. Tanto es así que es muy fácil que con temporales de lluvia en la Comunidad Valenciana, esta zona albaceteña se vea involucrada. Las vegas del Júcar y del Cabriel, orientadas en dirección este y con montes de escasa altitud (que ni llegan a los 800m), son un pasillo óptimo a los vientos marítimos.

Son varios los ejemplos de inundaciones en este sector asociados a los intensos aguaceros que suelen darse en el Mediterráneo en la época el otoño, sobre todo. De ellos, merece mención el de octubre de 1982 (Fig. 4) con el desastroso episodio de la ruptura de la presa de Tous (Valencia). Una de las localidades castellano-manchegas más afectadas fue Alcalá del Júcar.

Las crecidas de las cañada, en especial la del Dominguillo, provocaron un gran desastre. Tanto que el agua alcanzó hasta los 12m, según testimonios orales, y se llevó por delante varias viviendas, afectando entre 20 y 25 familias. Se estima que la lluvia caída rondó los 250mm (Arenillas et al., 1993) mientras que en Albacete fueron los 92. El caudal máximo del río llegó a los 2125m3/s (CEDEX, 2011)

Inundaciones y riadas en zonas de montaña de Castilla-La Mancha.

- Sigüenza y Brihuega (Guadalajara, todas), 5 de septiembre de 1877

Las tormentas que afectaron al Sistema Ibérico, siendo localmente fuertes las que descargaron en la serranía de Guadalajara. Según informaba vía telegráfica el Gobernador de Guadalajara: *"Los destrozos causados desde Sigüenza son incalculables"*. Se interrumpió el tráfico ferroviario entre Madrid y Zaragoza.

Aunque parece que Brihuega se llevó la peor parte: *"En este pueblo ha habido una inundación de mayores y más tristes consecuencias que la que ha sufrido Guadalajara. Se han hundido varios municipios, otros muchos están a punto de derrumbarse, y entre sus habitantes reina una gran consternación" […] "Se halla desplomada la mejor parte del pueblo, amenazando ruina los edificios restantes. Desaparecieron manzanas enteras de casas, incluso el convento y la iglesia de monjas Bernardas"*.

El Gobierno de la provincia de Guadalajara aportó 1500 pesetas procedente del fondo de Calamidades y el Arquitecto Provincial visitó Sigüenza para evaluar los daños en el Cementerio y demás obras de fábrica.

También en Ciudad Real hubo "*varios barrios inundados por completo y más de cincuenta casas amenazaban con venirse al suelo*" Cien familias se quedaron sin hogar por lo que se mandó abrir las iglesias para darles cobijo, además de varios edificios públicos.

Posibles tendencias en la precipitación

Récords cada vez más frecuentes

Es relativamente frecuente oír en la calle y en los medios de comunicación que, ante una situación de precipitaciones intensas, comentarios del tipo: "nunca antes se había conocido nada igual" o similar. Y uno echa mano de archivos y se puede llevar la sorpresa de cuán infundada estaba esa idea. Sin embargo, sí que en los últimos años la sensación de que cada vez se está extremando el clima es cada vez más patente. Algo, por otra parte, contemplan los escenarios de Cambio Climático reflejados en este trabajo.

En este aspecto, hemos tomado la precipitación máxima acumulada en 24h de cada mes en cada uno de los observatorios de capitales de provincia en el periodo enero de 1980 a julio de 2017, en total 439 meses. Se ha visto que en el periodo 2010-17 ha habido 14 ocasiones (a falta de dos años y medio más) en que se han batido marcas históricas mensuales; 12 veces ocurrió en la década 1990-99, 11 en el tramo 1980-89 y sólo 5 en el 2000-09.

Además, por observatorios, el caso de Ciudad Real sobresale con descaro. Entre 2010 y 2017 se han batido 4 récords de precipitación máximas en 24 horas para un mes determinado. No muy lejos, encontramos en las series de Toledo y de Guadalajara con 3 superaciones. Y todo ello, volviendo a insistir, en un periodo menor que los anteriores, a falta de 30 meses. ¿Quedarán obsoletas estas cifras entonces?

Cambios en la precipitación

La precipitación, como cualquier variable climatológica, está sujeta a variaciones temporales. El test de Mann es una buena herramienta para establecer si hay algún tipo de tendencia o si esos cambios son puramente aleatorios. Esta prueba es un test no paramétrico (Kendall, 1977), lo cual permite un análisis progresivo de la serie así como de su retrógrada. En ausencia de tendencia ambas gráficas se entrecruzan; mientras que en el caso de una tendencia significativa la intersección de ambas curvas permite situar aproximadamente el comienzo del fenómeno. Este algoritmo ya fue utilizado

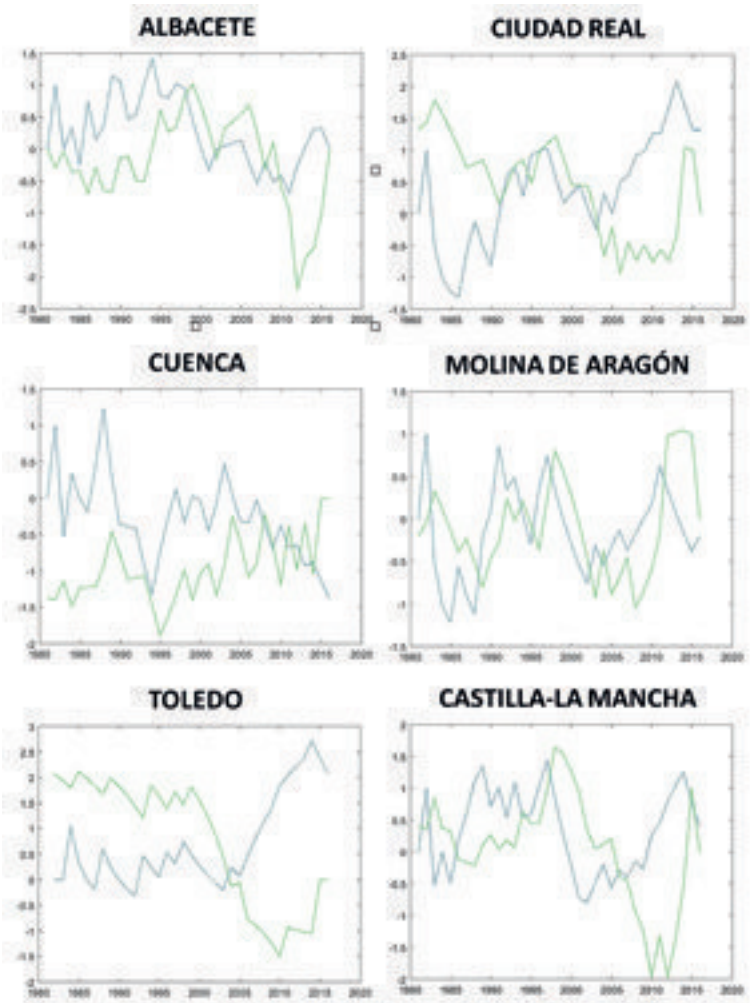


Fig. 5.: Resultados de aplicar el test de Mann a las series de número de días con precipitación superior a 30mm para cada una de las estaciones en el periodo 1980-2016. La serie azul es la directa y la verde, la inversa. El punto de corte entre ambas indica el momento del cambio en el comportamiento.

para caracterizar la precipitación en diversas comarcas de la provincia de Toledo (López-Rey D., Yagüe C. y Zurita, E. 2007).

En este apartado hemos recopilado el número de días en que se ha registrado una precipitación superior a los 30mm en 24 horas para cada uno de observatorios. Albacete y Ciudad Real son las estaciones en las que más sucesos de este tipo tienen (39 y38, respectivamente) y el que menos es, posiblemente, Toledo con 18 puesto que la serie de Guadalajara está incompleta (a falta de 7 años) y acumula 13.

Pues bien, sólo en el caso de Toledo se aprecia una tendencia positiva. Esto quiere decir que parece que los días con precipitación superior a 30mm van en aumento desde 2005, momento en que se cruzan las líneas del test de Mann. En el resto no hay un comportamiento significativo.

Las sequías en Castilla-La Mancha

Se trata de un fenómeno endémico, propio de la península. Decía el meteorólogo García de Pedraza que "sequías las hubo, las hay y las habrá". De ello estoy seguro. Y no hay que echar mucho la vista atrás: 2009-2010, 2003-2005, 1991-1996, 1980-1985… y la actual iniciada en verano de 2016.

A diferencia de los episodios de lluvias antes expuestos, es difícil establecer el inicio de una sequía. Uno de los criterios empleados es establecer su comienzo en el primer trimestre con precipitación un tercio menor la media. A mi juicio, es aceptable.

Evolución de la actual sequía (2016 - hoy).

El inicio de la escasez de precipitaciones de estos últimos meses se puede situar en el verano de 2016. Tras unos meses de abril y de mayo con lluvias dentro de los márgenes de lo habitual en el conjunto autonómico (Guadalajara y Toledo doblaron los totales de abril y Ciudad Real, los de mayo) es en el cuatrimestre de junio a septiembre cuando las precipitaciones son claramente inferiores a los valores estadísticos, con una anomalía del 8%. Las habituales tormentas del mes de agosto no dejan más de 3mm en Albacete como valor más elevado. Septiembre tampoco fue nada halagüeño: las lluvias se quedaron en torno al 40% en las capitales

Octubre y noviembre son un paréntesis cuyos totales mitigan en parte la sequedad. Ciudad Real y Toledo doblaron los totales de precipitación. El invierno climatológico se caracterizó, de nuevo, por la poca lluvia. En enero acumuló la mitad de lo habitual: en Cuenca y en Toledo no se llegó ni a la cuarta parte, aunque Albacete alcanzó un superávit del 30%. Febrero y marzo de 2017 entraron dentro de los márgenes de la media climatológica, aunque en Toledo llovió un 30% menos, mientras que en Albacete lo hizo un 80% más.

Las precipitaciones de abril se quedaron en menos de la mitad de lo habitual, alrededor del 45%. Lo mismo que mayo que rondó el 56% del acumulado de precipitación. Junio aún se quedó corto.

Julio y agosto fueron, cuanto menos, raros. La presencia de fuertes aguaceros tormentosos hizo que estos dos meses que fueran muy húmedos o extremadamente húmedos en algunas zonas. En el caso de Cuenca se superaron los 100l/m2 en agosto, récord en su serie histórica.

Sin embargo, en septiembre apenas llovió en Castilla-La Mancha. Sólo se recogieron un 4% de la lluvia habitual. En particular: Ciudad Real, Guadalajara y Toledo no recogieron ni una sola gota. Y el otoño fue mucho más distinto. El domino del anticiclón quedaba patente. El acercamiento del huracán Ophelia por costas del oeste favoreció la entrada de sistemas frontales. Pero fue poco: octubre no llegó ni a la mitad (la anomalía fue del 40%). En Ciudad Real se acumularon 9l/m2 en todo el mes. Noviembre, último mes del otoño climatológico, tuvo una anomalía similar por lo que el carácter fue de seco o muy seco. Toledo, que recogió 35mm, fue la que más se aproximó a sus valores estadísticos normales.

Superación de temperaturas máximas

En los últimos años estamos asistiendo a una superación continua de superación de marcas históricas en los registros de temperatura máxima, en especial en el lustro 2011-2015. En este periodo, el 17,55% de la red de observatorios y estaciones meteorológico han superado efemérides en sus valores máximos (Ballesteros, 2016). Un comportamiento no sólo en nuestro país, sino también a nivel mundial (AEMET, 2016). Y muchas de esas marcas se engloban dentro del concepto de "ola de calor".

Según AEMET, "*Se considera 'Ola de calor' un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000".* (AEMET, 2017)

Así, sobresale el año 2017 por ser en el que se han registrados más "olas de calor" en nuestro país, 5 concretamente repartidas en 25 días en total; seguido de 1991 y 2016, con 4 en 23 y 15 días de duración. Esta última, la de 2016, es, además, la más larga en los años considerados. Sin embargo, esta definición deja de lado otros interesantes episodios de altas temperaturas en otras épocas del año. Aquí consideraremos algunos de ellos.

En este siglo XXI, merecen mención estas situaciones de altas temperaturas

- Finales de abril de 2005

No está recogida en el estudio de olas de calor de AEMET debido a que su ocurrencia está fuera del periodo considerado. La entrada de una masa de aire cálido (con valores de hasta +15ºC en el nivel de 850hPa) el día 29 dejó temperaturas máximas de 31,6ºC tanto en Ciudad como en Toledo, 30,9 en Guadalajara y 29,0 en Cuenca, lo cual constituyen valores máximos absolutos correspondientes al mes de abril.

- Mediados de mayo de 2015

Al igual que en el caso anterior, no cumple el requisito de ubicación del evento por parte de AEMET. Sin embargo, aquí no lo pasamos por alto. El día 13 de ese mes de miden en Ciudad Real 38,6ºC y en Toledo 37,7ºC. Albacete llegó hasta los 36,7ºC y Cuenca a los 35,1ºC.

- Finales de junio a mediados de julio de 2015

Según el estudio de AEMET se prolongó desde el 27 de junio hasta el 26 de julio, lo que supone una duración de 26 días. Afectó a 30 provincias. Es la de mayor duración desde 1975. Ya el día 29 de junio se batieron los récords correspondientes a ese mes en Ciudad Real (40,8ºC), Guadalajara (40,4ºC) y Toledo (42,0ºC) debido a una clara entrada de aire cálido norteafricano con valores de hasta +28ºC a 850hPa. El día 30 se midieron 40,9ºC en Alcázar de San Juan (Ciudad Real), 40,7ºC en Villarrobledo (Albacete) y 40,6ºC Ossa de la Vega (Cuenca). En las jornadas siguientes el calor remitió ligeramente hasta el día 4. El día 6 volvió a darse otro máximo de intensidad. En Toledo se midieron 42,8ºC esa tarde.

- Mediados de julio de 2017

Duró del 12 al 16 de julio, según el estudio de AEMET, es decir, 5 días. Su extensión alcanzó a 14 provincias. Breve, pero intensa. El día 13 hubo 11 capitales de provincia que pasaron de los 40ºC, de las cuales, 3 se colaron de los 45ºC. Ese día se midieron los polémicos 47,3ºC en Montoro (Córdoba). Aquí en nuestra comunidad Ciudad Real tocó los 43,7ºC y Toledo los 42,8ºC. Registros, sin duda, excepcionales pero que, en el caso de Ciudad Real, no llegaron a los medidos en julio de 1995 (43,4ºC).

- Mediados de agosto de 2012

Se prolongó 4 días, del 8 al 11 de agosto, según datos de AEMET y fueron 40 provincias las que padecieron los rigores de las altas temperaturas. Se trata de la ola de calor de mayor extensión en nuestro país desde

1975. El día 10 se dio la mayor intensidad de la entrada de aire cálido. En Sevilla Aeropuerto se rozaron los 46ºC. Las temperaturas llegaron hasta los +30ºC en un nivel de 850hPa.

Exceptuando el caso de Ciudad Real, en el resto de las capitales castellano-manchegas el 10 de agosto de 2012 es el día en el que los termómetros alcanzaron los valores más altos (Fig. 5). Hasta 43,5ºC en Guadalajara, 43,1ºC en Toledo, 41,5ºC en Albacete y 39,7 en Cuenca (todos ellos máximos históricos) son fiel reflejo de la situación de aquella jornada.

- Primeros de septiembre de 2016

Del 3 al 7 de septiembre, 5 en días en total, abarcando a un total de 29 provincias. Por darse ya en el noveno mes del año, queda fuera de la consideración del estudio de AEMET. Sin embargo, merece recordarla por los 41,3ºC que dejó en Toledo el día 6, sin olvidarnos de los 39,7ºC en Ciudad Real el día 7, los 39,2ºC de Guadalajara, los 39,0 de Albacete y los 38,2 de Cuenca (el día 6, los tres).

Alargamiento del verano

Hay estudios estadísticos que muestran que los veranos poco a poco se van alargando (Ballesteros, 2017). Parece que esta tendencia es más acusada en zonas de montaña, como refleja el caso de Molina de Aragón (Guadalajara) con una ampliación de 9,87días/década; aunque el cómputo autonómico ronda 7días/década. Desde 2010, Albacete, Ciudad Real, Cuenca y Toledo han tenido sus veranos más largos con 128, 137, 127 y 120 días, respectivamente.

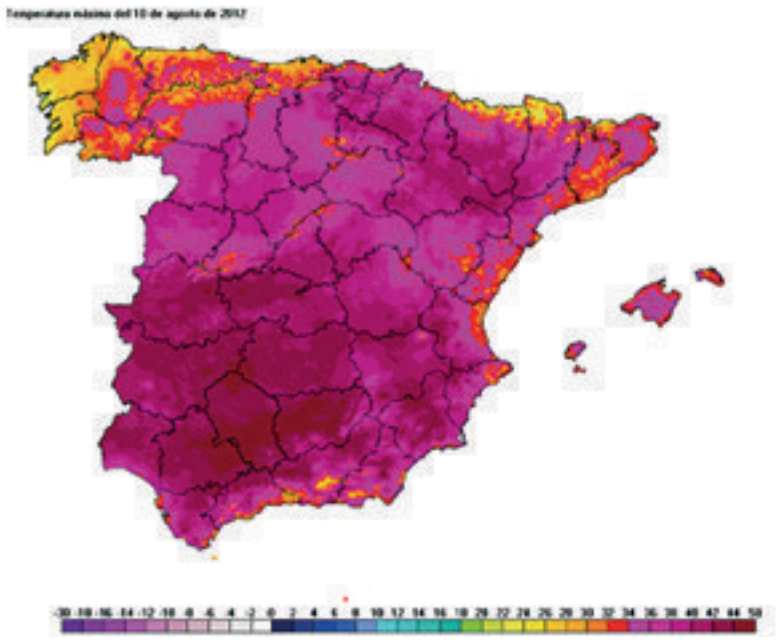


Fig. 6.: Temperaturas máximas registradas el 10 de agosto de 2012, el día más caluroso en la península desde que se tienen registros. La temperatura media nacional se situó en 25,4ºC que superó en 2,0ºC al valor normal. Esto hizo que este mes de agosto fuese el más caluroso desde 1961, por detrás del de 2003. Fuente: AEMET.

Bibliografía

AEMET (2016). http://www.AEMET.es/es/noticias/2017/03/Clima_2016_records

AEMET (2017). http://www.AEMET.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/Olas_Calor_ActualizacionOctubre2017.pdf

BALLESTEROS (2016). "Estudio de la variación de la frecuencia de ocurrencia de efemérides de temperatura en España" https://AEMETblog.es/2016/05/31/estudio-de-la-variacion-de-la-frecuencia-de-ocurrencia-de-efemerides-de-temperatura-en-espana/

ARENILLAS ET AL. (1993). Nuevos datos sobre la crecida del Júcar de octubre de 1982. Revista de Obras Públicas, número 3323. Año 140. Julio-Agosto 1993

BALLESTEROS (2017). http://climaenmapas.blogspot.com.es/p/durverano.html

CEDEX (2011). Mapa de caudales máximos. Nota técnica. Ministerio de Fomento. Madrid, junio de 2011.

DOMÍNGUEZ TENDERO, F. (1991). Memoria-Centenario. Crónica de los sucesos y circunstancias acaecidas en Consuegra (Toledo) con motivo de la inundación del Río Amarguillo, el día 11 de septiembre de 1891. Edita Francisco Domínguez Tendero.

GARCÍA MONTES, L. (1993). La inundación de Villacañas. 1893-1993. Centenario de una catástrofe. Ilmo. Ayuntamiento de Villacañas.

KENDALL, MG (1977). The advanced theory of statistics. Griffin, London.

LOPEZ-REY LUMBRERAS, D., YAGÜE ANGUÍS, C. Y ZURITA GARCÍA, E. (2007). Riadas e inundaciones en la provincia de Toledo: Análisis meteorológico e impacto social. Trabajo Académicamente Dirigido para la Licenciatura en Física. Universidad Complutense de Madrid.

LÓPEZ-REY LUMBRERAS, D. (2013). La riada. Polán, 30 de agosto de 1926. Ledoira.

MARTÍNEZ ESCRIBANO, A. (2013). Análisis del riesgo de inundación en Motilla del Palancar (Cuenca, España). Investigaciones Geográficas. Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante. Número 59.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Los escenarios previstos en Castilla-La Mancha

Enrique Sánchez Sánchez
Universidad de Castilla-La Mancha
Grupo de investigación: MOMAC: http://www.uclm.es/grupos/momac
Avda Carlos III s/n, 45071, Toledo

Introducción. Progreso desde el primer informe regional en 2007

En el primer informe regional sobre cambio climático (*Castro*, 2007), que se basó en los resultados de escenarios regionales disponibles en ese momento (descritos en el proyecto PRUDENCE: *Christensen et al.*, 2007; *Jacob et al.*, 2007), se planteaban, en función de los escenarios más plausibles de incremento de gases de efecto invernadero (A2, más elevado, B2, más suavizado) las proyecciones de cambio de temperaturas y precipitación sobre la región, además del análisis de otras magnitudes (viento, humedad, nubosidad), así como los cambios en eventos extremos, como las olas de calor o precipitaciones intensas. De manera resumida, mostraba cómo el calentamiento es claro para todo el siglo XXI, crece a lo largo del siglo, es mayor en verano que en invierno, y es mayor para las temperaturas máximas que para las mínimas. En el escenario de más incremento de gases de efecto invernadero, se alcanzan incrementos para la región de hasta 7ºC en verano para la región para final del siglo. En cuanto a la precipitación, con un acuerdo no tan robusto en todas las simulaciones realizadas, pero sí con un consenso bastante elevado, los valores estacionales, en porcentaje, indicaban un descenso de las precipitaciones, ligero, en torno al 10% anual, pero que sucedería en todas las estaciones, y que podría ser mayor conforme avanza el siglo y si se consideran escenarios de emisiones más elevados. Los eventos extremos mostrarían una incertidumbre más elevada, sobre todo para la precipitación extrema, mientras que las temperaturas elevadas (por encima del percentil 95, asociable a las conocidas como olas de calor) presentaría un alargamiento importante en verano.

El más reciente informe del Panel Intergubernamental para el Cambio climático (IPCC, 2013) concluye que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, que los últimos 30 años en el hemisferio norte son, posiblemente, los más cálidos de los últimos 1400 años, que el forzamiento radiativo neto es positivo, causado por el incremento de gases de efecto invernadero, y en particular, del $CO_{2,}$, desde 1750, y que es causado por la influencia humana. La herramienta esencial para estudiar las proyecciones futuras del clima son los modelos climáticos, los cuales han mejorado desde el anterior informe (2007), siendo capaces de reproducir los patrones de temperatura en superficie para múltiples décadas, incluyendo los efectos acelerados del calentamiento desde mediados del siglo XX, incluyendo el enfriamiento asociado a erupciones volcánicas, con una alta fiabilidad, lo que lleva a concluir que la influencia humana es la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. Dependiendo del escenario de emisiones analizado (los conocidos como RCP (Representative Concentration Pathways), que representan unos escenarios de emisiones asociados a un incremento en el forzamiento radiativo, cuyo valor, en W/m² es el número asociado al acrónimo RCP), el calentamiento para final del siglo XXI, en la mayoría de ellos (a partir del RCP4.5) es probable que exceda los 2ºC respecto a los valores de principios del siglo XX.

Este informe, al estar basado en buena medida en resultados obtenidos por modelos globales de clima, no muestra resultados en escalas demasiado regionales, llegando a tamaños continentales, o de grandes regiones en todo caso. En zonas relacionadas con nuestra región, este informe (*Christensen et al.,* 2013) indica que la Península Ibérica (la región mediterránea en general) se verá severamente afectada por importantes incrementos de temperatura y reducción de precipitación, especialmente en verano, junto con una alta probabilidad de olas de calor más frecuentes. Por ello, para poder actualizar o analizar los resultados obtenidos para las proyecciones a escala regional, es imprescindible emplear resultados de simulaciones de modelos conocidos como modelos regionales de clima (RCMs). Desde el proyecto PRUDENCE,

antes mencionado, se han llevado a cabo otras iniciativas, que nos permiten avanzar o actualizar en el conocimiento de las proyecciones a escala regional en Europa, y en España en particular. Los proyectos más relevantes en los que se basan los principales estudios a nivel regional en estos años son ENSEMBLES (*Van der Linden y Mitchell*, 2009), ESCENA (*Jiménez-Guerrero et al.*, 2013), éste centrado sobre la Península Ibérica y más recientemente, la iniciativa internacional CORDEX. CORDEX (*Gutowski et al.*, 2016) es un elemento esencial del cual se puede obtener información detallada en las escalas espaciales de interés para nuestra región. En particular, esta iniciativa plantea diversos subdominios regionales sobre el planeta, de los cuales, los conocidos como EuroCORDEX y MedCORDEX son los que resultan de interés para este informe, y del cual se están llevando a cabo estudios regularmente, y sobre los que se prevé seguir analizando diferentes aspectos de las proyecciones climáticas en los próximos años, pues se trata de proyectos activos. En todos ellos ha podido contar con la mejora en los modelos regionales, más disponibilidad de escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, y, en los años más recientes relacionado con CORDEX, las simulaciones ya no con los escenarios SRES (los conocidos con los acrónimos A2, A1B, B2, etc..), sino con los RCP que son los que se han empleado en el último informe del IPCC.

Principales resultados de las proyecciones regionales

El Comité CLIVAR España ha publicado en otoño de 2017, a través de CLIVAR Exchanges Newsletters (*Sánchez et al.,* 2017), un número especial donde se recopilan y coordinan los principales trabajos sobre clima y variabilidad climática en el entorno de la Península Ibérica, desde el paleoclima hasta los escenarios de clima futuro, tanto atmosféricos como oceánicos. En el capítulo dedicado a las proyecciones atmosféricas regionales sobre la Península Ibérica (*Fernández et al.,* 2017) se describen de manera conjunta los principales resultados de las proyecciones regionales obtenidas en los proyectos mencionados anteriormente, para valores estacionales de temperatura y precipitación, promediadas para toda la Península Ibérica, para el periodo 2021-2050, incluyendo varios escenarios RCP, también técnicas de regionalización estadística. Para una mayor precisión en esos resultados y sus incertidumbres, se indican diferentes percentiles (del 5 al 95) de dichos conjuntos de simulaciones. El resultado para la precipitación indica una tendencia general hacia un descenso de precipitación para todas las estaciones, aunque en verano es aquella en la que con más claridad todo el rango de variación está en la parte de descenso, con valores de hasta el 30%. En otoño se pueden alcanzar descensos del 20%, y parecidos en primavera. Invierno parece ser la estación con menor disminución de precipitaciones, en torno al 10% en media, o incluso inferior. En relación con la temperatura. Respecto a la temperatura media diaria, los mayores incrementos estacionales, de hasta 3ºC respecto a 1971-2000, se proyectan para verano y otoño (algo menos, en torno a 2.5ºC), y no menos de 1-1,5ºC en las estimaciones para inverno y primavera. Si se comparan con los resultados de los modelos globales, usados en los informes de IPCC, los modelos regionales aquí empleados, tienden a dar estimaciones menos cálidas.

Estos resultados pueden verse, de manera más detallada, en el trabajo de *Fernández et al.* (2018), también en promedios estacionales para toda la Península Ibérica, donde se muestra el resultado de casi 200 proyecciones climáticas futuras para el periodo 2020-2050. Al tratarse de escenarios de futuro cercano, el efecto de diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero no da lugar a diferencias importantes. Los resultados provenientes de los diferentes proyectos (ENSEMBLES, ESCENA, EuroCORDEX) muestran resultados similares para estas proyecciones, cuyos principales resultados estacionales para los valores medios se han indicado en el párrafo anterior.

El clima está cambiando como consecuencia de las actividades humanas, singularmente por las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la utilización de combustibles fósiles y a la deforestación. En este apartado se incluye información tanto numérica como gráfica relativa a las proyecciones de cambio climático para el siglo XXI regionalizadas sobre España y correspondientes a diferentes escenarios de emisión de utilidad para ser empleada, en el marco del (PNACC), en trabajos de evaluación de impactos y vulnerabilidad.

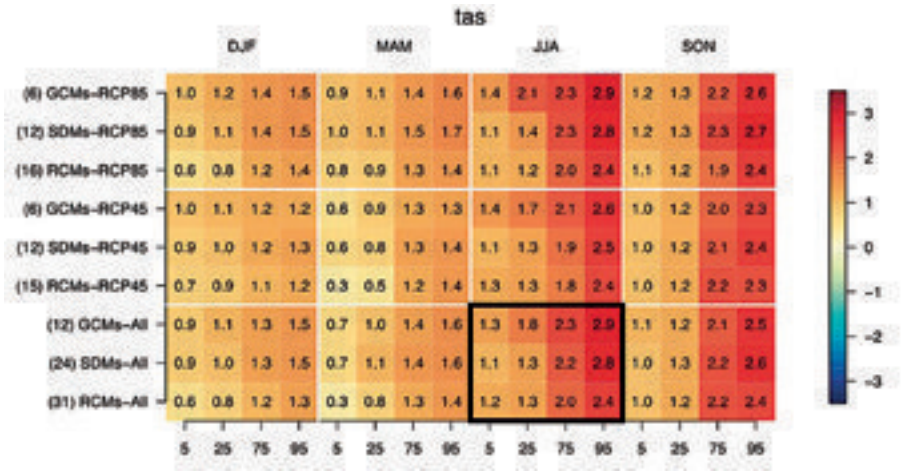
Un estudio más detallado a escala regional se puede estudiar a partir mediante la herramienta de acceso libre disponible en AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), en su sección de servicios climáticos, donde se puede acceder a los escenarios PNACC (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático), que están basados en las simulaciones regionales de los proyectos antes mencionados. Se dispone de información numérica y gráfica de los diferentes escenarios de emisiones, regionalizados para España (http://www.AEMET.es/es/serviciosclimáticos/cambio_climat). Se acaba de realizar un informe detallado con estas proyecciones (*Amblar et al.*, 2017), que han escrito una guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España: (http://www.AEMET.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/Guia_escenarios_AR5). En ella se pueden analizar multitud de variables, entre ellas los gráficos de evolución anual o estacional de temperaturas máximas, mínimas, precipitación, escorrentía, evapotranspiración, nubosidad o velocidad del viento, tanto sus valores medios, como algunos parámetros relacionados con eventos extremos, incluso a escala provincial. Estos resultados también muestran una banda de incertidumbre, asociada a la dispersión que muestran las simulaciones de los diferentes modelos para cada uno de los escenarios de emisiones considerados. Para los valores medios anuales para toda la región de Castilla-La Mancha, se puede concluir que, por ejemplo, para la temperatura máxima anual, se proyecta un incremento de entre 2 y 3ºC, algo superior para el RCP8.5 respecto al RCP4.5, mientras que la temperatura mínima muestra unos incrementos algo inferiores, entre 0.5 y 1ºC menos que la temperatura máxima, lo que indicaría, por tanto un aumento del rango diario de temperatura. La precipitación anual muestra un descenso muy similar para ambos escenarios de emisiones, en torno a un 10 a 20% para el promedio de las simulaciones, aunque el margen de error o incertidumbre asociado a las diferentes simulaciones, que dan lugar al ensamble de modelos, muestra valores sin descenso de temperatura en algunas de ellas.

Analisis de aspectos específicos y eventos extremos.

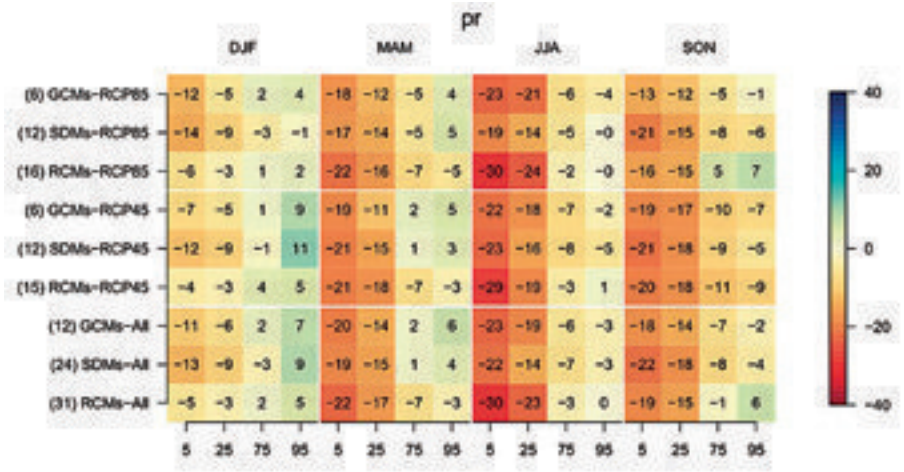
Los eventos extremos merecen un apartado específico en el análisis de las proyecciones de cambio climático, pues parece apuntarse que pueden sufrir cambios incluso más significativos de las magnitudes medias, y su interés potencial es incluso superior. A partir del servidor de AEMET también se pueden analizar, a escala de nuestra región, los cambios proyectados en diferentes aspectos relacionados con los extremos. Así, relacionado con las temperaturas máximas, se obtiene un incremento en el número de días cálidos (definidos a partir del percentil 90 de las temperaturas máximas de cada día en el periodo de referencia, en clima actual) alcanzaría un 20% en el escenario RCP8.5, y más de un 10% en el RCP4.5, mientras que el número de días de helada podría experimentar un descenso de más del 20% en ambos escenarios, por ejemplo. El número de noches cálidas (con mínimas por encima de su percentil 90) mostraría un aumento parecido al de los días cálidos. Las olas de calor aumentarían también, en torno a un 5 al 10% para mediados del siglo XXI. Respecto a la precipitación, ésta presenta una dispersión mayor en sus proyecciones, aunque indicaría un ligero aumento de los eventos de precipitación intensa (en torno al 5% en los valores medios), junto con un incremento también en la duración de los periodos secos, entre 5 y 10 días en promedio. Además de estos resultados mostrados en este servidor, cabe destacar algunos trabajos científicos publicados en revistas internacionales, que han analizado aspectos muy detallados de la climatología de nuestra región, en tanto que parte de toda la Península Ibérica, que merece la pena ser destacados en este documento. Cuando se describen los diferentes tipos de clima a partir de los valores mensuales de temperatura y precipitación, como puede ser la clasificación de Köppen (*Castro*, 2007), las proyecciones de clima futuro indican que se puede observar sobre nuestra región una clara transición hacia climas aún más áridos, respecto a los ya existentes, de por si cercanos a condiciones extremas en cuanto a la ausencia de precipitaciones abundantes, y condiciones de elevadas temperaturas durante el verano, y buena parte de la primavera y el otoño (*Gallardo et al.*, 2013). Otro aspecto que es bastante interesante de analizar es una estimación de la duración y extensión de las diferentes estaciones del año. El trabajo de *López de la Franca et al.* (2013) analizar, no para mediados de siglo XXI, sino para 2071-2100, aunque también se puede ver para mitad de siglo, de manera más parcial, cómo la duración de invierno, respecto a los valores

de clima actual (1961-1990) prácticamente desaparece, con una extensión casi repartida de forma similar para primavera y otoño. El verano experimenta una extensión también hacia la primavera y el otoño de unos 5-10 días. También la duración de los eventos o periodos secos se ha analizado para mediados del siglo XXI (*Lopez de la Franca et al.*, 2015), indicando que la probabilidad de ocurrencia de los eventos secos más largos tiende a aumentar en toda la península. Por otro lado, es importante destacar otros estudios, como el trabajo de *Gómez et al.* (2015), que muestra cómo para mediados del siglo XXI podría producirse un descenso de en torno al 5% de la velocidad del viento, indicando, en todas las simulaciones, una tendencia negativa desde los valores obtenidos para finales del siglo XX.

1a)



1b)



Figuras 1: Cambios proyectados para la temperatura diara estacional (ºC, 1a) y precipitación (%, 1b) para el periodo 2021- 2050, respecto al promedio del periodo 1971-2000. Los valores son para el promedio espacial de la España peninsular y las islas Baleares para los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5, así como ala combinación de ambos ("all"). Se consideran por separado los resultados de los modelos regionales (RCMs), los modelos globales (GCMs) y las técnicas de regionalización estadística (SDMs). Para mostrar de una manera más clara las incertidumbres en la señal de cambio climático, se muestran diferentes percentiles (5, 25, 75, 95) de los resultados de las diferentes simulaciones. El rango 25-75 es, típicamente, el intervalo usado para caracterizar la dispersión del conjunto de simulaciones, mientras que los percentiles 5 y 95 indicarían comportamientos extremos respecto del promedio.

Conclusiones

En los últimos años, se ha llevado a cabo un aumento en la disponibilidad de múltiples conjuntos de simulaciones regionales sobre toda Europa, e incluso algunas centradas sobre la Península Ibérica. Ello forma parte de la constante evolución y mejora desde los primeros proyectos internacionales realizados con modelos regionales de clima, lo que permite llevar a cabo análisis precisos de aspectos del cambio climático a escalas regionales, como puede ser Castilla-La Mancha, incluyendo también un análisis de incertidumbres, o de aspectos en los que el consenso o precisión de las diferentes simulaciones pueda ser menor. Estas simulaciones permiten estudiar no solo cambios en el clima medio proyectados para los diferentes periodos del siglo XXI, sino también aspectos más complejos, pero a la vez de gran relevancia, como por ejemplo pueden ser los eventos extremos. Los resultados más recientes indican que, para mediados de siglo XXI para nuestra región, los aumentos de temperatura media diaria serán mayores en verano, cerca de 3ºC, algo menores en otoño, y primavera, y menores en invierno. Las temperaturas máximas podrían incrementarse algo más que las temperaturas mínimas. Las precipitaciones podrían disminuir, también de manera más acusada en verano, hasta un 30%. Los eventos extremos se proyecta que aumenten, tanto las olas de calor y los días cálidos, como las noches cálidas, junto con un descenso en el número de días de helada. Los eventos o periodos secos también aumentarían. Estos resultados son bastante robustos, e incluyen lógicamente ciertos niveles de incertidumbre en la intensidad de los mismos, algo mayores en relación con las precipitaciones y los eventos extremos. Los detalles pueden encontrarse en los trabajos citados en las referencias, donde se indican los intervalos de valores más probables para los diferentes aspectos de los cambios proyectados asociados al incremento de los gases de efecto invernadero que están causando el calentamiento global.

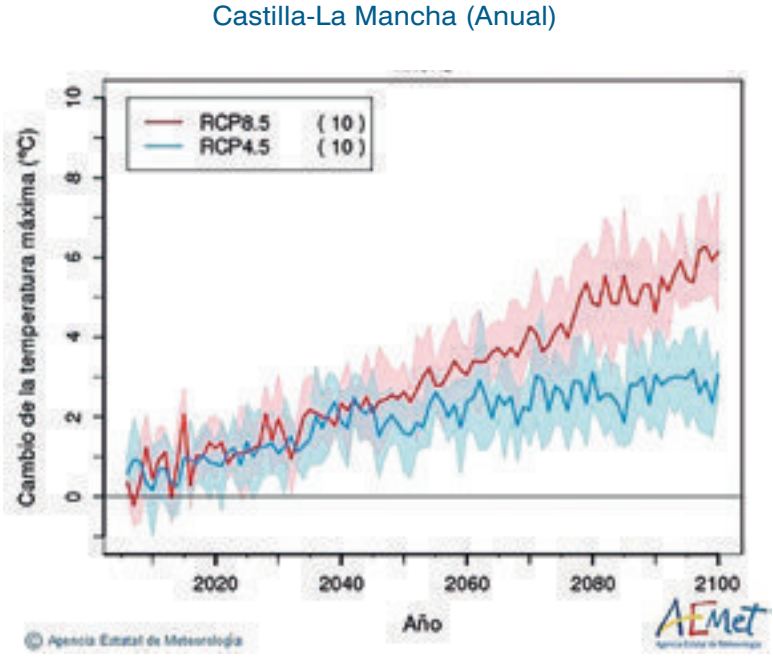


Figura 2: Cambio en el valor anual de la temperatura máxima diaria (en ºC), respecto al valor medio del periodo de referencia 1961-1990, promediado para toda la región de Castilla-La Mancha a partir de los resultados de las simulaciones de 10 modelos regionales de clima presentes en el dominio EuroCORDEX para los escenarios de emisiones RCP8.5 y RCP4.5. La línea contínua indica el valor medio de todas las simulaciones, la banda coloreada indica una desviación estándard respecto a ese valor medio.

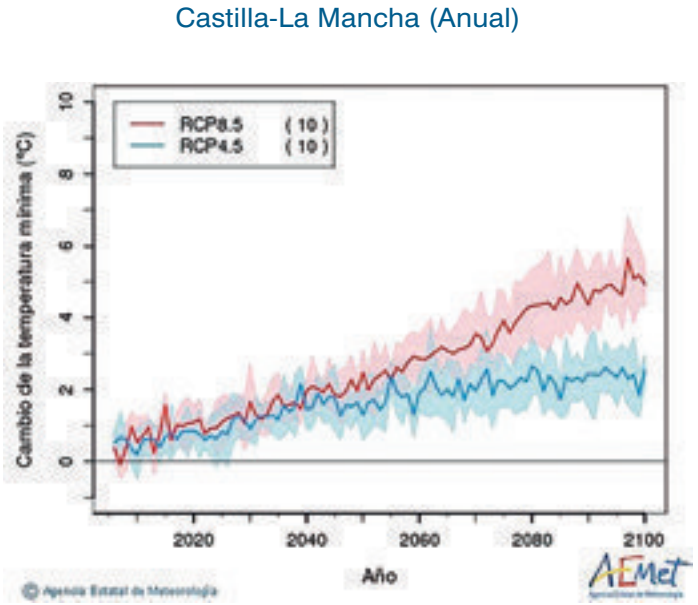


Figura 3: Como la figura 2, pero la temperatura mínima diaria

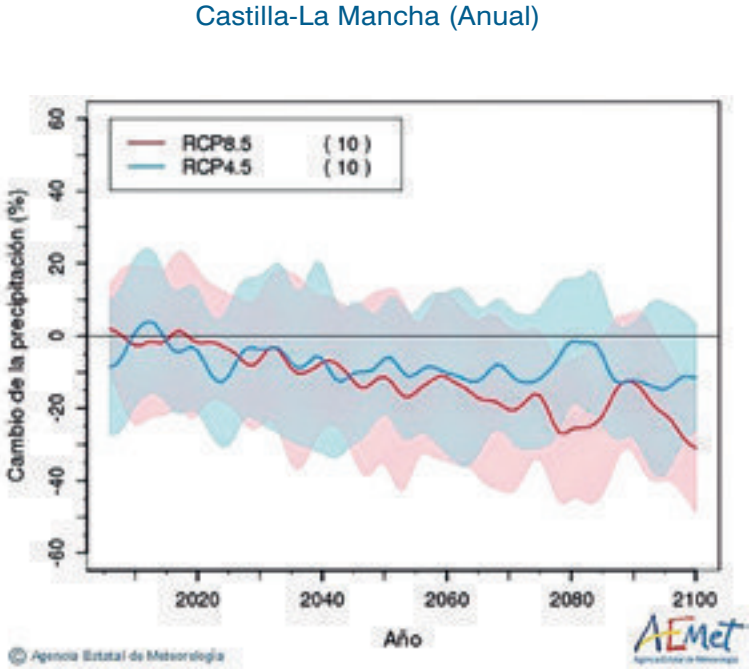


Figura 4: Como la figura 2, pero para la precipitación total anual (en %).

Bibliografía

AMBLAR, P., CASADO, M. J., PASTOR, A., RAMOS, P., RODRÍGUEZ, E. (2017). Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. AEMET. Catálogo de publicaciones de la administración general del Estado.

CASTRO, M. (2007). Clima y cambio climático en Castilla-La Mancha. Capítulo 1 del Primer informe regional sobre Cambio Climático, páginas 20-47. Junta de Castilla-La Mancha

CHRISTENSEN, J.H., T.R. CARTER, M. RUMMUKAINEN, G. AMANATIDIS (2007): Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. Climatic Change, 81, 1-6.

CHRISTENSEN, J.H., K. KRISHNA KUMAR, E. ALDRIAN, S.-I. AN, I.F.A. CAVALCANTI, M. DE CASTRO, W. DONG, P. GOSWAMI, A. HALL, J.K. KANYANGA, A. KITOH, J. KOSSIN, N.-C. LAU, J. RENWICK, D.B. STEPHENSON, S.-P. XIE, T. ZHOU (2013): Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

FERNÁNDEZ, J., CASANUEVA, A., MONTÁVEZ, J. P., GAERTNER, M. A., CASADO, M. J., MANZANAS, R., GUTIÉRREZ, J. M., (2017). Regional climate projections over Spain: atmosphere. Future climate projections. CLIVAR Exchanges Newsletter, 73, 45-52

FERNÁNDEZ, J., FRÍAS, M. D., CABOS, W. D., COFIÑO, A. S., DOMINGUEZ, M., FITA.L., GAERTNER, M. A., GARCÍA-DÍEZ, M., GUTIÉRREZ, J. M., JIMÉNEZ-GUERRERO, P., LIGUORI, G., MONTÁVEZ, J. P., ROMERA, R., SÁNCHEZ, E. (2018). Consistency of climate change projections from multiple global and regional model intercomparison projects, Climate Dynamics, Noviembre 2018. DOI:10.1007/s00382-018-4181-8

GALLARDO, C., GIL, V., HAGEL, E., TEJEDA, C., DE CASTRO, M. (2013). Assessment of climate change in Europe from an ensemble of regional climate models by the use of Köppen-Trewartha classification. *Int. J. Climatol.*, *33*(9), 2157-2166.

GÓMEZ, G., W. CABOS, G. LIGUORI, S. LOZAON, L. FITA, J. FERNÁNDEZ, E. MAGARIÑO, P. JIMÉNEZ-GUERRERO, J. MONTAVEZ, M. DOMÍNGUEZ, R. ROMERA, M.Á. GAERTNER (2015). Characterization of the wind speed variability and future change in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. Wind Energy, DOI:10.1002/we.1893

GUTOWSKI, W. J., GIORGI, F., TIMBAL, B., FRIGON, A., JACOB, D., KANG, H. S., RAGHAVAN, K., LEE, B., LENNARD, C., NIKULIN, G., O'ROURKE, E., RIXEN, M., SOLMAN, S., STEPHENSON, T., TANGANG, F. (2016). WCRP coordinated regional downscaling experiment (CORDEX): a diagnostic MIP for CMIP6. Geoscientific Model Development, 9(11), 4087.

IPCC (2013): SUMMARY FOR POLICYMAKERS. IN: CLIMATE CHANGE 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JACOB, D., L. BARRING, O.B. CHRISTENSEN, J.H. CHRISTENSEN, M. CASTRO, M. DEQUE, F. GIORGI, S. HAGEMANN, M. HIRSCHI, R. JONES, E. KJELLSTRÖM, G. LENDERINK, B. ROCKEL , E. SANCHEZ , CH.

SCHÄR, S.I. SENEVIRATNE , S. SOMOT , A. VAN ULDEN, B. VAN DEN HURK (2007): An intercomparison of regional climate models for Europe: model performance in present-day climate. Climatic Change, 81, 31- 52.

JIMÉNEZ-GUERRERO, P., MONTÁVEZ, J. P., DOMÍNGUEZ, M., ROMERA, R., FITA, L., FERNÁNDEZ, J., CABOS, W. D., LIGUORI, G., GAERTNER, M. A. (2013). Mean fields and interannual variability in RCM simulations over Spain: the ESCENA project. *Climate Research*, *57*(3), 201-220.

LÓPEZ DE LA FRANCA, N., SÁNCHEZ, E., DOMÍNGUEZ, M. (2013). Changes in the onset and length of seasons from an ensemble of regional climate models over Spain for future climate conditions. Theor. Appl. Climatol., 114, 635-642

LÓPEZ DE LA FRANCA, N., SÁNCHEZ, E., LOSADA, T., DOMÍNGUEZ, M., ROMERA, R., GAERTNER, M. Á. (2015). Markovian characteristics of dry spells over the Iberian Peninsula under present and future conditions using ESCENA ensemble of regional climate models. Climate dynamics, 45(3-4), 661-677.

SÁNCHEZ, E., RODRÍGUEZ-FONSECA, B., BLADÉ, I., BRUNET, M., AZNAR, R., CACHO, I., CASADO, M. J., GIMENO, L., GUTIÉRREZ, J. M., JORDÁ. G., LAVÍN, A., LÓPEZ, J. A., SALAT, J., VALERO, B. (2017). Progress in detection and projection of climate change in Spain since the 2010 CLIVAR-Spain regional climate change assessment report. CLIVAR Exchanges Newsletter, 73, 1-4

VAN DER LINDEN, P.; MITCHELL, JFB, EDITORS. (2009). ENSEMBLES: Climate change and its impacts-Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, UK. 160pp

mundo
calor
Castilla-La Mancha
cambio climático
sequía
superficie
planeta
ecosi
parámetros
precipitac
Impa
desertificación

Capítulo 2

En los recursos hídricos

Recursos hídricos y cambio climático en Castilla-La Mancha

Antonio García Pastrana
AQUONA GESTIÓN DE AGUAS DE CASTILLA S.A.U. Gerente de Concesiones de Servicios de Aguas. Avda. Rey Santo, nº 3 13001. Ciudad Real.

Introducción

El cambio climático es un término que ya ha pasado al lenguaje popular por la relevancia de las cumbres internacionales que han ido desarrollándose para tratar de combatirlo, por las polémicas que se han desatado en estas cumbres al no lograr la unanimidad en sus acuerdos, y por desgracia en nuestra región, por lo marcado de sus efectos.

Aunque "cambio" no significa ni escasez, ni aumento, sólo significa que lo que conocíamos se transforma, en el caso de nuestra comunidad y en lo relativo a los recursos hídricos, parece que cambio climático sí se va a poder traducir como aumento de temperaturas y escasez de agua.

Ahora bien, de estas dos variables, sobre el aumento de las temperaturas no vamos a poder actuar a corto plazo, ni lo vamos a poder hacer sino es dentro de una estrategia global. Pero en lo que respecta a la escasez de agua, sí podemos actuar, ya que la escasez como se verá en el desarrollo de este capítulo, la originan dos causas, las menores precipitaciones y el uso que hagamos del agua disponible. Es sobre este último factor donde tenemos el gran reto para enfrentar con éxito los escenarios de cambio climático que se nos vienen encima. Dependerá en gran medida de la planificación que hagamos de los usos del agua y de su gestión, el que la disponibilidad de agua como cimiento de nuestra sociedad, economía y medio natural no se resienta, y así podamos seguir avanzando con prosperidad para nosotros y las nuevas generaciones que habiten nuestra región.

Debemos marcar con claridad las prioridades de utilización, las necesidades de inversión, los usos que generen un mayor beneficio económico, y que lo hagan desde una perspectiva de sostenibilidad con el medio y en el tiempo. Todo esto debe de hacerse con rigor, generosidad y liberando los recursos financieros que sea preciso.

El escenario de cambio climático que se presenta en un futuro que ya ha comenzado, es duro, y va a suponer un gran reto de gestión, pero nunca debemos de olvidar que el agua en todas sus formas, es la base del desarrollo social y económico sobre el que edificar nuestro futuro, y que para que este futuro sea duradero y exitoso, debemos de afrontarlo desde el prisma de la sostenibilidad, sin olvidar el valor ecosistémico de los recursos hídricos.

La realidad y de dónde venimos

Disponibilidad de recursos hídricos en Castilla-La Mancha

Lo primero que debemos hacer es definir el concepto de "Recursos Hídricos".

La palabra "*recursos*", tiene su origen en el latín, y según la Real Academia de la Lengua Española (RAE) es "el conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad".

La palabra *"hídricos"*, viene del griego, y según la RAE hace referencia a todo lo perteneciente o relativo al agua como elemento de la naturaleza.

Es decir que cuando hablamos de Recursos Hídricos de Castilla-La Mancha vamos a referirnos al *"conjunto de elementos de agua disponibles en la naturaleza para resolver las necesidades de abastecimiento y las necesidades naturales"*, entendiendo que nos referimos al ámbito de la naturaleza de nuestra región y a las necesidades de agua también de esta misma comunidad.

Por tanto, vamos a proceder a revisar las precipitaciones, cuencas hidrográficas, capacidad de almacenamiento en embalses y disponibilidad de agua subterránea.

Precipitaciones

Si consideramos la comunidad autónoma como un sistema cerrado, en el cual hay entradas de agua y salidas de agua, las entradas serían las precipitaciones, en cualquiera de sus modalidades, y los cursos de agua provenientes del exterior de la comunidad. Para un análisis más exhaustivo sería interesante contemplar también los flujos de agua dentro de los acuíferos, aunque debido a la extensión de este capítulo y el objetivo del mismo, vamos a considerar los acuíferos como grandes embalses en los que las entradas son las provenientes de las recargas por las precipitaciones y las salidas las extracciones.

En cuanto al análisis de las precipitaciones en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2016 se ha sufrido un descenso de 0.3 mm/año de media en toda la región. Este descenso además ha sido generalizado en todas las provincias a excepción de Albacete. Si bien este descenso analizado con una perspectiva interanual de más largo alcance, desde el año 1981, no supone una anomalía, sino que se trata de un patrón de alternancia de periodos interanuales secos con otros más húmedos, correspondiendo al periodo 2010-2016 a una serie de años de descenso de las precipitaciones dentro de este patrón.

En el análisis de las precipitaciones lo más importante es definir cómo se están comportando, es decir tratar de definir la tendencia, y los ciclos de sequía, para en combinación con la disponibilidad de los recursos subterráneos, y la capacidad de almacenamiento en embalses, poder realizar una planificación adecuada de los usos del agua en la región.

Del análisis detallado de las precipitaciones que se hace en el capítulo 1, se pueden sacar varias conclusiones.

Las precipitaciones en la región presentan una gran variabilidad interanual, con periodos de varios años de sequía que se alternan con periodos más húmedos, también de varios años. Esta alternancia se ve muy bien en la gráfica de precipitaciones anuales desde el año 1981 al 2016 de ese mismo capítulo. El perfil que se dibuja en este gráfico se presenta a modo de cordillera, donde se alternan los picos (periodos de años húmedos) con los valles (periodos de sequía). En el momento actual y desde el año 2010, nos encontramos dibujando un valle, siendo el año 2015 el punto más bajo con una ligera subida en el año 2016.

Otra característica de las precipitaciones en la región es su marcada estacionalidad. Siendo los veranos muy secos y calurosos, y concentrándose las precipitaciones sobre todo en el otoño, primavera y algo menos en el invierno. Esta estacionalidad intra anual, es una de las principales características de las zonas de encharcamiento de La Mancha Húmeda.

Aunque en el momento actual estamos sufriendo uno de los periodos agudos de sequía meteorológica, no es posible deducir que nos encontremos en una tendencia de descenso de las precipitaciones anuales en la región, ya que se han vivido episodios como este en el pasado, como por ejemplo entre los años 1993-1995 o entre 2004-2007, a los que posteriormente han seguido años de aumento de las precipitaciones. Por tanto, deberemos esperar unos años más para poder determinar si la situación actual se trata de uno de los valles que marcan la estacionalidad que ya hemos visto, y que existe desde siempre en la región, o en caso de persistir, se trata de una tendencia al descenso de lluvias, que deberá ser analizado con más detenimiento en el futuro.

Si bien no es posible todavía con los datos históricos disponibles, afirmar que nos encontramos en una tendencia de descenso de precipitaciones anuales, sí que queda claro del análisis hecho en el capítulo de climatología, que se están produciendo cambios en la forma en que se generan las precipitaciones dentro de cada año.

Los veranos son cada vez más secos, aquí sí es posible definir una tendencia clara al descenso de las precipitaciones desde el 1981 al 2016. También se observa una ligera tendencia al aumento de los episodios de

lluvias fuertes (N.º de días con precipitaciones de más de 30 mm). Todos estos datos se analizan con más detalle en el capítulo dedicado a la climatología del presente informe.

Como conclusión de todo lo expuesto, podemos inferir que efectivamente se empiezan a apreciar cambios en el comportamiento de las precipitaciones. Por el momento confirmando una *"radicalización"* de estas precipitaciones, que tienden a ser de menor frecuencia, pero de mayor intensidad y con una tendencia a la baja en los meses de verano. Para poder afirmar que estamos ante un descenso en la cuantía de las precipitaciones anuales todavía es pronto, si bien y por el resto de síntomas que presenta el cuadro climático de la región, deberíamos prepararnos para lo peor, y considerar que empieza a ser factible que nos encontremos ante la posibilidad de que las precipitaciones sufran una tendencia a su disminución, ya que el calentamiento de la región sí está confirmado, tal y como se describe en el capítulo de climatología, y también hay un marcado descenso de las precipitaciones en los meses de verano.

Por tanto, deberíamos hacer una planificación interanual de los recursos hídricos disponibles teniendo en cuenta la posibilidad de que se confirme esta tendencia a la baja.

Cuencas hidrográficas

En nuestra región encontramos la presencia de hasta siete cuencas hidrográficas, si bien las del Ebro y Duero apenas tienen presencia con una pequeña extensión al norte de Guadalajara.

Las otras cinco cuencas son la del Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Júcar y Segura.

Se da la especial circunstancia que los ríos que las definen, y les dan su nombre a estas cuencas, 4 de ellos tienen su nacimiento bien en la comunidad autónoma, o justo en su límite. Así el Tajo nace en la Sierra de Albarracín, pero tocando casi con nuestra región. El Guadiana, indistintamente de donde se quiera ubicar



Imagen 1: Distribución de las cuencas hidrográficas de Castilla-La Mancha. *Fuente: Elaboración propia*

su nacimiento, en las Lagunas de Ruidera o en los Ojos del Guadiana, ambos puntos están en nuestra región. El Júcar en la Serranía de Cuenca y el Segura a apenas 10 Km de la provincia de Albacete, en la Sierra del Segura.

Esto tiene un especial significado, ya que lo que nos dice es que las aguas que llegan a estos ríos y en consecuencia a los embalses ubicados en sus cauces, son las provenientes de las precipitaciones propias de la región y no de las escorrentías de otras regiones. Cobra así especial importancia el régimen de precipitaciones y la evolución de sus tendencias, las cuales, se han analizado en el apartado anterior, para conocer la disponibilidad de recursos hídricos en nuestra comunidad.

Como conclusión importante, en nuestra región prácticamente el 100% del aporte de aguas y su nivel de reposición, depende de las precipitaciones propias dentro de la misma, al no haber apenas entradas de agua a través de cauces de cabecera desde otras regiones.

Embalses

Nuestra comunidad autónoma tiene una capacidad de embalsar agua de 5.860 Hm^3, distribuidos entre un total de 61 embalses, con capacidades de almacenamiento de entre 1 y 1.639 Hm^3, siendo la mayoría de pequeño tamaño.

Fuentes: JCCLM Open Data y Embalses.net			Hm3	Hm3		
Nº embalses	Cuenca Hidrog.	Embalse	Capacidad t.	Capacidad	% Sobre el total de CLM	
61	TOTAL CLM		5860	5860	100%	100%
10	TOTAL CLM >100		4953	4953	85%	
5	TAJO		2900		49%	
		BUENDIA		1639		28%
		ENTREPEÑAS		835		14%
		ALCORLO		180		3%
		FINISTERRE		133		2%
		AZUTÁN		113		2%
1	JÚCAR		1118		19%	
		ALARCÓN		1118		19%
2	SEGURA		647		11%	
		CENAJO		437		7%
		FUENSANTA		210		4%
1	GUADIANA		183		3%	
		TORRE DE ABRAHAM		183		3%
1	GUADALQUIVIR		105		2%	
		MONTORO III		105		2%

TAJO	BUENDIA		1639	28%
JÚCAR	ALARCÓN		1118	19%
TAJO	ENTREPEÑAS		835	14%
	TOTAL		3592	61%

Tabla 1: Embalses de más de 100 Hm3 de capacidad de Castilla-La Mancha. Fuente: Elaboración propia

Ahora, debemos de tener cuidado con este dato, ya que una cosa es la capacidad de almacenamiento y otra muy distinta, el agua realmente almacenada, y en consecuencia, disponible. Para eso debemos de analizar cómo se distribuye esta capacidad de almacenamiento y la realmente efectiva.

De los 5.860 Hm3, 4.953 están localizados en sólo 10 embalses (los de más de 100 Hm^3), lo que supone el 85% del total CLM, y de éstos, 3.592 Hm^3, en tan sólo tres embalses, lo que supone el 61% del total de capacidad de embalsar agua de toda la región.

Estos datos pueden engañar, ya que la capacidad de almacenamiento de los tres grandes embalses no significa que exista esa disponibilidad de agua. Considerando la serie histórica de datos de agua embalsada desde el año 1994 en estos tres embalses, vemos que nunca se han llenado al 100%, encontrándose los máximos volúmenes de almacenamiento de agua entre los años 1998 y 2001.

Teniendo en cuenta estos datos, si se corrige la tabla inicial respecto a la capacidad de almacenamiento de agua, con los datos del agua realmente embalsada según los datos históricos, y teniendo en cuenta el dato de máximo de almacenamiento, la capacidad total de toda la región se ve considerablemente reducida. En concreto en un 25%, (1.442 Hm3).

Recursos hídricos subterraneos

Los recursos hídricos subterráneos son fundamentales en la gestión de la globalidad de todos los recursos de la región, ya que éstos son grandes reservorios de agua que puede ser utilizada con una planificación adecuada.

En Nuestra región encontramos 8 grandes sistemas acuíferos que son los siguientes:

- Mancha occidental o acuífero 23
- Mancha oriental, compuesto del tercio más meridional del sistema 18.
- Calizas del Campo de Montiel o acuífero 24.
- Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres" o acuífero 14.

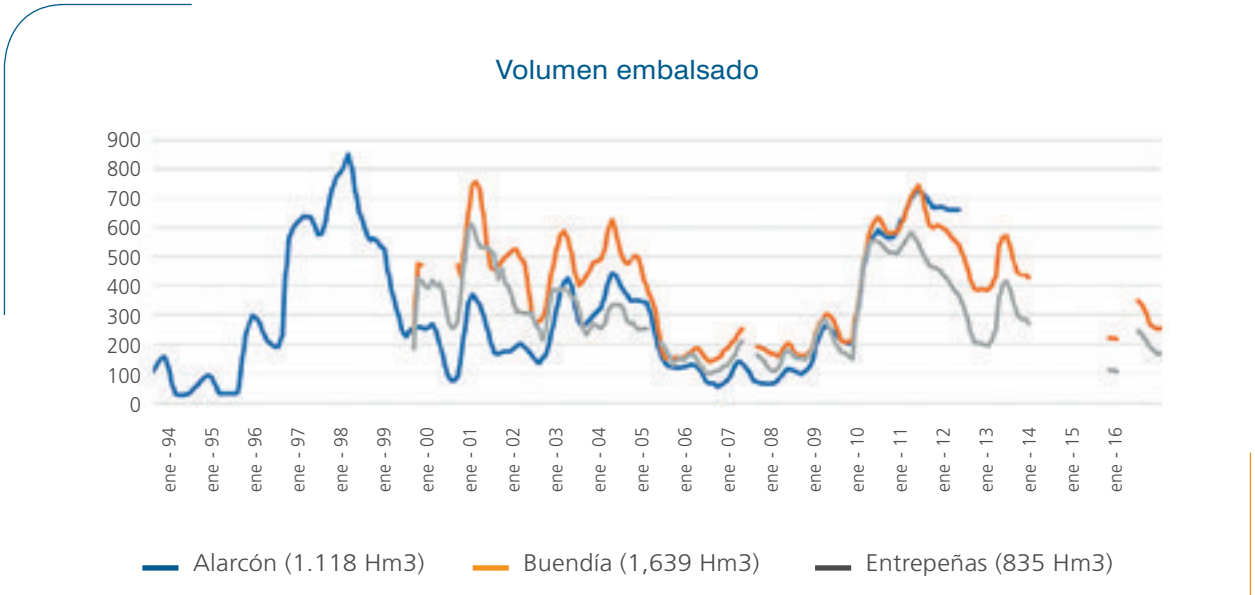


Gráfico 1: Niveles 3 mayores embalses CLM. Serie histórica 1994-2016. *Fuente: Elaboración propia (Datos MAPAMA)*

Tabla 2: Máximo volumen embalsado en los 3 mayores embalses de CLM. **Serie histórica 1994-2016.** *Fuente: Elaboración propia*

	Vol. Total	Vol. Max		
ALARCÓN	1.118	850	76%	Jun-98
BUENDIA	1.639	732	45%	Jun-01
ENTREPEÑAS	835	569	68%	May-01

Tabla 3: Capacidad de almacenamiento corregida de CLM. *Fuente: Elaboración propia*

Nº embalses	Capacidad Total (Hm3)	Capacidad Máxima (Hm3)
61	5.860	4.418
	100%	75%

- Caliza de Altomira o acuífero 19.
- Calizas del páramo de la Alcarria o acuífero 15.
- Terciario detrítico-calizo del norte de La Mancha o acuífero 20.
- Pliocuaternario detrítico del Bullaque o acuífero 22.

Además de estos, tenemos la presencia de otros 6 acuíferos de menor relevancia para la región en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, que son los acuíferos 10, 17, 57, 54, 53 y 59.

Estos acuíferos que hemos visto no son ilimitados, y deben de ser gestionados teniendo en cuenta los niveles de reposición de agua en los mismos, de modo que la extracción media anual no supere la recarga media anual. En la planificación que se realice, los años de escasez de precipitaciones, se podrá superar la tasa media anual de reposición, pero teniendo en cuenta que esta deberá ser compensada con una menor extracción los años de precipitaciones más abundantes, permitiendo la recarga de los acuíferos.

Del análisis de los volúmenes de agua que se han administrado en régimen de concesión desde el año 2000 al año 2014, se observa que hay una ligera tendencia a la baja. Si bien es importante analizar también como se han repartido esas concesiones entre las de origen superficial y las de origen subterráneo.

Del análisis de los datos históricos de las concesiones de agua de todas las cuencas hidrográficas de la región, se observa una evolución inversa en el uso de aguas subterráneas y de aguas superficiales.

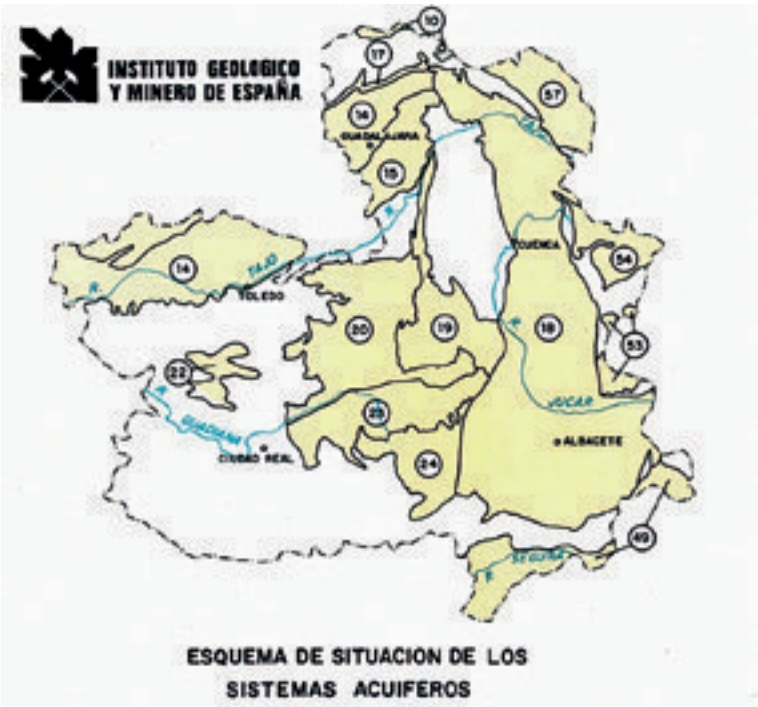


Imagen 2: Distribución de los sistemas acuíferos de Castilla-La Mancha. *Fuente: IGME*

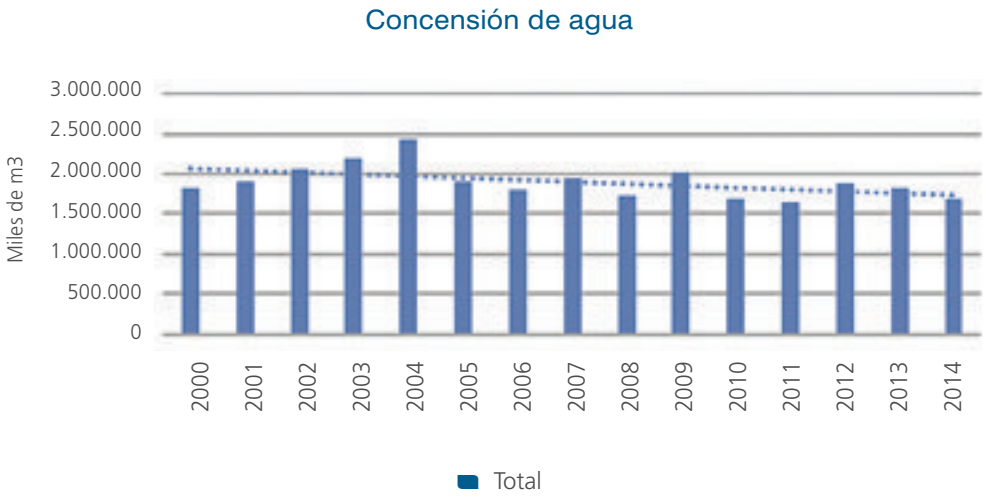


Gráfico 2: Volumen de agua administrada en régimen de concesión en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

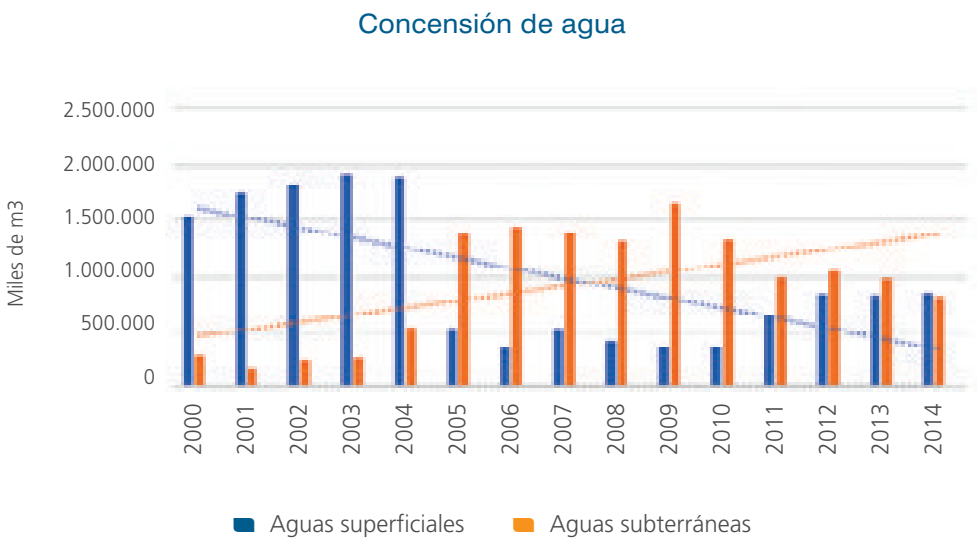


Gráfico 3: Origen de las concesiones de agua en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

Han ido disminuyendo las concesiones de aguas superficiales y han aumentado las de aguas subterráneas. Es en los años 2004 a 2005 cuando se produce un cambio significativo en el régimen de concesiones, pasando a predominar el uso de aguas subterráneas sobre el uso de aguas superficiales.

Conclusión sobre la disponibilidad de recursos hídricos

Como hemos visto los acuíferos y los embalses son elementos de almacenamiento de agua, por lo que los recursos que se extraiga de ellos deben de ser repuestos.

Las cuencas hidrográficas de la región tienen la peculiaridad de que en 4 de las 5 principales, el aporte de agua que reciben proviene únicamente de las precipitaciones que se generan en la propia región. Por tanto, el único aporte considerable que se recibe de agua es el de estas precipitaciones, que debe de cubrir todas las demandas de agua que se generen, tanto las antrópicas como las naturales.

Los embalses serán elementos de gestión que deben ser considerados para poder distribuir las necesidades de agua dentro de periodos anuales o interanuales de pocos años, y los acuíferos deberían realizar la misma función, pero para atender periodos temporales más amplios, con planificación incluso en nivel de décadas, teniendo en cuenta la estacionalidad interanual descrita en las series temporales históricas y el elevado grado de incertidumbre que nos presenta un escenario de cambio climático. De esta forma en los momentos de escasa precipitación se cubrirán las demandas con el agua almacenada en embalses y acuíferos y en épocas de mayor precipitación se permitirá su recarga.

Como conclusión final, la disposición y por tanto la oferta de recursos hídricos viene condicionada únicamente por el régimen de precipitaciones. Al ser este hecho algo sobre lo que no se puede actuar, lo que toca, es medir y analizar los datos históricos para establecer cuál es el volumen medio de agua del que se puede disponer, y gestionar la demanda, es decir los usos del agua, que es sobre lo que sí se puede actuar. De forma que la demanda media anual no supere la precipitación media anual.

En esta planificación es donde debe de tenerse en cuenta el posible efecto del cambio climático. Si bien la certeza de que el cambio climático es ya un hecho, tal y como se puede ver en los datos de tempera-

turas analizados en el capítulo de climatología, donde queda constatado que la temperatura media de nuestra región se ha incrementado 1,4ºC entre los años1981 y 2016, no queda aún claro con los datos históricos disponibles, de qué forma el cambio climático está afectando al régimen de precipitaciones, tal y como se ha analizado en el apartado de precipitaciones de este capítulo. Aunque hay indicios de que las precipitaciones están sufriendo cambios en su régimen, por la radicalización de los episodios de lluvia con veranos más secos y aumento del número de lluvias intensas, no podemos aún determinar con certeza absoluta, que no estemos dentro de uno de los ciclos históricos de alternancia entre años de sequía, y años de aumento de precipitaciones. Este hecho se determinará y aclarará en función de lo que ocurra en los próximos 2-3 años, en los que en base a los datos históricos deberían de aumentar las precipitaciones. De todas formas, ante esta incertidumbre y aplicando un principio de prevención, ya que existen indicios claros de que el régimen de lluvias está siendo alterado, y posiblemente disminuyendo, debería hacerse la planificación hidrológica aplicando factores de seguridad, al menos sobre aquellos usos que se consideren críticos, como es el abastecimiento de agua de consumo humano.

Usos del agua en Castilla-La Mancha

Dentro de los usos del agua es importante distinguir los usos naturales de los usos antrópicos.

Los usos naturales son aquellos que deben realizarse para garantizar que se realizan las funciones naturales con normalidad y sin afecciones al medio, como los caudales ecológicos de los ríos, o los niveles de inundación de humedales. Estos usos pueden ser regulados, de forma que el aprovechamiento de los recursos hídricos sea el máximo posible, pero no hasta el extremo de su eliminación. Aquí sería importante empezar a aplicar políticas y técnicas de economía ambiental, en las que se realice la adecuada valoración ecosistémica de estos recursos hídricos, ya que se tiende a infravalorarlos, hasta el punto de que en muchas ocasiones se les otorga un valor económico cero, cuando no es así, ya que el desempeño de sus funciones naturales, también aporta riqueza, no sólo natural, sino también social y económica, que debe de ser tenida en cuenta para el reparto de los recursos hídricos disponibles. Esta es además una de las principales líneas de trabajo que se adoptaron en el año 2012, en Río de Janeiro en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, y que se concretó con la Declaración sobre el Capital Natural. Esta declaración fue un llamamiento para que el Capital Natural fuese mantenido y mejorado como un bien económico, ecológico y social crítico, siendo los recursos hídricos una parte fundamental del Capital Natural.

Los usos antrópicos son los derivados de la actividad directa del hombre, y básicamente serían el uso para abastecimiento humano, la agricultura y ganadería y la industria.

Al ser estos usos sobre los que sí se puede actuar, son los que se van a analizar con algo más de detalle a continuación.

Usos de los recursos hídricos por sectores

En base a los datos históricos en disposición de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha el uso global de agua ha ido disminuyendo desde el año 2000 hasta el año 2014.

Este descenso se debe principalmente al menor uso de agua con destino agrícola, que, aunque con fluctuaciones de un año para otro, ha seguido una tendencia a la disminución, siendo el último año de la serie, el 2014, el que menos agua se dedicó a este fin.

El agua para abastecimiento humano, dentro del conjunto del total de los usos de agua, y en comparación con el uso agrícola, apenas supone un 8,5% del total, por lo que la tendencia sobre el consumo total del agua lo marca el uso agrícola, si bien todo influye. En este caso, ambas tendencias han ido en el mismo sentido, tendiendo a la disminución.

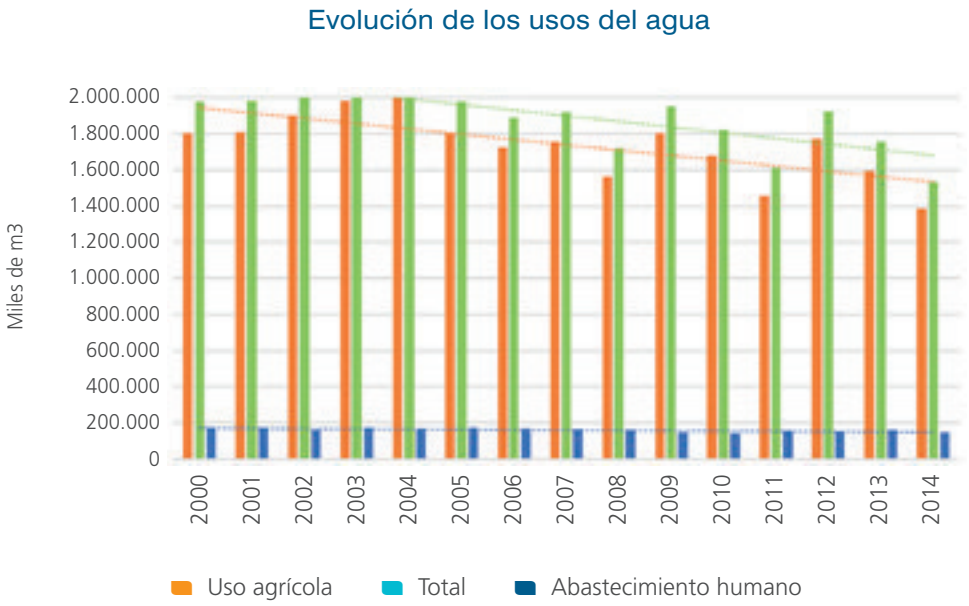


Gráfico 4: Evolución de los usos del agua en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

Uso del agua para abastecimiento humano

El uso de agua para abastecimiento humano ha ido descendiendo en la serie histórica desde el año 2000 hasta el 2014. Con pequeñas oscilaciones, pero con una clara tendencia a la baja. Esto es debido principalmente a la mayor concienciación de los ciudadanos en el uso del agua, y a las mejoras tecnológicas y de ahorro que se van implantando tanto dentro de los hogares, como en los servicios municipales de aguas, con continuas medidas encaminadas a la reducción de las pérdidas de agua como son las campañas de búsqueda de fugas, sectorización, control de caudales, control dinámico de presiones, etc.…

Esto se aprecia que es así, si se compara la evolución del consumo de agua en los domicilios, con la evolución de la población en nuestra región. Se puede apreciar que del año 2002 al 2012 la población se incrementó, mientras que el consumo de agua se reducía. Por lo que podemos afirmar que esta reducción de consumo se produce, no por un descenso de la población, sino por las medidas de ahorro y eficiencia descritas.

Ante la incertidumbre sobre la disponibilidad de recursos hídricos en un futuro, debido a los efectos del cambio climático, esta es la línea de trabajo que debe de mantenerse y potenciarse, para estimular el ahorro del agua y la eficiencia en su utilización.

Dentro del concepto de abastecimiento humano se engloban varios usos, además del literal de la palabra. Cabe diferenciar los usos domiciliarios o de los hogares; los usos municipales, que son los propios de mantenimiento de servicios comunes (limpieza de calles, jardines, edificios públicos, etc.…); los usos de sectores económicos, que son aquellos que se realizan para el desempeño de actividades comerciales e industriales, y otros servicios que son minoritarios y que se tienden a englobar dentro de los municipales o económicos.

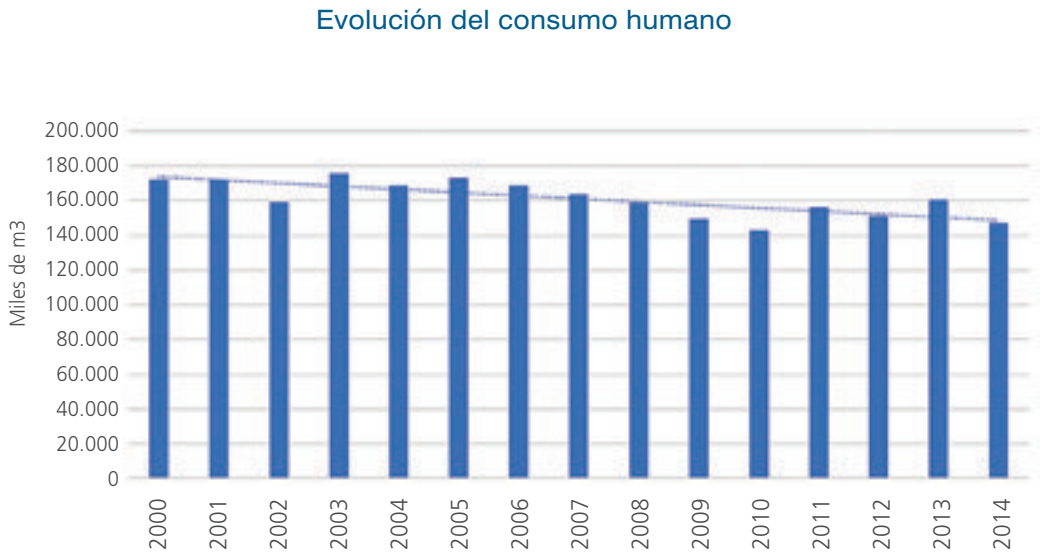


Gráfico 5: Evolución del consumo humano de agua en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

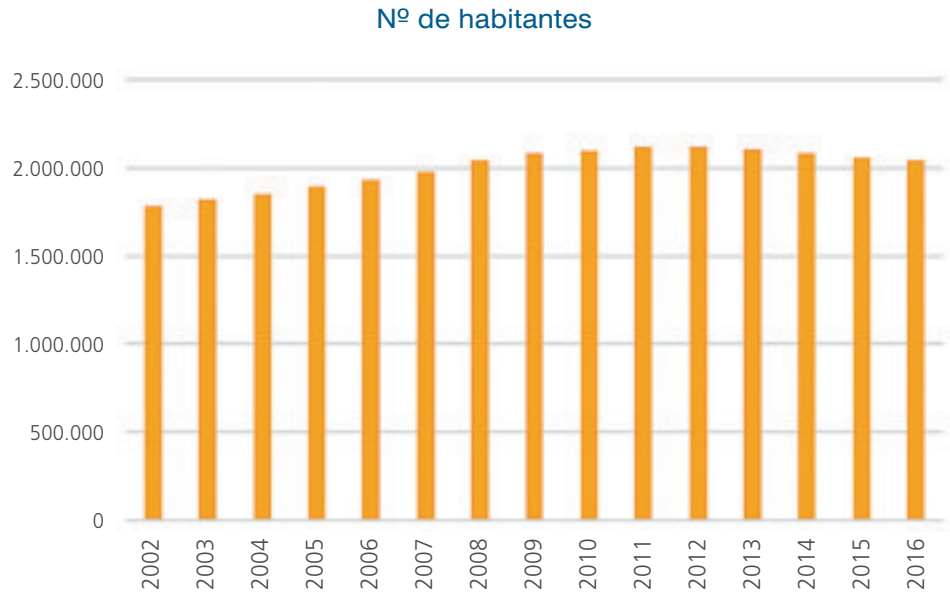


Gráfico 6: Evolución de la población en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos INEbase)

Si se analizan por separado podemos observar que el principal uso, y con diferencia, es de los hogares y por tanto es el que marca la tendencia del total de los usos de abastecimiento humano. Aquí como ya hemos visto la tendencia es a disminuir, debido a la concienciación general que se va implantando sobre la necesidad de ahorrar y conservar el agua.

Por el contrario, los usos económicos, han tendido a aumentar, aunque se observa un receso en esta tendencia entre los años 2007 y 2013, coincidiendo con la crisis económica sufrida en este periodo de

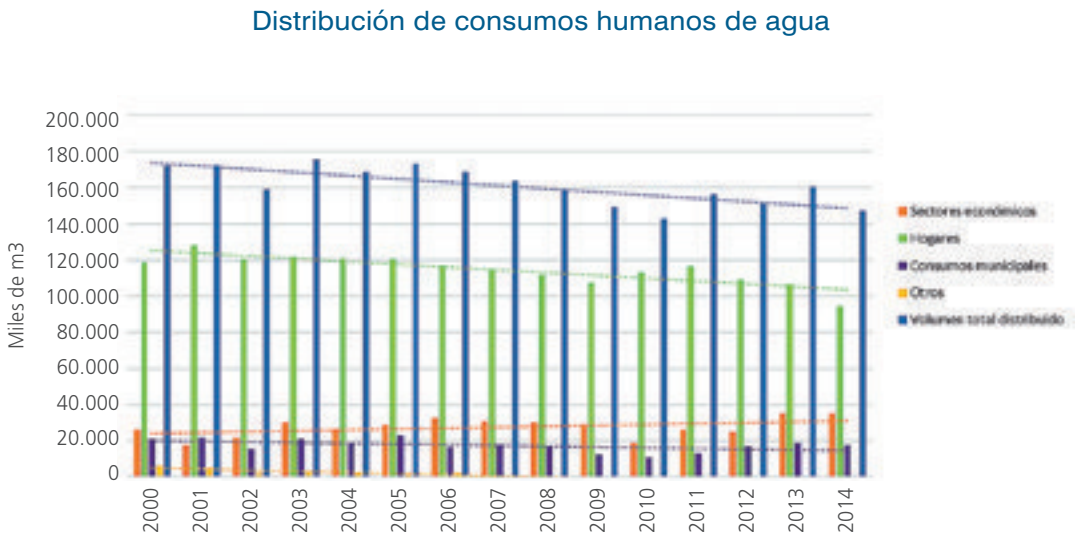


Gráfico 7: Evolución del consumo humano de agua por sectores en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

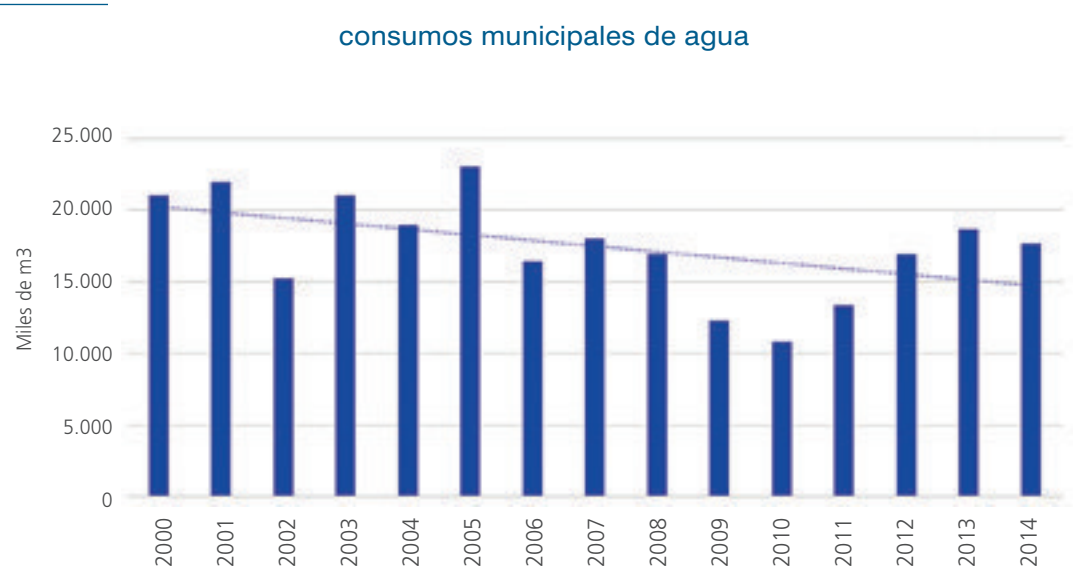


Gráfico 8: Evolución de los consumos municipales en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

tiempo. Aquí y debido a que caminamos a un escenario donde el cambio climático ya es una certeza y todo indica a que la disposición de agua será menor, se deberían implementar políticas y recursos para incentivar el uso eficiente del agua por parte de estos sectores económicos, sin dejar por ello de incentivar el crecimiento de sus actividades.

En cuanto a los usos municipales se observa una tendencia de la serie histórica a la reducción del uso de agua, si bien es preciso comentar la evolución de estos consumos desde el año 2009 al 2014. En el 2009 se observa un fuerte descenso. Este fue un año de escasas precipitaciones, por lo que es muy probable que se adoptasen de manera generalizada medidas de ahorro de agua que se mantuvieron en el 2010. Esta situación, se revierte, y los consumos municipales desde el 2010 al 2014 vuelven a repuntar. Esta tendencia no puede ser debido a un aumento de población, como hemos visto al comienzo de este capítulo, si no a la gestión realizada. Esta situación y en un escenario de cambio climático y menor disponibilidad de recursos hídricos, debe de replantearse y adoptar también medidas que incentiven y premien el uso eficiente del agua para los servicios municipales.

Usos agrícolas del agua

El uso agrícola como ya hemos visto es el principal destino de los recursos hídricos de la región. En la serie histórica del 2000 al 2014 ha supuesto de promedio un 91,5% del total de los usos del agua.

Del análisis de los distintos usos agrícolas del agua entre los años 2000 y 2014 cabe destacar el significativo descenso de uso de agua en los cultivos de olivar y viñedo a partir del año 2011, tras 7 años de uso intensivo de agua en estos cultivos, desde el año 2004. Los años de mayor uso de agua en estos cultivos coinciden con un descenso de utilización en los cultivos herbáceos, por lo que es posible suponer que lo que se alterna en estos años son los tipos de cultivo.

También es muy significativa la tendencia al alza del uso de agua en los cultivos herbáceos. Esta tendencia se va incrementando hasta el punto de que en el año 2014 la utilización de agua en estos cultivos supone el 65% del total del uso de agua de toda la región, incluyendo el abastecimiento humano.

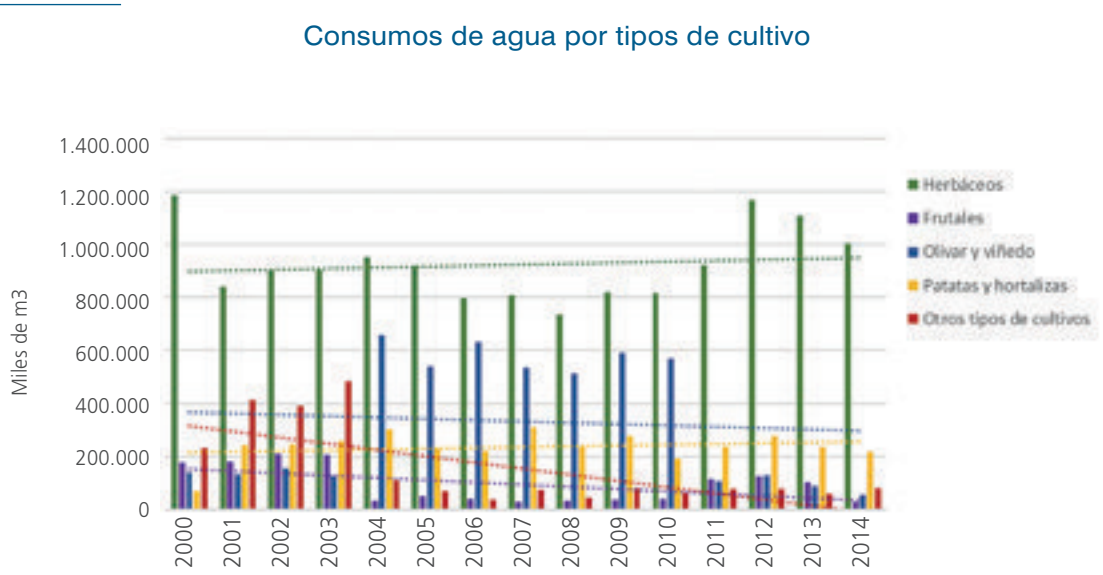


Gráfico 9: Evolución de los consumos de agua en función a los tipos de cultivo en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

Tabla 4: Comparativa del consumo de agua de los tipos de cultivo en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

	Promedio	2000-2014	2014	
Herbáceos	925.362	49%	1.002.718	65%
Olivar y viñedo	331.901	17%	55.400	4%
Patatas y hortalizas	236.883	12%	217.445	14%
Abastecimiento humano	161.330	8%	147.301	10%
Otros tipos de cultivos	152.085	8%	80.330	5%
Frutales	93.999	5%	29.085	2%
Total	1.901.560	100%	1.532.279	100%
Uso agrícola	1.740.229	91,5%	1.384.978	90,4%
Abastecimiento humano	161.330	8,5%	147.301	9,6%
Total	1.901.560	100%	1.532.279	100%

En cuanto a las técnicas de riego utilizadas el dato más importante es la tendencia a aumentar las técnicas de riego por goteo frente a las técnicas de riego por gravedad. El mayor cambio en el uso de estas dos técnicas se produce en el año 2004. Es significativo que casi en el mismo periodo de tiempo, en los años 2004-2005, es cuando también se produce el mayor cambio en la procedencia el agua, pasando de una predominancia del uso de agua superficial a un mayor uso de aguas de origen subterráneas, tal y como se ha visto en el apartado de recursos hídricos subterráneos.

La utilización de técnicas de aspersión, sin ser esta técnica las más eficiente, se mantiene como la técnica de mayor utilización frente a las demás, con una tendencia en el periodo analizado muy constante, aunque con fluctuaciones importantes interanuales, que oscilan entre los 700.000 m^3/año y los 1.000.000 m^3/año. Su uso está muy vinculado a los cultivos herbáceos, que ya hemos visto que son los que mayor consumo de agua realizan, de ahí que esta técnica de riego sea también la de mayor utilización.

Conclusiones de los usos de los recursos hídricos

Tal y como se ha expuesto en el apartado de conclusiones sobre la disponibilidad de recursos hídricos, el único factor sobre el que sí podemos actuar es sobre los usos de estos recursos, ya que su disponibilidad viene y vendrá determinada por la climatología y el régimen de lluvias, sobre el cual, el efecto del cambio climático parece mostrar indicios de tender a reducir las precipitaciones.

En este sentido, deben de marcarse con claridad las prioridades de uso del agua, de forma que en ningún momento los usos críticos, como es el abastecimiento humano o determinados usos ecosistémicos, se pongan en riesgo. Será necesario aplicar factores de seguridad para garantizar unas reservas hidráulicas suficientes, que garanticen la disponibilidad de agua ante los escenarios más desfavorables y teniendo en cuenta los niveles de incertidumbre sobre lo que el cambio climático nos depara, en cuanto a variación de precipitaciones y temperaturas.

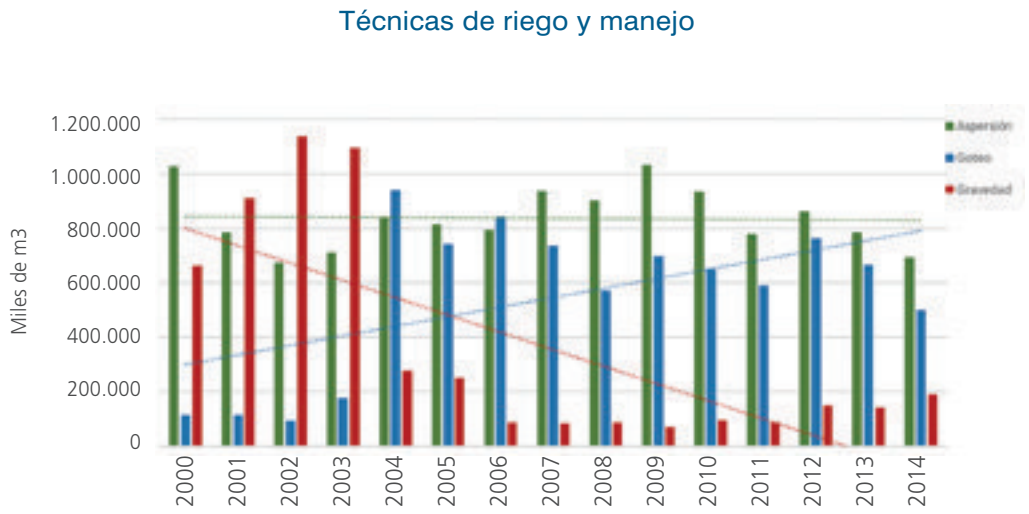


Gráfico 10: Evolución de las técnicas de riego en Castilla-La Mancha.
Fuente: Elaboración propia (Datos JJCLM)

Es muy importante la correcta gestión del uso de agua para riego de especies herbáceas, que hemos visto que en el año 2014 suponía un 65% del total de todos los usos de agua en la región. Ante un escenario en el cual el efecto del cambio climático parece que nos lleva a una menor disposición de recursos hídricos, es importante incluir políticas agrarias que incentiven los cultivos de menor requerimiento de agua, tratando de que esto no suponga una merma en la rentabilidad del sector agrario. Aquí es importante matizar que el efecto del aumento de temperatura que ya ha sido constatado, como puede verse en el capítulo de climatología, genera también unas mayores pérdidas de agua por evapotranspiración. Para reducir estas pérdidas por evapotranspiración es importante la correcta elección de cultivos y técnicas de riego. También es importante que se incentive la utilización de las más eficientes técnicas de riego para reducir el uso de agua, en cualquiera de los tipos de cultivo existentes.

Retos

Retos actuales y futuros

A la hora de definir este apartado es preferible hablar de retos y no de problemas, ya que el que los retos se conviertan o no en problemas, dependerá de cómo gestionemos los escenarios relativos a la disponibilidad y usos de los recursos hídricos.

En cuanto a los retos futuros, probablemente serán los mismos que los presentes, con la diferencia de que serán de mayor dimensión.

En base a lo descrito en los apartados anteriores se pueden identificar dos grandes retos, la *gestión de la escasez* del recurso y la *búsqueda del equilibrio* entre la actividad económica y la conservación de los sistemas naturales.

Gestion de la escasez

En este punto es importante recalcar que se habla de gestionar la escasez de agua, y no la sequía, para esto vamos a definir sequía.

Se suele definir como un periodo largo, durante el cual no se dispone de agua. Ahora bien, esa falta o escasez de agua puede estar provocada por dos causas fundamentales, porque no haya precipitaciones, o porque se use el agua en un volumen superior al disponible. Por tanto, la sequía o escasez de agua puede ser provocada por causas naturales, descenso de lluvias, o por causas antrópicas, debido a un uso superior al nivel de reposición del recurso.

Ha quedado claro que la escasez de agua por causas naturales es un hecho ya comprobado debido al cambio climático. Las precipitaciones se hacen más irregulares y más torrenciales, lo cual dificulta su aprovechamiento, y todo indica, a falta de confirmaciones más claras en los próximos años, que también estén descendiendo en su volumen anual. Otro factor importante ya constatado por efecto del cambio climático, es el ascenso de las temperaturas, que influye en que el agua disponible sea menor, aunque las precipitaciones se mantuviesen constantes, debido al efecto de la evapotranspiración.

Como conclusión podemos afirmar que por efecto del cambio climático nos enfrentamos a un escenario de futuro en nuestra región en el cual va a haber una menor disponibilidad de agua de la que hemos tenido hasta ahora.

Del análisis de los usos del agua podemos concluir que el total del agua utilizada, desde el año 2000 al 2014, ha venido siguiendo una tendencia descendente. Aunque es importante destacar que esta tendencia es contraria en el uso del agua para regadíos de herbáceas, que llega a suponer en el año 2014 el 65% del total del uso del agua en la región. A pesar de que el descenso general del uso de agua, se ha producido en su mayor parte en los usos agrícolas, la proporción de agua usada en este sector en comparación con el agua usada para abastecimiento humano es muy elevada, manteniendo una relación de 9 a 1 en toda la serie histórica analizada.

Por tanto, es necesario revisar las políticas agrarias para adaptarlas a un escenario desfavorable, en el cual la disponibilidad de agua es cada vez menor y en la que es necesario adaptar los usos del agua para no generar sequías por utilizar este recurso por encima del volumen disponible.

Al mismo tiempo se deben de articular todos los mecanismos necesarios para que el uso para abastecimiento humano siga la tendencia a la baja que se viene logrando desde el año 2000.

Equilibrio entre actividad económica y conservacion de los recursos naturales

El otro gran reto ante un escenario de escasez de recursos hídricos es de lograr el equilibrio entre los usos antrópicos y los usos naturales. Aquí es muy importante regular correctamente el uso del agua superficial de forma que no se pongan en riesgo los ecosistemas dependientes de la existencia de caudales en nuestros ríos, y regular el uso del agua subterránea de forma que no se genere una sobreexplotación de los mismos y la consecuente desecación de los humedales típicos y protegidos de La Mancha Húmeda.

Para ello sería muy recomendable aplicar principios de economía ambiental para valorar correctamente los distintos usos del agua, ya que se tiende a darle un valor económico nulo cuando se habla del agua que circula por nuestros ríos o acuíferos, cuando su presencia en cantidad y calidad suficientes garantiza el desarrollo de actividades económicas que deben de ser también valoradas, como son el turismo, actividades de caza y pesca, actividades de recolección, etc… al tiempo que se evitan costes a los que igualmente debe darse un valor. Un ejemplo son los costes que se generaron en el año 2009 por los incendios de las turberas de la Tablas de Daimiel, debido a la escasez de agua, o los costes que se derivan de tener que abastecer a poblaciones enteras con camiones cisternas ante la falta de agua en los cauces y manantiales habituales.

De esta forma se podría realizar una comparación más realista entre el valor del agua utilizada para distintos fines, y ver las pérdidas o beneficios reales de usarla en uno u otro. Tanto a nivel económico como social. Hasta ahora cuando el agua se *"deja correr"* por sus cauces o acuíferos, se tienden a valorar las pér-

didas económicas de esta acción, como el 100% de las pérdidas de los cultivos no regados, aunque a estas pérdidas deberían restárseles el valor de los beneficios económicos generados por estas otras actividades y los daños no generados en caso de haberse usado. Con esta otra forma de medir, es probable que existan muchos casos en los que estas pérdidas se convirtiesen en beneficios. Lo mismo ocurre con los trasvases entre cuencas, en los que estas estimaciones monetarias y sociales cobran aún mayor importancia, ya que se tiende a valorar el agua en el precio de venta establecido o en el valor económico generado en el punto de destino, sin tener en cuenta su valor en origen, basados en los beneficios o los daños evitados que habría generado de usarse para otros fines en sus propias cuencas.

Conclusiones a los retos actuales y futuros

Ante un escenario de escasez de recursos hídricos como el que hemos descrito es importante realizar una buena planificación de los usos del agua en la cual se tengan en cuenta las siguientes variables:

- Es necesario priorizar los usos por nivel de criticidad, siendo el consumo humano el que prevalezca por encima de cualquier otro. Para ello y ante el escenario que nos plantea el cambio climático en el que ya es seguro que se dispondrá de menores recursos hídricos, se deberían aplicar unos factores de seguridad que garanticen el abastecimiento de las personas en los escenarios más desfavorables.
- Es necesario adaptar los tipos de cultivos a la disponibilidad real de agua.
- Es necesario invertir en la modernización de los sistemas de riego actuales.
- Es necesario invertir en la modernización de las infraestructuras de abastecimiento humano, tanto en las redes de transporte, para evitar pérdidas de agua por fugas, como en las potabilizadoras y depuradoras de aguas para optimizar su funcionamiento y garantizar los mejores parámetros de calidad de agua, tanto para consumo como para su vertido a cauce o posterior reutilización.
- Es necesario regular las extracciones de agua subterránea de forma que no se superen los volúmenes de reposición de los acuíferos.
- Es necesario incentivar e invertir en sistemas de regeneración y reutilización de agua, ya que ante un escenario de escasez, la reutilización es una fuente más de agua que hasta ahora apenas se está usando.
- Es necesario dar un valor más realista a los recursos hídricos en sus distintos usos a la hora de tomar las decisiones sobre la priorización de estos usos. Para esto es recomendable la aplicación de los protocolos de valorización del Capital Natural que se han venido desarrollando desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil en 2012.
- Es necesario mantener una continua y constante labor de educación, información y formación de todos los sectores de la población para el ahorro y uso eficiente del agua.

Otra información relevante

Además del análisis realizado hasta aquí sobre los recursos hídricos y sus usos, en el que se ha revisado su disponibilidad, desde un punto de vista de la cantidad en un escenario ya cierto y confirmado de cambio climático, es importante hacer una serie de consideraciones sobre otras cuestiones que también son importantes de cara a la gestión futura del agua en la región.

Contaminación

De nada nos sirve tener agua si no la podemos usar por su mala calidad.

Ante un escenario de cambio climático se ha visto que en nuestra región la disponibilidad de recursos hídricos se va a ver reducida. Esto también va a afectar a la calidad del agua. Al haber menos disponibilidad de agua, los procesos naturales en los que este agua se regenera de forma natural, se ven también afectados. Es sencillo de entender, si vertemos un compuesto biodegradable a un río caudaloso, esta carga contaminante primero se di-

luirá bastante generando una menor afección negativa, además los procesos naturales de regeneración, como son la oxigenación del agua que se genera al correr y saltar por el cauce del río, se verán potenciados, con lo que en poco tiempo esta carga contaminante habrá sido absorbida por los procesos naturales y desaparecido. En cambio, si la misma cantidad se vierte en un río poco caudaloso, o en muchas ocasiones semi-estancado, lo que va a generar es un episodio de contaminación, con pérdidas de oxígeno en el agua y posible mortandad de peces u otros organismos. Por tanto, el simple hecho de que haya una menor cantidad de agua, ante las mismas cantidades de vertido actuales, puede provocar episodios de contaminación.

Un proceso parecido ocurre en los acuíferos, pero a menor velocidad, y aquí agravado con los fenómenos de sobreexplotación, ya que en muchas ocasiones esta sobreexplotación, cambia las condiciones químicas en las que el agua se relaciona con los sustratos donde se aloja, produciéndose nuevas reacciones químicas que generan migraciones o la aparición de nuevos compuestos que afectan a la calidad del agua.

El simple hecho de que vaya a haber menos cantidad de agua por efecto del cambio climático, es un factor que, de no gestionarse adecuadamente, también va a provocar que empeore su calidad.

Contaminación difusa

Este tipo de contaminación se produce por el vertido de determinadas sustancias al medio, pero sin que exista un punto de vertido localizado, y mayormente afecta a los recursos hídricos subterráneos. En nuestra región tiene especial relevancia el caso de la contaminación por nitratos, derivado principalmente del uso de fertilizantes en agricultura y residuos ganaderos.

Según la Orden de 07/02/2011, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente en Castilla-La Mancha existen 7 zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias: "Mancha Occidental", "Campo de Montiel", "Mancha Oriental", "Lillo-Quintanar-Ocaña-Consuegra-Villacañas", "Alcarria-Guadalajara", "Madrid-Talavera-Tiétar", y "Campo de Calatrava".

También se producen efectos de contaminación difusa por aparición de nuevos compuestos en el agua, básicamente en el agua subterránea, por sobreexplotación de los acuíferos.

Este tipo de contaminación, una vez que se produce es casi imposible de eliminar, sino es con el transcurso de mucho tiempo y la renovación de las masas de agua contaminadas, lo cual, y tratándose como hemos visto, en su mayor parte de recursos subterráneos, podemos estar hablando de cientos o miles de años. Ante esta situación, está claro que lo recomendable es evitarlo en origen, mediante la regulación de determinadas prácticas agrícolas y ganaderas y evitando la sobreexplotación de los acuíferos.

Contaminación puntual

Este tipo de contaminación se produce por vertidos puntuales al medio en lugares concretos y localizados. En este caso los más afectados son los recursos hídricos superficiales.

En nuestra región el principal reto de gestión a afrontar en los próximos años para evitar este tipo de vertidos, es el control exhaustivo de los vertidos industriales, tanto al medio como a las redes de colectores municipales.

Con el mismo nivel de importancia y prioridad, tanto para dar cumplimiento a la Directiva 271/91 sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, como para evitar cualquier episodio de contaminación por vertidos de origen urbano, se deberá dotar de sistemas de depuración a las aglomeraciones urbanas que carecen de ellos. Más de 400 en el año 2017 en toda nuestra comunidad autónoma, y prácticamente la mayoría de muy pequeño tamaño, por lo que será necesario establecer una política de implantación de sistemas de depuración de bajo coste de mantenimiento, para así garantizar la viabilidad económica de su explotación y por tanto garantizar también su función. Igualmente es importante afrontar la renovación y mejora de las instalaciones existentes.

Inversión

Como se ha ido viendo a lo largo de este capítulo muchas de las actuaciones necesarias para poder afrontar los retos que se nos presentan en la región vienen condicionadas por la necesidad de inversión:

- Renovación de infraestructuras de abastecimiento (redes y estaciones potabilizadoras).
- Construcción de nuevas infraestructuras de abastecimiento humano que garanticen el suministro básico de la población
- Renovación y construcción de nuevas de infraestructuras de depuración
- Modernización de sistemas de regadío mediante la instalación de las más eficientes técnicas y medios de riego existentes.
- Inversión en control y seguimiento del uso y calidad del agua.
- Inversión en la construcción de infraestructuras de regeneración y reutilización de agua.

Todas estas inversiones van a precisar de la movilización de grandes cantidades de recursos financieros en un breve espacio de tiempo, posiblemente con mayor rapidez de la que se hubiese planificado hasta el momento, debido a las necesidades no previstas por efecto del cambio climático, así como por el nivel de obsolescencia que ya están alcanzando gran cantidad de las infraestructuras existentes.

Para poder movilizar estos recursos y teniendo en cuenta que los fondos provenientes de Europa son cada vez de menor cuantía, es muy probable que sea preciso recurrir a fórmulas de colaboración público-privada, al igual que a replantear las políticas tarifarias, de forma que se tengan en cuenta los costes de amortización de las inversiones a la hora de establecer la cuantía de estas tarifas, tal y como establece la Directiva Marco del Agua.

Pacto regional y nacional del agua

Los recursos hídricos son la base del funcionamiento de los ecosistemas naturales, y la base del desarrollo humano, tanto social como económico, o lo que traducido a una única frase se puede resumir en que, *"Sin agua ni hay vida, ni hay sociedad"*.

Este principio tan contundente hace que el agua sea querida y demandada por todos, el medio natural y todos los actores humanos que componen el entramado de la sociedad. A esta demanda tan intensa, hay que sumarle que el agua, debido al cambio climático en nuestra región va a ser un bien cada vez más escaso, y por lo que parece por las noticias e informes que se van publicando, también va a ser así en nuestro entorno cercano. Esta situación genera que el agua sea ya el principal motivo de conflictos sociales y de daños ecosistémicos por su sobre explotación.

Estos conflictos, por su complejidad, son el desafío de más difícil arreglo, aunque es completamente necesaria su resolución. Para ello es preciso establecer un diálogo entre todos los usuarios de los recursos hídricos y tener en cuenta sus demandas. En base a estas demandas se deberá establecer una planificación de usos a corto, medio y largo plazo, donde se definan los recursos necesarios para desarrollarla, así como los medios para lograr estos recursos.

Este proceso se está tratando de hacer a nivel nacional desde el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, con la redacción del Pacto Nacional del Agua. Debido a que la Comunidad Autónoma tiene competencias en la gestión de estos recursos hídricos y una gran participación en la gestión e inversión de muchas de las infraestructuras hidráulicas necesarias para la correcta gestión del agua, sería recomendable desarrollar este mismo proceso a nivel regional, de forma que se elaborase el Pacto Regional del Agua, donde se defendiesen los intereses y necesidades de todos los actores de nuestra región. Sin olvidar las necesidades del medio natural, aplicando teorías de economía ambiental y la aplicación de los protocolos de valorización del Capital Natural, tal y como se ha descrito en el capítulo de "Conclusiones a los retos actuales y futuros".

Bibliografía

IGME: PORRAS MARTÍN, JORGE; RUIZ CELAÁ, CARLOS; FERNANDEZ SÁNCHEZ, JOSE ANTONIO; GÓMEZ DE LAS HERAS, JESÚS; FABREGAT VENTURA, VICENTE; CGS: LÓPEZ VÍLCHEZ, LUIS; ALMOGUERA LUCENA, FRANCISCO JAVIER; OLIVARES TALÉNS, JUAN; SOLESIO LILLO, JULIAN; ESQUINAS GARCÍA, ANTONIO; FERNÁNDEZ ARECES, JESÚS; VILLANUEVA MARTÍNEZ, EUGENIO; FERNÁNDEZ CAMPOS, GUILLERMO; URQUIZA ESPINOSA, MIGUEL. (1985). *"Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha"*. Instituto Geológico y Minero de España.

PEDRO FERNANDEZ CARRASCO. (2002). *"Estudio del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos. Aplicación en diecinueve pequeñas cuencas en España"*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Caminos Canales y Puertos.

DOMINGUEZ PADILLA. ALFONSO; TARJUELO MARTÍN BENITO, JOSE MARÍA; ARTURO DE JUAN VALERO, JOSE; MARTÍNEZ ROMERO, ÁNGEL. (2005). *"Efecto del cambio climático en los recursos hídricos y el regadío. Primer informe de los efectos del cambio climático en Castilla-La Mancha"*. Fundación General de Medio Ambiente. Oficina de Cambio Climático. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

JIMÉNEZ ÁLVAREZ, ANTONIO. (2012). *"Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Informe de síntesis"*. Centro de estudios hidrográficos del CEDEX. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente.

MARTIN-ORTEGA, JULIA. (2010). *"Los beneficios ambientales de las aguas del Guadalquivir: un análisis económico"*. Fundación Pública Andaluza Centro de Estudios Andaluces, Consejería de la Presidencia, Junta de Andalucía

AEAS - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO. (2016) *"XIV Estudio Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España 2016"*.

PNUMA. (2012). "Declaración sobre el Capital Natural". Conferencia de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Río + 20.

El futuro del río Tajo en los escenarios de cambio climático y uso de sus recursos

Roberto Granda Maestre
Geógrafo por la Univerisdad Autónoma de Madrid. Investigador de climas y microclimas en Guadalajara

La cuenca del Tajo: delimitación, características y situación

La cuenca del Río Tajo discurre a lo largo de buena parte de la Península Ibérica, integrando y vertebrando el territorio de gran parte de la submeseta sur peninsular. Este río, cuyo nacimiento se encuentra en los Montes Universales (Teruel), tiene una longitud total de unos, aproximadamente, 1000 kilómetros, abarcando a su vez una cuenca hidrográfica de cerca de 80.000km^2. Las aportaciones que recibe el río son muy dispares en cada zona del territorio, encontrándose unos máximos en cabecera (1100mm) y zonas del Sistema Central, mientras los mínimos se dan a lo largo de su cauce medio y la vertiente sur del río en Castilla-La Mancha (450mm). La evapotranspiración media en la cuenca (agua perdida a lo largo del año) se estima en unos 800mm.

Esta cuenca hidrográfica se encuentra fuertemente regulada, debido a la existencia de numerosos embalses tanto en el río Tajo como en sus afluentes. Las crecientes demandas de agua y electricidad, sumadas a una mayor longitud de los períodos de sequía en la península, han aumentado notoriamente la presión humana sobre el recurso aportado por el río.

Se contabilizan 40 grandes embalses en la cuenca, con distintos usos y una capacidad máxima de 14.500hm^3, de los cuales 12.500hm^3 pertenecen a España. Los embalses del Río Tajo responden a una gestión plurianual, y variable a lo largo del año: se acumula agua en períodos húmedos y se descarga en secos. Sus niveles de embalse deberían, por tanto, a pesar de unas posibles condiciones de escasas precipitaciones durante años, mantenerse siempre por encima de ciertos mínimos siempre que la gestión fuese adecuada. Sin embargo, esto no es así, y el agua que el río tiene cada año está en descenso, agravado esto por unas menores aportaciones de agua en la cabecera.

factor relevante que agrava la situación que padece el río se encuentra en la puesta en funcionamiento en 1978 del Trasvase Tajo-Segura, el cual ha ido aumentando sus demandas año tras año a causa de las presiones por los aumentos de regadíos en el levante, causando una presión insostenible para el buen mantenimiento del río, sus recursos y su calidad ambiental, ya muy asediado por el uso de la propia cuenca y las más desfavorables condiciones climáticas. Además, el trasvase se traduce un importante impacto negativo en lo económico y lo social en las comunidades bañadas por el Tajo. Los comisarios europeos, en 2016, mostraron su preocupación por el estado del Tajo, criticando la mala gestión del Estado español. Además, aclararon la necesidad de cambiar la situación, ya que el actual modelo de gestión español se centra casi exclusivamente en satisfacer las necesidades de actores económicos, cediendo a sus presiones, y dejando por tanto de lado las preocupaciones ambientales y sociales de la cuenca cedente. Por tanto, queda claro que la gestión hídrica en el país debe pasar de centrarse en el beneficio económico a corto plazo para tener una vista a largo plazo, de acuerdo con un modelo que permita la sostenibilidad de las explotaciones con el mantenimiento de los valores naturales del río y su adecuación a la directiva marco del agua europea.

Efectos en la producción eléctrica por la disminución del recurso agua

La tendencia a la baja de las aportaciones del recurso hídrico a lo largo de toda la cuenca del Tajo genera un impacto relevante a la hora de la posibilidad de producción de electricidad mediante el agua.

Analizando el ciclo hidrológico mediante modelos que representan sus procesos y evolución, usando diversos escenarios de cambio climático (uno de moderado calentamiento global y otro de extremo), se ha llegado a una serie de conclusiones:

- Los dos escenarios muestran un descenso de las precipitaciones en la cuenca del Tajo
- Disminución generalizada de la producción hidroeléctrica
- Dinámicas diferentes, en función de la capacidad de almacenamiento, a la hora de producir electricidad

Las conclusiones extraídas de la aplicación de los modelos se corresponden con una disminución de las descargas del río Tajo, que podrían aproximarse al 60% en los escenarios más extremos. Esto haría aumentar la vulnerabilidad de la producción hidroeléctrica.

Un caso muy concreto se corresponde con el embalse de Buendía. Si bien este embalse tiene una capacidad de almacenamiento muy elevada, lo que favorecería una mayor capacidad de adaptación que aliviaría algunos de los impactos, esto es posible que no se dé así, ya que, a la disminución del recurso hídrico disponible, tanto en el Guadiela como sus afluentes (gráfico 1), habría que sumar una todavía muy previsible extracción de recurso hídrico para los regadíos del levante, lo cual agravaría una situación ya altamente insostenible de por sí.

Así pues, la gestión de la producción hidroeléctrica debería responder no sólo a la disminución del recurso hídrico, sino a las demandas de agua para otros usos aguas arriba y debajo de los embalses. Por ello, es necesario que la gestión sea integral, sostenible y con vistas a largo plazo, de tal manera que el recurso hídrico pueda ser aprovechado al máximo sin perjudicar la calidad ambiental del río Tajo y sus afluentes.

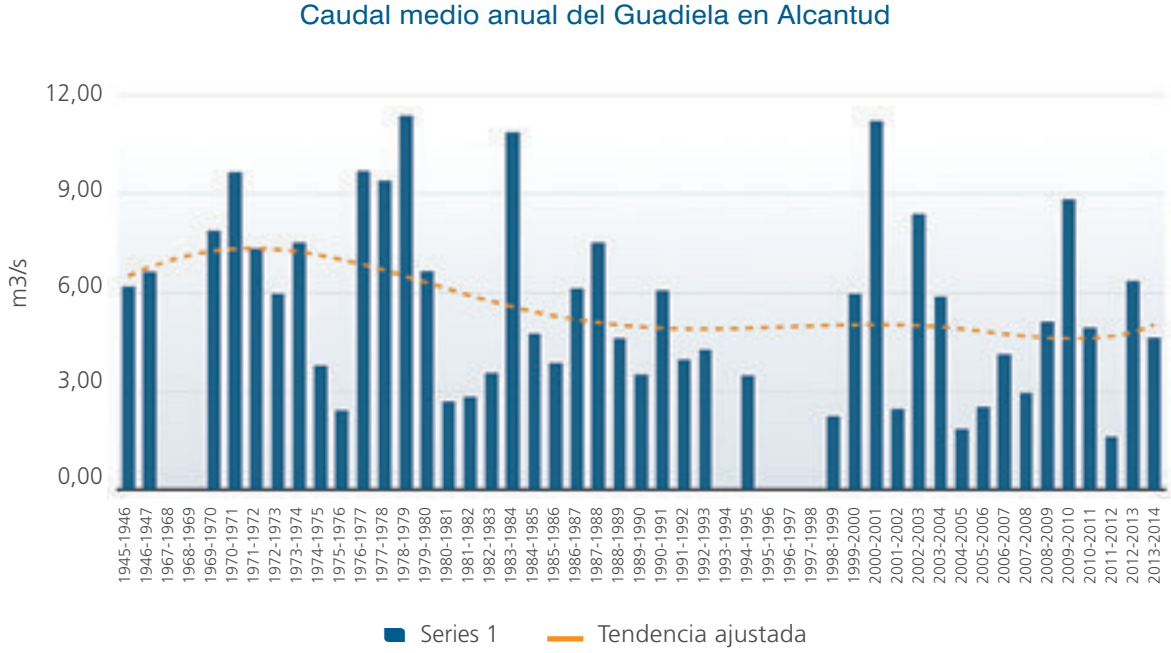


Gráfico 1.: Evolución del caudal en el río Guadiela desde 1945.
Fuente: elaboración propia con datos del MAPAMA

Relación de los embalses de cabecera con el uso humano del recurso

Los embalses de Entrepeñas y Buendía se localizan en la cabecera del Tajo. El primero está surtido por las aguas del propio Tajo, mientras el segundo recibe su aporte del Guadiela y sus afluentes. Estos dos embalses, de elevada capacidad de almacenamiento, son embalses construidos con una gestión del recurso plurianual, es decir, de tal manera que incluso en épocas de sequía haya un volumen de agua embalsado relevante.

La teoría, sin embargo, no se puede cumplir perfectamente, ya que las menores aportaciones por parte de los ríos (gráfico 2) están provocando que la actual gestión hídrica sea ineficiente.

Además, los dos embalses sufren una importante presión por parte del ser humano para el uso de sus recursos, ya que sus aguas en principio estaban destinadas para abastecimiento, producción hidroeléctrica y regadío. Sin embargo, en 1978 se empezó a extraer agua de los mismos para el trasvase Tajo-Segura, lo cual aumentó la presión sobre los mismos. Esta presión añadida ha ido creciendo con el paso de los años hasta el día de hoy.

Para analizar cómo se deben asignar los recursos hídricos partiendo del uso del agua por parte del trasvase, y usando un modelo para la representación de la evolución del ciclo hidrológico y sus procesos asociados, se consideraron tres estrategias de gestión posibles:

- Estrategia 1: definir volúmenes de agua del río Segura y mantener los del Tajo. La estrategia del MAPAMA.
- Estrategia 2: mantener caudales ambientales aguas debajo de Entrepeñas y Buendía, considerando un enfoque variable y de estimación.
- Estrategia 3: se busca evaluar si la demanda de la Confederación Hidrográfica del Segura (540hm^3 en máximo o 340hm^3 en promedio) por año es realizable. Esto implicaría dejar completamente de lado la directiva marco de agua.

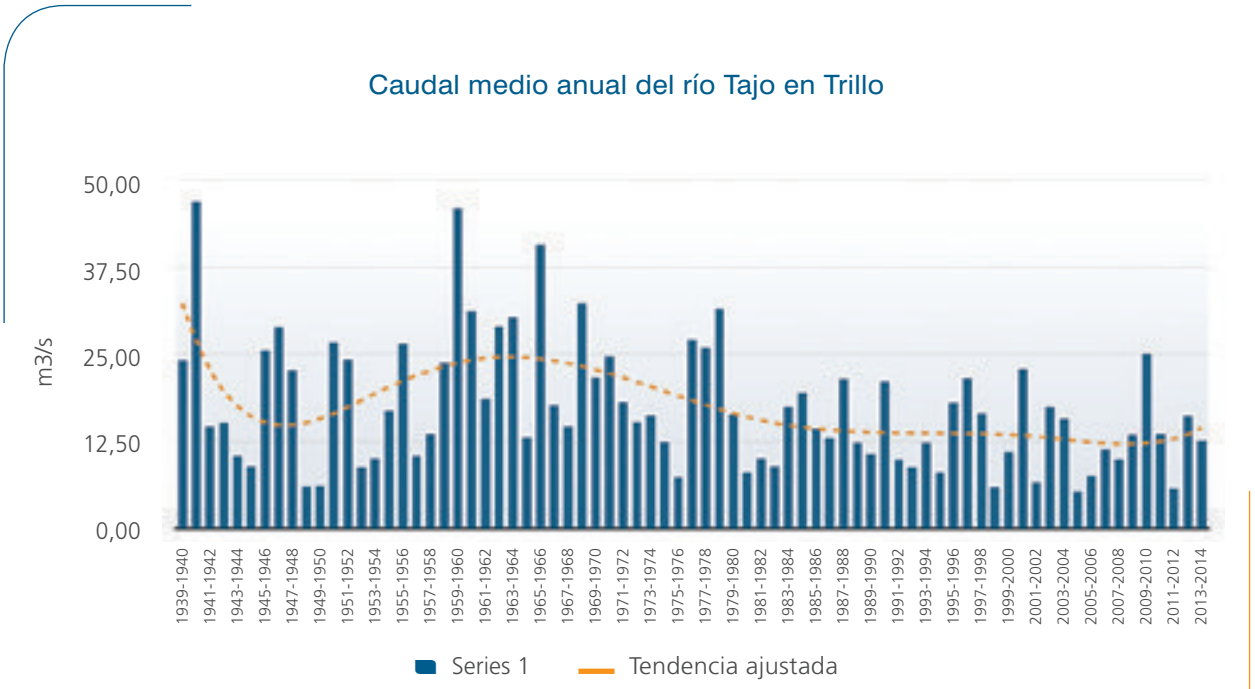


Gráfico 2.: Evolución del caudal en el río Tajo desde 1939.
Fuente: elaboración propia con datos del MAPAMA

Los resultados de la aplicación del modelo dan resultados de descarga de aguas bajo el embalse de Zorita, volúmenes de embalses de Buendía y Entrepeñas y volumen de agua entregada al Segura.

Tras el análisis, queda claro que cada vez menos ríos siguen regímenes naturales, y el Tajo es uno de los más afectados por esta tendencia. Así pues, el río Tajo, pese a tener según los escenarios de previsión una menor disponibilidad de agua en el futuro, que sería posible mantener los caudales ambientales. Pese a ello, hay que tener en cuenta las implicaciones socioeconómicas de esta gestión, destacando la parte del Trasvase, ya que hay numerosos intereses que defenderán su relevancia a nivel económico. Es por ello que la gestión del agua debe equilibrar demandas ambientales, económicas y sociales. Así pues, la asignación de recursos hídricos es el proceso a seguir, requiriendo de una interdisciplinariedad. Esto permitiría garantizar beneficios en todos los ámbitos.

Conclusiones

Tras lo descrito en los dos apartados anteriores, queda claro que el río Tajo se enfrente a un grave problema de cara al futuro. Las probables menores aportaciones hídricas que se estiman de acuerdo con los escenarios de reducción de precipitaciones, unidas a una importante presión humana sobre los recursos, llevan a escenarios donde el río Tajo no será capaz de mantener su actual ritmo de uso por parte de la sociedad.

Por ello, es necesario que la gestión para el río de cara al futuro pase por un enfoque integrado, donde se tengan en cuenta todos los factores y se busque el punto de equilibrio entre la importancia medioambiental, social y económica.

El Trasvase Tajo-Segura se posiciona como un importante detractor de recurso del río, por lo que es necesario revisar su viabilidad en diversas facetas. La primera es la ambiental, porque hasta ahora nunca ha sido considerada y el paso de los años ha ido demostrando que los impactos causados están siendo muy elevados. La segunda, la social, ya que el Trasvase ha supuesto un enfrentamiento social entre diversas comunidades. Y la tercera y última, la económica, ya que el actual modelo de explotación hídrica para regadíos en el levante es insostenible. Las opciones a futuro pasan por adecuar los cultivos a las realidades climáticas de las regiones o a una mayor disponibilidad de recurso hídrico mediante medios que no sean perjudiciales para otras cuencas (por ejemplo, la desalinización), ya que extraer agua de otras cuencas sólo genera un perjuicio a la cuenca cedente, en todos sus ámbitos.

Sólo mediante una gestión integral, realista y adaptada a las necesidades reales del río Tajo y su entorno se conseguirán mantener unos estándares que permitan el buen mantenimiento del río en los diversos escenarios de cambio climático para el futuro más próximo.

Este texto está basado en los estudios de Lobanova, A.

Bibliografía

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO (2015) Parte española de la demarcación hidrográfica del Tajo. Propuesta de proyecto de plan hidrológico de cuenca

KILSBY, C. G.; TELLIER, S. S.; FOWLER, H. J.; HOWELS, T. R. (2007) Hydrological impacts of climate change on the Tejo and Guadiana Rivers. Hydrol. Earth Syst. Sci 11: 1175-1189.

LOBANOVA A, LIERSCH S, TÀBARA JD, KOCH H, HATTERMANN F & KRYSANOVA V (2017) Harmonizing human-hydrological system under climate change: A scenario-based approach for the case of the headwaters of the Tagus river. Journal of Hydrology 548: 436-447.

LOBANOVA A, KOCH H, LIERSCH S, HATTERMAN F & KRYSANOVA V (2016) Impacts of changing climate on the hydrology and hydropower production of the Tagus River basin. Hydrological processes 30: 5039-5052.

Capítulo 3

En el medio natural

Efectos observados en la naturaleza, la fauna y espacios protegidos

Pablo Rodríguez Bustamante[1]; Laura Miguel Calleja[2]; Carolina Martín García[3]; Roberto Granda Maestre[4]; Jonathan Gómez Cantero[5]; Pedro Gavidia Sánchez[6]

[1 2 3] GEOCyL Consultoría/ [4] Geógrafo. Investigador de la UAM/ [5] Climatólogo, consultor y coordinador/ [6] Geógrafo especialista en espacios naturales. Consultor/

Las consecuencias que tiene el cambio climático sobre la fauna y la flora, la naturaleza y, por ende, sobre los espacios protegidos están directamente relacionadas con el clima. Un factor que debe tenerse en cuenta es la adaptabilidad a este cambio y la evolución de las especies. La capacidad de adaptación de los animales a las transformaciones exteriores depende de la velocidad con que se den los cambios, cuanto más bruscos y rápidos sean, mayor dificultad de respuesta observaremos en las especies. Seguramente algunas especies puedan adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, pero ¿hasta dónde llega su margen de adaptación?

Las alteraciones pueden referirse a los hábitats y costumbres, migraciones y reproducción. En este capítulo vamos a analizar cómo el cambio climático está haciendo mella sobre la naturaleza, fauna y espacios naturales, atendiendo a algunos de los estudios más esclarecedores que hay sobre algunos ámbitos determinados.

Espacios naturales protegidos

Los espacios naturales protegidos son una herramienta que sirve para la conservación del medio natural, existiendo hasta 120.000 lugares a escala mundial con alguna categoría de protección. El 69% se encuentran en la Unión Europea y, en España, -considerando la Red Natura 2000- aproximadamente el 28% de nuestro territorio se encuentra bajo alguna figura legal de protección de la naturaleza, un territorio que contiene una muestra significativa de los paisajes, ecosistemas y especies más representativos y más valiosos.

En concreto, en la comunidad de Castilla-La Mancha se catalogan como aquellas partes del territorio, incluidas las aguas continentales, que, conteniendo recursos naturales sobresalientes o de especial interés, han sido declarados protegidos de acuerdo con lo establecido en la Ley 9/1999 de, 26 de mayo, de Conservación de la Naturaleza. Nuestra región cuenta actualmente con un total de 110 Espacios Naturales Protegidos, ocupando una superficie total de 580.894 hectáreas: 2 parques nacionales, 7 parques naturales, 22 reservas naturales, 6 reservas fluviales, 24 monumentos naturales, 48 microrreservas y 1 paisaje protegido.

En los últimos años, el proceso de abandono de las actividades tradicionales, los cambios de uso del suelo y la urbanización en algunos casos, es con mucho el factor principal de cambio que está operando sobre estos ecosistemas. Superpuesto a este proceso acelerado de cambio en el uso del suelo y los recursos, se encuentra el cambio climático.

Gran parte de los espacios protegidos de Castilla-La Mancha se corresponden con zonas inundables o sectores con un alto valor ecológico por la humedad que presentan frente al resto de lugares de la región (humedales, lagunas, bohonales, lavajos, etc.), siendo precisamente este hecho el motivo por el que tienen un gran valor natural.

El acuífero 23, el más grande de Europa, con 150 km de largo, 50 km de ancho y 70 metros de profundidad, alimenta al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y sufre desde las últimas décadas una enorme inestabilidad hidrológica, en un primer momento, por la sobreexplotación, usado para abastecer gran parte del regadío de la región, y recientemente agravado por los efectos del cambio climático. Así mismo, gran cantidad de bonales que se encuentran, sobre todo al oeste de Ciudad Real, y diferentes complejos



Imagen 1: Parque Nacional de Cabañeros. Septiembre de 2017, durante la sequía. Autor: JGC

lagunares que se distribuyen por la región, han ido sufriendo estos cambios en los últimos años; todos ellos acusados por el aumento de las temperaturas y la falta de lluvias.

En las lagunas y sistemas fluvio-lacustres, hay un gran número de espacios naturales protegidos, donde sus posibilidades de conservación se verán limitadas por una mayor vulnerabilidad. Estos espacios son en su mayoría de reducido tamaño, reconocidos bajo numerosas figuras de protección, en la que abunda la Reserva Natural, pero también bajo Reservas Fluviales, Microrreservas, Monumentos Naturales e incluso el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, que antes se mencionaba. Debido al cambio climático, en términos generales, se prevé que habrá dificultades para adquirir buenos las mismas características hidrológicas en las lagunas y en los cursos fluviales, por lo que será necesario establecer enclaves de refugio, para poder proteger algunos de los tipos de hábitats más sensibles.

Respecto a los espacios naturales situados en **zonas montañosas**, la evolución de los efectos del cambio climático, no parece tan obvia, ya que no se producen siempre cambios visibles a simple vista, y por lo general, estos necesitan un mayor periodo de tiempo para transformar el ecosistema, pero lo cierto es que el clima que caracteriza a estas zonas ha ido cambiando, la temperatura media es mayor, y las precipitaciones son en algunos casos menores. Un claro ejemplo se aprecia en el Hayedo de Tejera Negra, en la Sierra Norte de Guadalajara, donde las hayas presentan cada vez más sequedad debido a los cambios en sus condiciones microclimáticas.

En suma, dentro de la región se pueden nombrar varios ejemplos constatados de la influencia que está teniendo en la actualidad el cambio climático, estos se dan en:

Zonas húmedas:

En la actualidad, el Parque Nacional las Tablas de Daimiel (Ciudad Real), es una de las zonas protegidas más importantes de Castilla-La Mancha. Tiene un total de 2.000 hectáreas potenciales de agua, sin embargo, en el mes de noviembre de 2017 contó con 500 hectáreas encharcadas. Esto se debe fundamentalmente al gran periodo de sequía -3 años secos consecutivos- que se padece tanto en Castilla-La Mancha como en el resto de España (extrapolable a otras zonas). Aunque estos efectos llevan sucediendo desde hace varios años atrás, durante las últimas décadas, estos últimos años han sido especialmente problemáticos, agravados por el cambio climático y sometidos a altas temperaturas -por encima de 30ºC durante buena parte del otoño- provocando una elevada evaporación.

Caso semejante el del Parque Natural de las Lagunas de Ruidera (Ciudad Real y Albacete), donde la disminución de los caudales en los cursos de agua conlleva una reducción de la disponibilidad de recursos hídricos durante tiempo prolongado, siendo uno de los ecosistemas acuáticos más afectados. Consecuencias: mortalidad de peces por falta de oxígeno en ocasiones extremas; proliferación de especies invasoras y algas, alterando la composición, número y diversidad de las especies.

Estos efectos son aplicables a buena parte de las zonas húmedas de la región, donde se prevé que haya dificultades para que humedales y lagunas sigan con el mismo modelo hidrológico. Los efectos tenderán a aumentar y multiplicarse en los próximos años a causa del agravamiento de cambio climático, reduciendo así su riqueza ecológica.



Imagen 2: Las Tablas de Daimiel durante una de sus sequías. Fuente: JCCM

Zonas de montaña:

Las zonas montañosas de Castilla-La Mancha también se caracterizan por su alto valor ecológico, por lo que existen gran cantidad de espacios naturales protegidos que se corresponden con estos sectores.

En Cabañeros (Ciudad Real y Toledo) y en el Alto Tajo (Guadalajara y Cuenca), hay estudios que constatan que la encina gana terreno en los bosques mediterráneos frente al retroceso del quejigo, la sabina o el pino negral. Así mismo, se ha podido comprobar que el águila perdicera está entre las especies animales más perjudicadas, por la letal combinación del cambio climático y el abandono rural, que dan lugar a que cada vez haya menos cultivos y áreas asociadas de donde puedan obtener su alimento: conejos y perdices.

En las zonas de montaña, los distintos termotipos de clima que se dan, irán cambiando hasta finalmente transformarse en un clima mesomediterráneo, lo que causa una reducción de los bosques caducifolios, como los quejigares y los robledales y, por tanto, la expansión de especies xerófilas (adaptadas al medio seco). Además, también se está manifestando una disminución en la superficie de pastizales verdes, turberas y trampales.

Según los escenarios propuestos por el Observatorio de la Sostenibilidad en España, durante la próxima década, más del 50% de los espacios protegidos sufrirán de forma importante los efectos del cambio climático, aumentando su aridez. Los espacios naturales ubicados bajo condiciones templado-frías o eurosiberianas experimentarán un cambio que los acercará hacia las condiciones mediterráneas. Por el contrario, los espacios naturales de clima mediterráneo podrán soportar condiciones de aridez y temperatura desconocidas actualmente en la península. Además, se prevén cambios en el área de distribución de muchas especies y de los patrones de diversidad, debido a los cambios en la distribución de los nichos climáticos.

Impactos del cambio climático en la fauna*

**En primer lugar, para contextualizar, resulta interesante echar un vistazo a las especies cinegéticas: palomas, tórtolas, codornices y zorzales, están viendo afectada su fenología, lo que al mismo tiempo afecta a su biología y conservación. Uno de los motivos por los que se incluyen en este capítulo es por la gran cantidad de estudios que hay sobre este asunto y que resultan de interés no por ser especies cinegéticas, sino al ser consideradas especies silvestres*:

A través de la tabla 1 se pueden ver los cambios -que previsiblemente irán en aumento- y las consecuencias sobre las siguientes especies cinegéticas migratorias:

Otras especies como el conejo, la perdiz y la liebre, tendrán cambios previsibles en relación con la fenología reproductiva (Tabla 2.).

Continuando con las especies cinegéticas, y más concretamente con las aves, el aumento de temperaturas origina un aumento de poblaciones de parásitos, que hará que suba la incidencia de enfermedades en muchas especies faunísticas -especialmente aquellas avícolas-, hecho agravado por la disminución del número de heladas (que hacen de filtro protegiendo a la fauna y eliminando ciertas especies parasitarias por su baja resistencia al frío, dificultando su propagación). Estos parásitos afectan a la reproducción y condición corporal de las aves, entre otros. Además, otras enfermedades que transmiten estos vectores a las especies cinegéticas son: la mixomatosis (fundamentalmente al conejo); la peste porcina africana; la viruela aviar, la lengua azul, la tularemia, y distintas parasitosis; o la zoonosis, incluye la fiebre del Nilo que ya se ha visto en Castilla-La Mancha. (Tabla 3).

Aunque estos impactos descritos hacen referencia a especies catalogadas como "cinegéticas", es importante que se considere que habitan el medio natural como cualquier otra, y también forman parte del ecosistema y de la cadena trófica en distintos niveles, por lo que es importante entender estos impactos no sólo por su impacto en la caza, sino también en el medio natural.

Tabla 1

ESPECIES	TENDENCIA EN C-L M	CAMBIOS PREVISIBLES	CONSECUENCIAS
Paloma torcaz (Columba palumbus)	Aumento del número de especies reproductoras e invernantes	Se adelantará la migración de retorno en primavera. Durante el invierno habrá más concentración de estas aves en dormideros y en áreas que tenga acceso a agua y alimento.	La caza se adelantará en contrapasa. Habrá mayor concentración durante el invierno. Riesgos sanitarios. Sensible a conservación de dormideros.
Tórtola común (Streptopelia decaocto)	Se halla en proceso de regresión	Su aprovechamiento se reducirá paulatinamente. Las fechas de migración se verán modificadas (se adelantará la migración postnupcial).	Las Órdenes de Vedas se irán adaptando, con tendencia a excluirse de la lista de especies cazables.
Codorniz (Coturnix coturnix)	Es desconocida	Recurso con fluctuaciones interanuales impredecibles. Es sensible a las fechas de cultivo y cosecha. Los desplazamientos aumentarán. Se adelantará su llegada desde África.	El aprovechamiento cinegético será menor a causa de su impredecibilidad. Mayor vulnerabilidad y necesidad de gestión. Las sueltas de híbridos de granja tenderán a aumentar.
Zorzales (Turdus sp)	Es desconocida	Las fechas de migración se verán modificadas (se adelantará el retorno prenupcial). Hay una gran posibilidad de que se incrementen estas aves en el norte de Europa, con la reducción de invernantes ibéricos.	Adelanto de la caza en contrapasa.

Tabla 2

ESPECIES	TENDENCIA EN Castilla-La Mancha	CAMBIOS PREVISIBLES	CONSECUENCIAS
Perdiz roja (Alectoris rufa)	Es desconocida (velada por sueltas masivas)	Se adelantará y acortará la época de cría. La producción natural será menor y más variable entre años. Incrementará la dependencia de sueltas de perdiz de granja. Se utilizarán más comederos, bebederos, tratamientos sanitarios y control de depredadores de manera artificial	Mayor introgresión de perdices alóctonas, pérdida de variabilidad genética. Habrá mayor número de riesgos sanitarios debido a mayor agregación y por expansión de enfermedades y vectores. Abuso de antibióticos. Repercusiones acerca de la conservación de predadores
Conejo (Oryctolagus cuniculus)	Incrementará en agrosistemas de hábitat favorable, estable o en regresión en hábitats menos favorables.	Los conflictos por daños aumentarán localmente. Mejora local a la hora de disponer de presas para predadores amenazados. Probabilidad de que se ocasionen efectos negativos de periodos de sequía.	Será imprescindible ajustar cupos y temporadas de caza a la nueva realidad. Este ajuste deberá emplearse correctamente a la situación local y a las circunstancias de cada temporada.
Liebre ibérica (Lepus granatensis)	Es desconocida	Debido a las variaciones en los recursos tróficos se producirán fluctuaciones interanuales.	Será necesario ajustar de manera anual los cupos de caza.

En cuanto a las principales consecuencias sobre la **fauna silvestre** han de tenerse en cuenta los cambios en los ecosistemas: variaciones geográficas y altitudinales, cambios en la estacionalidad y tasas de disturbios, cambios en la composición de especies y rápido aumento de especies invasoras. Interacciónes entre especies: los impactos en las especies silvestres incluyen cambios en la distribución, abundancia e interacciónes entre especies; por ejemplo, variación fenológica y desajustes en el calendario de las especies. Los incendios forestales, las sequías cada vez más severas, el desecamiento de bosques antes húmedos y la interferencia y presiones antrópicas hacen que aumente la frecuencia y el daño a los ecosistemas poco adaptados a este tipo de eventos y por lo tanto se producen desplazamientos en la fauna. Por otro lado, tanto la fauna silvestre se ve afectada por el surgimiento y dispersión de patógenos debido a los cambios en el clima, el paisaje y los ecosistemas.

Tabla 3

ENFERMEDAD	ESPECIES AFECTADAS EN Castilla-La Mancha	EPIDEMOLOGÍA	CAMBIOS PREVISIBLES	CONSECUENCIAS
Enfermedades transmitidas por garrapatas	Todas las especies faunísticas vertebradas por relevancia de zoonosis más que por efectos directos	La abundancia y distribución de las garrapatas viene ocasionada por la de sus hospedadores y por factores como humedad y temperatura. Los inviernos suaves facilitan explosiones demográficas de garrapatas	Aumento en las prevalencias de enfermedades que ya existen (piroplasmosis, anaplasmosis y rickettsiosis, etc.). Posible riesgo de que surjan nuevas enfermedades (fiebre hemorrágica de Crimen-Congo). Incremento del abuso de acaricidas en las fincas de caza.	Se aumentará el número de casos de animales enfermos por garrapatas y en determinadas ocasiones las personas
Fiebre del Nilo y otros flavivirus transmitidos por mosquitos	Varias (aves en fiebre del Nilo,)	El que perdure la enfermedad depende de las poblaciones de vectores (y por tanto de humedad y temperatura) y de los hospedadores.	Aumento del número de casos diagnosticados, tanto en animales como en personas. Posibilidad de que haya riesgo de fiebre del Valle del Rift.	Zoonosis, posibles repercusiones para que se conserven las especies amenaza
Parasitación por protozoos flagelados	Las aves	Que se trasmita esta enfermedad depende de la temperatura ambiental y se facilita en el entorno de los bebederos	Incremento de la importancia de estas Parasitosis como consecuencia del mayor uso de bebederos.	Pérdidas económicas en caza. Riesgos por residuos de tratamientos.
Enfermedades víricas del conejo	Los conejos	La mixomatosis proviene de la humedad y de la temperatura, EHC de factores estresantes e inmunidad poblacional.	No hay cambios previsibles.	
Viruela aviar	La perdiz roja y otras aves	Es transmitida por mosquitos, y también depende de la humedad y la temperatura	Aumento de prevalencias	Probabilidad de que ocurran efectos sobre los rendimientos cinegéticos en perdiz natural

Asegurar el manejo de la vida silvestre en medio de muchas otras preocupaciones resultantes del cambio climático constituye un desafío mayor. El concepto de "privilegiar" la conservación de la biodiversidad debe ser aplicado de manera consistente y cuidadosa, es algo que no ha de olvidarse nunca de cara a la planificación.

Un hecho importante asociado al cambio climático y también trascendental para la fauna es la sequía. En nuestra región de estudio, al igual que en otras zonas de la península, ocasionan una disminución en la abundancia y calidad del agua. Su principal consecuencia es la agrupación de la fauna en torno a fuentes o zonas húmedas Esto incrementa el contagio de enfermedades, que unido a la mala calidad de las aguas en dichos puntos, pueden producir daños muy graves y de difícil recuperación en la fauna silvestre.

También existen posibles efectos indirectos del cambio climático, como ocurre con las aves acuáticas en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. El número de parejas de patos nidificantes está relacionado con el área inundada. Por tanto, si el cambio climático da como resultado una menor precipitación - por disminución de la pluviosidad- o una mayor evapotranspiración -por aumento de la temperatura-, el área inundada disminuirá y, con ella, el número de patos nidificantes y, a consecuencia de ello, el número de crías.

Cambios en la vegetación

El cambio climático produce cambios en los periodos vitales de las plantas como la salida y caída de las hojas, y adelanta la floración y la fructificación en multitud de especies. Esta actividad prematura de las plantas hace que estén en peligro a causa de las heladas tardías, tan frecuentes actualmente y en las que la primavera de 2018 ha sido un claro ejemplo. Las respuestas de tipo heterogéneo que se dan al cambio climático, pueden ocasionar desincronizaciones en las relaciones entre las especies: entre las plantas y sus polinizadores o entre las plantas y sus herbívoros, provocando modificaciones en la estructura de las comunidades y alterando así el ecosistema.

Los bosques han ido quedando relegados a las montañas, que ocupan fundamentalmente una orla en nuestra región y las cadenas intermedias de esta como son los Montes de Toledo. Hay excepciones entre las que destacan los encinares de La Mancha, los pinares de pino piñonero de la Manchuela, los sabinares del Campo de Montiel y los bosques galería de las riberas de nuestros ríos. A pesar de haber perdido terreno, los bosques siguen siendo el lugar donde se desarrollan los procesos ecológicos claves para garantizar el mantenimiento de la vida y de la conservación de la naturaleza.

Las todavía extensas áreas forestales, suponen un freno ante el cambio climático y al avance de la desertificación. Así, producen un aumento de la infiltración del agua de lluvia y regulación de caudales, freno de la erosión, incremento de la biodiversidad, refugio y alimento para la fauna, lucha contra el cambio climático y diversificación del paisaje rural. Estas funciones pueden potenciarse mediante la recuperación de enclaves forestales en zonas agrícolas. De estos beneficios ambientales generados por los bosques, y por los montes en general, se hacen partícipes los terrenos de cultivo en ellos enclavados o bien situados aguas abajo del monte que los protege.

La dehesa es un exponente de la conjunción entre lo agrícola, lo forestal y lo ganadero. Así las tierras de labor, la leña que dan los resalveos y podas de las encinas y otros *Quercus*, las bellotas y pastos que alimentan al ganado y el refugio contra las heladas en invierno y contra el sol del estío conviven en armonía formando un ecosistema y estable propiciado por mano del hombre desde la antigüedad. Su belleza paisajística es una de las piezas claves del escenario mediterráneo.

Chopos y nogales son un ejemplo de árboles que están a caballo entre lo forestal y lo agrícola. Los primeros, aprovechados a turnos cortos de entre 10 y 15 años y los segundos a turnos más largos, vegetan sobre suelos húmedos en los sotos de los ríos o bien en vegas con regadío.

La agricultura también contribuye a lo forestal: los bancales enclavados en el monte son una discontinuidad para la propagación de los incendios forestales y facilitan su extinción. La estructura en mosaico se ha demostrado eficaz como defensa pasiva ante el peligro de los incendios forestales, hoy en día el principal peligro que los amenaza.

Las vías pecuarias, bienes de dominio público, por su gran longitud, constituyen pasillos que interconectan distintas áreas de distribución de especies animales y vegetales, agrícolas y forestales, con una gran importancia para la conservación de la biodiversidad.

Se observan ya modificaciones entre especies vegetales, que unen a especies que antes apenas se relacionaban entre sí. Algunas plagas termófilas como la *procesionaria del pino* pueden extenderse en altitud y conseguir poblaciones que jamás antes se habían visto perjudicadas por ella, como ya está sucediendo con otras poblaciones de pino silvestre en la zona de Sierra Nevada (al sur de nuestra región y mayores altitudes), que se ven más afectados por los ataques de procesionaria que por las consecuencias directas del propio cambio climático. Este hecho ya se ha observado en la Serranía de Cuenca durante el mes de diciembre del año 2017 con un fortísimo impacto debido a lo mucho que tardaron en llegar las heladas.

Las especies invasoras, que son especies exóticas incluidas de manera voluntaria o involuntaria por la acción humana, tienen la capacidad de conservar sus poblaciones, expandirse y modificar procesos ecosistémicos clave como la productividad, los ciclos biogenéticos, la regeneración o la dinámica natural. Debido al cambio climático, se produce un recrudecimiento de las invasiones, favorable a este tipo de especies con una plasticidad fenotípica mayor que las autóctonas con las que coexisten.

La sequía y los extremos climáticos ya están comenzando a ocasionar cambios en las comunidades vegetales que no se pueden desplazar ni de forma altitudinal o latitudinal produciendo la extinción local de las especies peor adaptadas. Otra cuestión que afecta negativamente en la productividad primaria de las especies vegetales es el aumento de la aridez y la temperatura, que al mismo tiempo producirá que se sustituyan dichas especies por otras que resistan mejor las nuevas condiciones del clima.

Algunos ejemplos de hechos constatados en Castilla-La Mancha:

En la región del Alto Tajo, se ha descrito un área bioclimática diferenciada de las circundantes, con elementos de flora y fauna de invertebrados (moluscos, carábidos, isópodos) de carácter centroeuropeo que podría desaparecer. (Ramos 1985, Serrano 1984). Ya hace 30 años existían evidencias de que, en caso de producirse un fenómeno de este tipo, que afectase a la distribución e intensidad de precipitaciones y temperaturas, traería consecuencias irreversibles a priori.

En más de 60 bosques de coníferas estudiados a lo largo de la mitad este peninsular la mayoría de las variables dendrocronológicas presentaron una variabilidad creciente durante la segunda mitad del siglo XX, reflejando el aumento de la variabilidad climática y de la frecuencia de eventos extremos. (Tardif et al. 2003, Camarero y Gutiérrez 2004).

La temporada de floración de algunas especies de *Quercus* 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, con primaveras cada vez más cálidas tal y como veíamos en el capítulo 1. Se constata el adelanto en la floración en la estación polínica en las localidades del interior peninsular. (Clave mapa: PEN001 García-Mozo et al. 2002. García-Mozo et al. 2006).

El pino carrasco (*Pinus halepensis*) puede verse favorecido, al menos en la mitad oriental peninsular, puesto que soporta relativamente bien los climas semiáridos. En bosques de estas especies situados en zonas áridas de la región mediterránea se ha observado un mayor estrés hídrico que en áreas más favorables, lo que afecta negativamente al crecimiento (Vicente-Serrano et al. 2010).

Uno de los principales grupos de plantas mediterráneas perjudicados son los esclerófilos lauroides relictos. A su vez, como consecuencia de estos cambios, podrían desplazarse los límites de especies de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* entre otros, así como otras especies forestales que se encuentran en su límite climático (condiciones de temperatura y humedad críticas para este tipo de especies).

Para Castilla-La Mancha -y extrapolable a escala estatal- el cambio climático incide en nuestros bosques y, en definitiva, en la biodiversidad, de diversas formas:

- La foliación se adelanta y la caída de la hoja se retrasa en varias especies arbóreas.
- Se producen defoliaciones, disminuye el crecimiento de algunas especies vegetales y se incrementa el número de defunciones.
- Se traslada de forma altitudinal las especies vegetales leñosas y lepidópteros.
- Se ponen en marcha nuevas interacciónes bióticas negativas para numerosas especies.

He aquí algún ejemplo de los fenómenos que pueden observarse ya en la región:

Resulta fundamental estudiar la vulnerabilidad de las especies vegetales y los ecosistemas para conocer mejor las alteraciones que propicia el cambio climático y poder prever consecuencias futuras para crear nuevas estrategias de gestión adecuadas a la adaptación. Algunas vulnerabilidades que se están experimentando son:

Tabla 4

IMPACTO	FACTOR CLIMÁTICO	MOTORES DE CAMBIO ADICIONALES	INTERACCIÓNES BIÓTICAS
Plaga forestal: La caída de las hojas de las especies vegetales y reducciones en el crecimiento en bosques meridionales de pino silvestre, ocasionadas por la procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa).	Se produce y producirá un aumento significativo de las temperaturas	No se sabe cuáles serán los motores que ocasionarán cambios adicionales	El aumento de las temperaturas en invierno permite que haya una mejor supervivencia de las larvas de la procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa).
Decaimiento forestal: Defoliación y reducción en el crecimiento en repoblaciones de pino silvestre y pino laricio en Castilla-La Mancha.	Aumento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones de primavera.	Modificaciones en la gestión forestal.	Alta densidad: competencia por los recursos hídricos.

Tabla 5

VULNERABILIDAD	FACTOR CLIMÁTICO	MOTORES DE CAMBIO ADICIONALES	INTERACCIÓNES BIÓTICAS
Aumento de la incidencia procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa)	Subida de la temperaturas.	Modificaciones en la gestión forestal	Hábitat adecuado que da la posibilidad de a la propagación de la procesionaria: masas forestales densas y coetáneas
Incremento del número de muertes en bosques ibéricos.	Aumento de las temperaturas y de la aridez.	Transformaciones en la gestión forestal	Elevada densidad: competencia por los recursos hídricos.
Caída de las hojas, disminución en el crecimiento y la regeneración, e incremento de la mortalidad en poblaciones de pino silvestre.	Incremento de la temperatura y eventos de sequía extrema.	Cambios en la gestión forestal	Muy alta densidad: competencia por los recursos hídricos. Planta parásita: muérdago Hongo patógeno: Onnia tomentosa.
Defoliaciones y reducciones en el crecimiento en bosques de pino silvestre relacionadas con el parasitismo del muérdago y su interacción con las sequías.	Subida de las temperaturas en invierno. Aumento en la frecuencia y severidad de sequía extremas.	No hay motores de cambios	Planta parásita: muérdago
Reducciones de efectivos en poblaciones relictas de especies arbóreas.	Incremento de las temperaturas y la aridez	Cambios en el uso del suelo: transformación del paisaje.	Modificaciones en las interacciónes bióticas: plagas y patógenos

Por todos estos hechos, resulta imprescindible llevar a cabo unas medidas adecuadas para tratar de reducir los graves impactos del cambio climático en el medio natural. En resumen, existen un gran número de endemismos que pueden perderse, lo que supone una pérdida del valor ecológico, con impacto a escala mundial, como ocurre con las aves puesto que estos lugares sirven de ruta migratoria. Es importante contemplar además el impacto económico que tiene en zonas rurales que utilizan el medio natural y la fauna como atractivo y reclamo turístico, mermando sus posibilidades, además de actividades agrosilvopastoriles que se están viendo perjudicadas.

También los cultivos leñosos juegan un papel importante en la lucha contra el calentamiento global por sus largos ciclos vegetativos que hacen efecto sumidero al absorber CO_2 durante más tiempo. Castilla-La Mancha, con unas 450.000 hectáreas de viña y alrededor de 420.000 h de olivar, es una fuente importante de este tipo de cultivos. Frente a las herbáceas, las plantas leñosas como el olivo, la viña, el pistachero, el almendro o las encinas fijan por más tiempo el CO_2, un secuestro que es capaz de frenar la escalada de emisiones de este gas, tal y como están evidenciando en el hemisferio norte con el incremento de bosques y con la propia acción de los océanos.

Como respuestas al cambio climático resulta importante un constante mantenimiento de los ecosistemas existentes. Esto es de gran importancia particularmente donde están razonablemente intactos y, por lo tanto, con mayores posibilidades de soportar el cambio climático, puesto que un ecosistema bien conservado en mucho más robusto ante los impactos. Por tanto, una red fuerte y efectiva de áreas protegidas es un elemento fundamental en esta estrategia, como debe plantearse en Castilla-La Mancha.

Referencias

BLANCO-AGUIAR, J.A. (2007) Variación espacial en la biología de la perdiz roja (*Alectoris rufa*): una aproximación multidisciplinar. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

BRAVO, F. (2007): El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático. Fundación Gas Natural.

CAMARERO, J.J., GUTIERREZ, E., (2004): Pace and pattern of recent treeline dynamics: response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. Climatic Change 63, 181–200.

DEMOLIN, G. (1969): Bioecología de la "procesionaria del pino". Incidencia de los factores climáticos. Boletín del Servicio Nacional de Plagas Forestales.

FAO (2013): "La fauna silvestre en un clima cambiante"

GÓMEZ CANTERO, J. (2017): La sequía estropea el cortejo y reproducción de los ciervos en Cabañeros. CMM (artículo de prensa y reportaje).

MORENO, JUAN; GALANTE, EDUARDO Y RAMOS, Mª ÁNGELES (2016): "Impactos sobre la Biodiversidad Animal. Impactos del Cambio Climático en España".

OBSERVATORIO DE LA SOSTENIBILIDAD (2016): "Cambio Climático por Comunidades Autónomas",

OBSERVATORIO DE LA SOSTENIBILIDAD (2016): Evidencias de cambio climático cartografiables sobre la biodiversidad en Castilla-La Mancha

SÁENZ DE BURUAGA, M., CARRANZA, J. (2009): Gestión Cinegética en los Ecosistemas Mediterráneos. Publicaciones Junta de Andalucía. España

TARDIF, J., CAMARERO, J.J., RIBAS, M., GUTIÉRREZ, E., (2003): Spatiotemporal variability in tree growth in the Central Pyrenees: climatic and site influences. Ecological Monographs 73, 241–257.

TELLERÍA, J.L., DÍAZ, J.A., PÉREZ-TRIS, J., SANTOS, T. (2011): Fragmentación de hábitat y biodiversidad en las mesetas ibéricas: una perspectiva a largo plazo. Ecosistemas 20:79-90.

VV.AA. (2015): Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos; Vulnerabilidad y Adaptación en España. Informe de Evaluación. Ministerio de Medio Ambiente, Oficina Española de Cambio Climático y Universidad de Alcalá. 2015

VICENTE-SERRANO SM, BEGUERÍA S, LÓPEZ-MORENO JI, (2010): A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index–SPEI. Journal of Climate.



mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Efectos del cambio climático sobre los montes de Castilla-La Mancha

Francisco Antonio García-Morote [1,2], Eva Rubio [2,3], Eduardo Martínez-García [2], Heli Miettinen [2] y Manuela Andrés-Abellán [1,2], Marta Isabel Picazo Córdoba[2], Francisco Ramón López-Serrano [1,2]

[1] Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Departamento de ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética. Campus Universitario s/n. 02071. Albacete

[2] Instituto de Investigación en Energías Renovables. Sección de Medio Ambiente. Grupo de Investigación "Medio Ambiente y Recursos Forestales" (https://www.uclm.es/centros-investigacion/ier/medioam). Campus Universitario s/n. 02071. Albacete.

[3] Escuela de Ingenieros Industriales. Departamento de Física Aplicada. Campus Universitario s/n. 02071. Albacete

Introducción

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de la ONU (*IPCC, 2007*) realizó predicciones sobre los impactos que produciría el Cambio Climático a nivel global, resultando que España sufrirá de forma especialmente severa sus efectos, afectando en gran medida a la biodiversidad de sus ecosistemas. Además, las predicciones pronostican los efectos más importantes en los ecosistemas mediterráneos, dentro de los que se encuentran biogeográficamente la práctica totalidad de los montes de Castilla-La Mancha. Las consecuencias esperables debidas al Cambio Climático son amplias, incluyendo simultáneamente un impacto social (Cambio Global). Un análisis de las causas y efectos de este Cambio Global puede encontrarse en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio en España (*EME, 2011*). En la actualidad, se empiezan a constatar los primeros impactos producidos en nuestros bosques por el Cambio Climático, observándose una clara tendencia a la ralentización de algunos de sus procesos vitales, así como una limitación en su papel clave en el balance de C. En este capítulo se describen algunas situaciones ya constatadas de algunos de los efectos más importantes del Cambio Climático en los bosques castellano-manchegos, al tiempo que se revisan sus principales amenazas y su vulnerabilidad. Por último, se proponen algunas estrategias de gestión sostenible y de restauración forestal, que podrían llevarse a cabo para reducir lo posible dichos impactos, adaptando en mejor medida a las masas forestales frente al nuevo escenario climático.

Impactos observados del cambio climático en montes de Castilla-La Mancha

Reducción del crecimiento y productividad: limitación de la capacidad de fijar c de los bosques

En investigaciones que está llevando a cabo la UCLM, dentro del marco del Proyecto de Investigación *FORESTRENGTH (2014-2017),* financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, en las que se simula una reducción de la precipitación del 33% en masas de *Pinus halepensis* y *Pinus nigra* de las Sierras de Segura y Serranía de Cuenca, respectivamente, se observa una reducción significativa del crecimiento en perímetro del tronco de pies del género *Pinus*, fundamentalmente en episodios de sequía extrema, como la habida en el año 2017. La evolución del perímetro del tronco del árbol a lo largo del tiempo está siendo registrada mediante medidores automáticos instalados en el tronco del árbol (registradores de medidas de perímetro del tronco DRL26C® de EMS Brno (Environmental Measuring System, Brno, Czech Republic; Figuras 1 y 2).

Los primeros datos apuntan a un significativo descenso en el perímetro del árbol en pies sometidos a restricción hídrica (Figura 2). La medición del incremento del tronco es una herramienta bastante eficiente

para obtener información sobre crecimiento y estrés hídrico del árbol. El impacto de un déficit hídrico severo sobre la fisiología del árbol limitará la capacidad del monte castellano-manchego como sumidero de C, y por tanto su potencialidad para reducir el exceso de CO_2 atmosférico. En efecto, una menor disponibilidad hídrica debido a los episodios de estrés hídrico repercute en que la actividad fotosintética sea menor, aumentándose la respiración necesaria para poder metabolizar las reservas acumuladas y poder combatir los efectos de la falta de agua. En masas forestales estresadas de manera severa, se podría llegar al punto de que el bosque castellano-manchego podría pasar de ser sumidero de C, a emisor neto de CO_2 en algunos periodos de su ciclo de actividad.

Los primeros resultados nos indican que la reducción de crecimiento en el tronco es más acusada en los sistemas forestales más vulnerables, aquellos con especies menos xéricas (pinares de *Pinus nigra* en Serranía de Cuenca), con valores de decrecimiento en perímetro en árboles monitorizados de -1,40% para *Pinus nigra*, y de -0,40% para *Pinus halepensis* en la Sierra del Segura (año 2017). El decrecimiento en perímetro de tronco tiene su repercusión en la limitación de la productividad forestal. En este sentido, en masas de *Pinus pinaster* del Sistema Ibérico castellano-manchego, y de las Sierras de Segura-Alcaraz, se ha constatado la no validez de los modelos actuales de estimación de la productividad basados en el índice del sitio, como altura dominante a una determinada edad, pues la altura dominante de las mejores calidades ya no es alcanzada por la masa.



Figura 1.: Medición continua del perímetro del tronco del árbol a lo largo del tiempo mediante un medidor automático DRL26C® de EMS instalado en el tronco del árbol de *Pinus halepensis* Mill. en el M.U.P. nº 92 "La Florida y Tinjarra" (Yeste, Albacete). El árbol monitorizado se encuentra en una parcela de experimentación con un 33% de exclusión de precipitación (el sistema de exclusión de precipitación se observa en el fondo, realizado mediante canalones instalados con la pendiente adecuada).

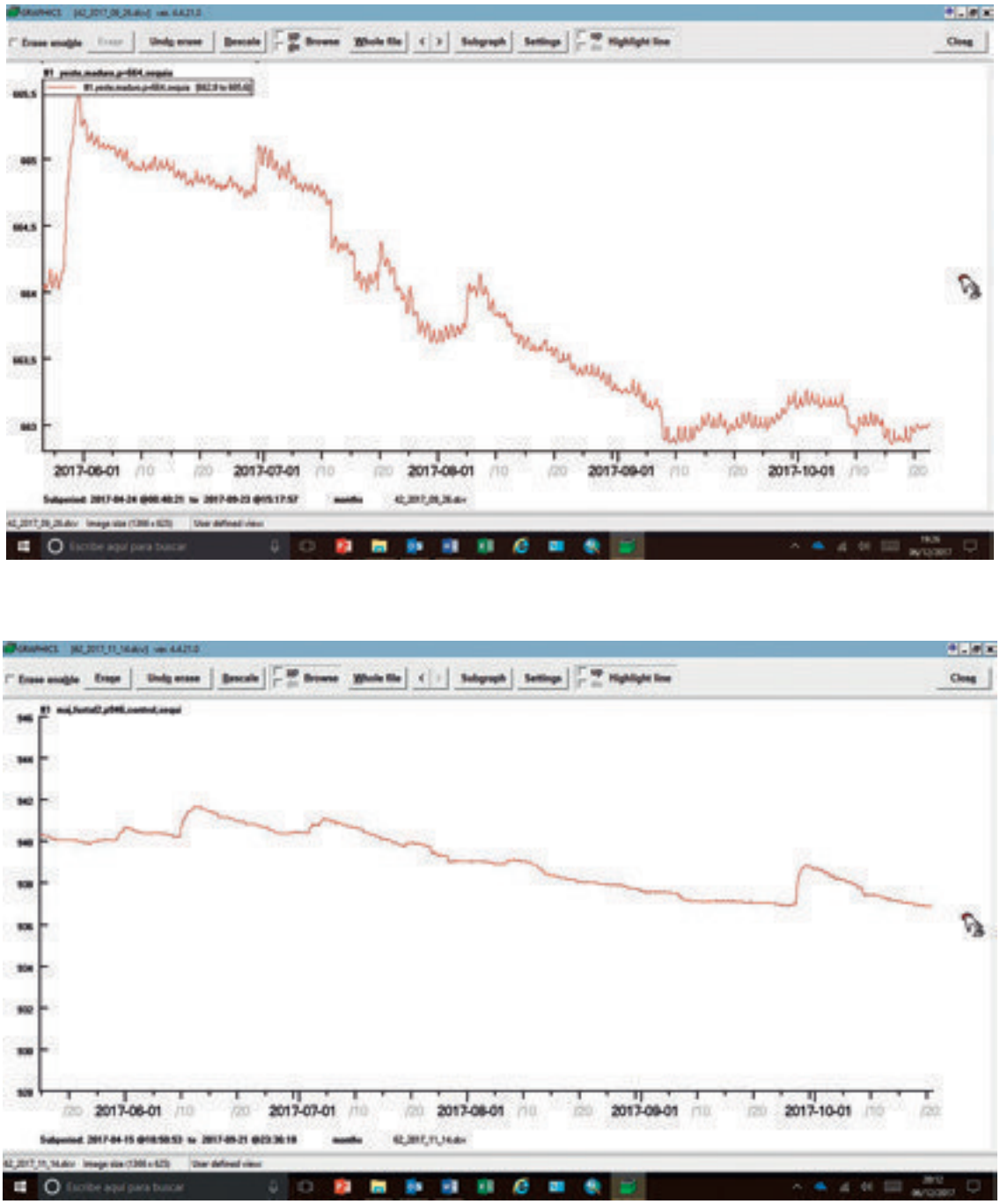


Figura 2.: Mediciones continuas de perímetro del tronco (mm) al nivel normal (1,30 m desde el suelo) registradas con medidor automático DRL26C®, para un árbol adulto (dn=21 cm) de *Pinus halepensis* Mill. en la Sierra del Segura (Yeste, Albacete; arriba), y para un árbol maduro (dn=30 cm) de *Pinus nigra* Arnold de la Serranía de Cuenca (Las Majadas, Cuenca; abajo). Se observa el decrecimiento en perímetro normal experimentado desde principios de junio de 2017 hasta el inicio del otoño, debido al rigor del estrés hídrico.

Debilitación de las masas: decaimiento y mortalidad

Es de esperar que los impactos debidos al estrés hídrico sean mayores en las especies más vulnerables (*Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*) que en las más adaptadas a las sequías (*Pinus pinaster* y *Pinus halepensis*), pero también los impactos se producirán de manera más severa en las zonas biogeográficas más desfavorables (menor precipitación y mayor temperatura), localizadas en el Sureste de Castilla-La Mancha. Este hecho empieza a generar un incremento de la xerofilia de las masas forestales castellano-manchegas.

Los episodios constatados de decaimiento en las especies más vulnerables, con pérdida constante de crecimiento y vigor, pueden desencadenar un aumento de la mortalidad. La debilitación y decaimiento es un problema en gran número de antiguas repoblaciones, pues las especies más vulnerables fueron muy utilizadas en estaciones poco propicias, especialmente *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra.* Estas repoblaciones se encuentran actualmente en algunas localizaciones de sitio no adecuadas, debido al Cambio Climático, y también por la falta de gestión forestal (especialmente en montes privados).

En Castilla-La Mancha, comienzan a ser preocupantes los procesos de decaimiento o "seca" en especies del género *Quercus*, especialmente en los Montes de Toledo. En estas masas existe una mayor predisposición a que los impactos del Cambio Climático sean más severos, debido por una parte a la falta de gestión, y por otra a la existencia de rodales con pies envejecidos. Las sequías estivales de 1994, 2003, y 2005 supusieron el punto de inicio de los procesos de decaimiento, que han sido agravados por las sequías de los años 2016 y 2017. Al decaimiento extremo y mortalidad contribuyen en gran medida agentes patógenos (fundamentalmente hongos), como *Phytophthora cinnamomi*, teniendo como resultado la fosilización del bosque de quercíneas e incluso su desaparición en algunos rodales (Figura 3).



Figura 3.: "Seca" de encina en una masa de los Montes de Toledo (Fuente: JCCM).

Problemas en la regeneración

Se aprecian tendencias que demuestran la dificultad e irregularidad con que se produce la regeneración natural de las coníferas más vulnerables, y en general la fosilización de las masas de *Quercus*. Especialmente en *Pinus nigra* del Sistema Ibérico se observan fructificaciones irregulares, y nunca abundantes, en años consecutivos. La regeneración depende y se ve afectada, además del grado de cobertura suministrada por el estrato arbóreo, de la mayor recurrencia de sequías estivales, la disminución de la precipitación estival, la predación, y el aumento de competencia con las especies herbáceas. Además, el abandono del monte por parte del hombre ha generado un aumento de la carga de especies herbívoras (cérvidos). Una fuerte carga afecta a la regeneración, a causa del ramoneo sobre los árboles jóvenes, y la alteración del suelo (eliminación del estrato orgánico y compactación debido al pisoteo) limitando la probabilidad de germinación de las semillas.

Especialmente incierta es la regeneración forestal en un escenario post-incendio, sobretodo en especies que no están adaptadas al fuego (no resilientes, como *Pinus nigra*). En incendios ocurridos en masas de *Pinus nigra* de Castilla-La Mancha, como el de Las Majadas (Cuenca) de julio de 2009, la regeneración de esta conífera es prácticamente inexistente (Figura 4). En estos casos, la dinámica post incendio puede derivar en la sustitución de especies de media sombra, por otras heliófilas y mejor adaptadas a los incendios, como pudieran ser *Pinus halepensis* o *Pinus pinaster*.

No obstante, los problemas de regeneración también se empiezan a producir en masas de especies xerófilas y más resilientes, como *Pinus halepensis*, debido a una mayor intensidad y duración de las sequias estivales en ombroclima semiárido (Sureste de Castilla-La Mancha), como las acaecidas los años 2016 y 2017. Es el caso de algunos rodales de los montes incendiados en la Sierra de los Donceles (julio de 2012). La elevada competencia con las especies del matorral serial, así como la falta de lluvia otoñal, están desencadenando una alta mortalidad en pies de regenerado de *Pinus halepensis* Mill. (Figura 5).

En el incendio de la Sierra de los Donceles, es reseñable la altísima densidad de regenerado de pino carrasco observada en la primera primavera tras el incendio, con un valor medio de 80.306 pies/ha (correspondientes a 111.458 pies/ha en umbrías, y 49.153 pies/ha en solanas). No obstante, la mortalidad posterior es muy elevada, reduciéndose paulatinamente el número de pies de regenerado de



Figura 4.: Rodal del M.U.P. nº 133 "Ensanche de Las Majadas" (Cuenca) afectado por el incendio de julio de 2009. Se aprecia una total ausencia de regeneración de *Pinus nigra (*especie no resiliente).



Figura 4.: Rodal del M.U.P. nº 133 "Ensanche de Las Majadas" (Cuenca) afectado por el incendio de julio de 2009. Se aprecia una total ausencia de regeneración de *Pinus nigra (*especie no resiliente).

pino hasta los 1.597 pies/ha en 2017, siendo la media en umbrías significativamente superior, 3.903 pies/ha frente a 2.750 pies/ha en solanas, situación en la que la vulnerabilidad del regenerado de pino carrasco se está evidenciando ser mayor (Figura 6).

Aumento de la frecuencia e intensidad de grandes incendios forestales

Los grandes incendios forestales, aquellos cuya superficie es superior a 500 ha, son cada vez más frecuentes en Castilla-La Mancha. El número de grandes incendios forestales que ha sufrido Castilla-La Mancha entre los años 2001-2015 es superior a la media española, según los datos del informe "Dónde arden nuestros bosques" de WWF España, donde se aportan un total de 53.225 ha quemadas en todo el periodo, la mayor parte de ellas (55%) en grandes incendios forestales. Destacan las 10.352 ha quemadas en el incendio de Guadalajara (julio 2005), 1.200 ha en Uña-Las Majadas, y 1.870 ha en Poyatos (julio 2009), o 5.466 ha en la Sierra de los Donceles (julio 2012). Muy recientemente, otras 3.200 ha de la Sierra del Segura en Yeste (julio 2017) han sido destruidas por el fuego, afectando a un Espacio Natural Protegido (700 ha quemadas en el Parque Natural de los Calares del Mundo y de la Sima, reservorio de biodiversidad de flora y fauna, causando un impacto severo sobre las poblaciones de fauna y flora que necesitan una mayor conservación en la Sierra del Segura (Figura 7).

Sin duda, el aumento de las temperaturas medias y la reducción de la precipitación que se observan en Castilla-La Mancha, además en periodos más extensos de tiempo, configuran escenarios mucho más favorables para la ignición y propagación del fuego, haciendo más vulnerables a los montes castellano-manchegos. Por ello, se constata un aumento en la frecuencia e intensidad de incendios, debido a la existencia de menor humedad de la vegetación en un mayor intervalo de tiempo, y mayor inflamabilidad del modelo de combustible. Ello deriva en el alargamiento del periodo de máximo riesgo, existiendo una relación positiva entre número de grandes incendios vs. número de días en condiciones extremas. A su vez, el abandono del monte por la escasa rentabilidad de los

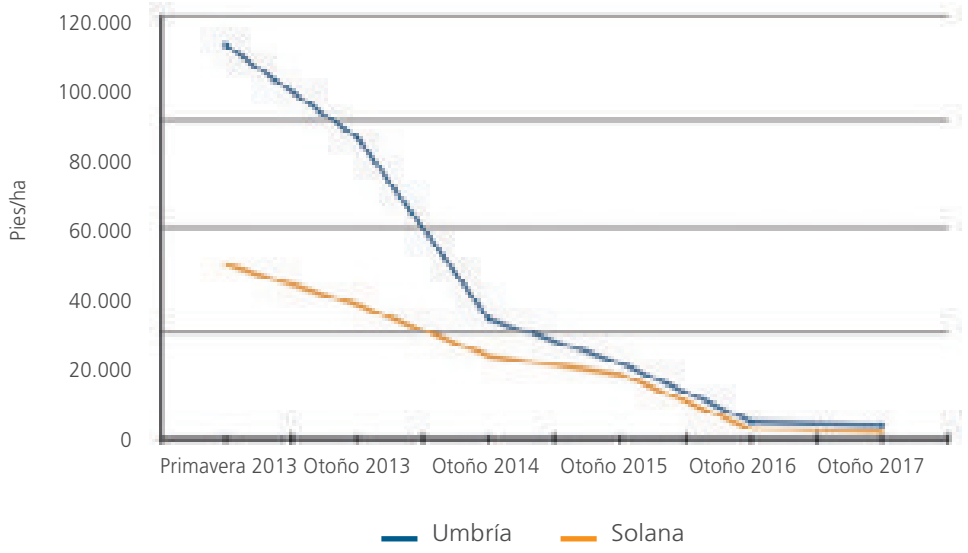


Figura 6.: Variación de la densidad de regenerado de pino carrasco post-incendio (incendio de la Sierra de los Donceles, julio 2012). La intensidad de la sequía de los años 2014 a 2017 ha aumentado la mortalidad del regenerado de manera muy significativa, comprometiendo la regeneración de la masa incendiada en algunos rodales.



Figura 7.: Labores de extinción mediante medios aéreos en el gran incendio forestal de Yeste (Sierra del Segura, Albacete) de julio de 2017 (Fuente: JCCM). Este incendio afectó a unas 700 ha del Parque Natural de los Calares del Mundo y de la Sima, produciéndose un gran impacto sobre montes que albergan una mayor biodiversidad y que es necesario proteger de forma prioritaria.



Figura 8.: Procesos erosivos en un rodal del MUP Grajas (Hellín) tras el incendio de La Sierra de los Donceles de Julio de 2012. Es posible la creación de barreras de retención del suelo con el arbolado muerto (fajinas o pilas de ramas), para disminuir la erosión.

productos forestales pudiera favorecer la magnitud de los incendios, debido a la mayor acumulación de combustible. El aumento del uso y actividades recreativas constatado, contribuirán a aumentar el riesgo de incendios forestales. Por todo lo anterior, resulta fundamental impulsar la gestión forestal sostenible en Castilla-La Mancha, tanto en productos consuntivos como en el aprovechamiento no consuntivo de forma planificada.

Aumento de los procesos erosivos

Se está constatando un aumento de la intensidad de los aguaceros, debido a la mayor irregularidad climática, lo que supone un aumento de la torrencialidad y de los procesos erosivos. Este fenómeno repercute en la pérdida de cubiertas vegetales y, en definitiva, en la pérdida de suelo. Los incendios asociados al monte mediterráneo aceleran el proceso de erosión y pérdida de suelos (Figura 8).

Aplicando el modelo USLE de pérdidas de suelo en un SIG, sobre 5.451 ha correspondientes al incendio de la Sierra de los Donceles, nuestro grupo ha delimitado 397 microcuencas (con superficie media de 16,73 ha), con una tasa de erosión para el total de las microcuencas de 74.079 t/año, equivalente a una erosión media de 13,6 t/ha/año. Del total de microcuencas, 221 (55,7%) presentaron tasas de erosión media mayores a 10 t/ha/año. Según el Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012 del Ministerio de Medio Ambiente, esta tasa media de pérdidas se correspondería con una erosión muy alta, con una vida útil del suelo inferior a 10 años, resultando un rebajamiento anual de suelo de 1,1 mm aproximadamente.

Plagas y enfermedades

Se evidencia la expansión del área de afección de insectos con actividad limitada por frío, lo que genera un aumento en altitud de los ataques de plagas, la aparición de nuevos patógenos, así como la alteración de los ciclos temporales de las especies. La modificación del área de influencia en altitud se está observando en *Thau-*



Figura 9.: Pinar de *Pinus nigra* Arnold. del monte Ensanche de Las Majadas, a 1.400 m.s.n.m., con una altísima defoliación y daños severos en copa debido a la procesionario del pino (noviembre 2017). Daño en tronco de *Ips sexdentatus* B. en un pie de *Pinus pinaster* del Sistema Ibérico.

metopoea pityocampa D. (procesionaria del pino). Dado que el desarrollo larvario se produce en invierno, la mayor duración de periodos con altas temperaturas favorece ataques de plagas, de mayor intensidad y a una mayor altitud. Este impacto ha sido observado por ejemplo en pinares de laricio (*Pinus nigra* Arnold) de la Serranía de Cuenca a 1.400 m.s.n.m., en el otoño-invierno de 2017 (Figura 9), con daños en copas muy severos. Por otra parte, se está observando en los montes de Castilla-La Mancha la aparición de varios ciclos en un año de *Ips sexdentatus* B., sobretodo en masas de *Pinus pinaster* Ait. Estos daños reducen los crecimientos del pinar de rodeno y limitan el papel de esta importante masa forestal mediterránea en la fijación de C.

Tormentas y vendavales (ciclogénesis explosivas)

Se constata una mayor frecuencia de vendavales en los que la velocidad del viento es capaz de causar daños mecánicos al arbolado. Estos fenómenos de "ciclogénesis explosivas" favorecen los efectos negativos del viento en la masa, por daños en copa o llegando a derribar incluso al arbolado, con la siguiente pérdida de productividad de la masa forestal (Figura 10). Los montes castellano-manchegos presentan en este sentido una nueva vulnerabilidad, debido a fenómenos de vientos extremos en las ciclogénesis.

Alteración de las comunidades vegetales

Debido al incremento de la xerofilia, se prevé las sustituciones de especies. Por ejemplo, *Pinus pinaster* por *Pinus pinea* en la Meseta, y *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* por *Pinus pinaster* en el Sistema Ibérico y la Sierra de Segura (eso sí, en donde el tipo de suelo lo permita). La mayor vulnerabilidad de las masas de pino laricio y silvestre podría generar problemas de fragmentación en estas masas, con el consiguien-



Figura 10.: Daños en el monte por derribos de arbolado debido al viento en ciclogénesis explosiva (rachas de 100 km/h) en una masa de *Pinus halepensis* Mill. de la Hoz del Júcar (Albacete), en enero de 2016.

te riesgo de limitación genética y de falta de regeneración. Asimismo, los cambios en los regímenes térmicos y pluviométricos generan cambios en la fenología de las especies, afectando a las fechas de floración y fructificación, así como a la cantidad de frutos y semillas disponibles para la regeneración. Ello puede tener consecuencias muy severas en los ecosistemas forestales, provocando alteraciones en las estructuras de las comunidades vegetales. Este cambio fenológico podría propiciar también hibridaciones, por ejemplo, es el caso de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*, y *Pinus nigra* subsp. *nigricans* var. *austriaca*. Teniendo en cuenta que la subespecie que inicia la floración más temprano, la alóctona, es la que tiene un período de polinización más largo, podría ocurrir que llegasen a solaparse los períodos de polinización de las dos subespecies. En este sentido, deben priorizarse los tratamientos que permitan eliminar las especies exóticas de nuestros montes.

Por otra parte, en los bosques de ribera asociados a los cursos permanentes de los montes castellano-manchegos se está produciendo un desplazamiento de especies debido a la disminución de caudales circulantes, pasando de vegetaciones ripícolas propias de sistemas lóticos o de aguas corrientes, a lénticos o de aguas estancadas, como son la caña y el carrizo (Figura 11).

Cambios en la concentración de co_2 atmosférico en nuestros montes

Introducción

Aunque no se trata de un impacto directo sobre la vegetación, la concentración de CO_2 en la atmósfera es uno de los indicadores del cambio climático global basados en observaciones atmosféricas microclimáticas que se realizan en todo el mundo. El aumento de la temperatura global es solo uno de estos indicadores. Pero también, los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera, la extensión del hielo marino del Ártico, o los patrones de precipitación y eventos extremos, son indicadores del cambio climático.



Figura 11.: Invasión de caña en el bosque de ribera del río Júcar aguas abajo del embalse de Alarcón (Cuenca) con desplazamiento de especies autóctonas de ribera (olmos, sauces y chopos).

La concentración atmosférica de CO_2 es uno de los indicadores más estudiado y reconocido de cambio climático global. En esta sección nos centramos en éste indicador atmosférico medido en ecosistemas forestales de Castilla-La Mancha. Pero además de ser un indicador, el CO_2 atmosférico se plantea como un factor de cambio global que influye en las interacciónes entre plantas y animales.

Cambio en la concentración de co_2 atmosférico en montes

Datos de la concentración atmosférica de CO_2 se han obtenido a partir de estaciones "eddy covariance" instaladas en diferentes ecosistemas forestales de Castilla-La Mancha representativos de las principales formaciones forestales. En concreto, los ecosistemas analizados corresponden a masas forestales de *Pinus nigra* Arn. (Las Majadas, Cuenca), de *Pinus halepensis* Mill. (Yeste y Hellín, Albacete) y de *Juniperus thurifera* L. (El Bonillo, Albacete).

La técnica "eddy covariance" es una técnica micrometeorológica ampliamente aceptada por la comunidad científica para la medición de flujos de CO_2 y H_2O, que junto con mediciones complementarias de variables ambientales (radiación, viento, temperatura, humedad, precipitaciones, flujo de calor en el suelo, temperatura y humedad del suelo,…) y de la vegetación, permite medir de forma directa, no intrusiva, el intercambio neto de carbono a nivel de ecosistema, esto es, la productividad neta del ecosistema (NEP) y, adicionalmente, calcular las componentes del balance de carbono. Esta línea de trabajo se está desarrollando siendo de gran interés para la evaluación de la productividad global de las masas forestales, así como para la evaluación del efecto sumidero de CO_2 que los bosques castellano manchegos realizan.

Observaciones de la concentración atmosférica de CO_2, (razón de mezcla, en micromoles de CO_2 por mol de aire seco, ppm) se han realizado de forma sistemática desde estas "torres de flujos" con una frecuencia de 10 Hz y promediada a datos medio horario (cada media hora), durante un periodo de unos cinco años,

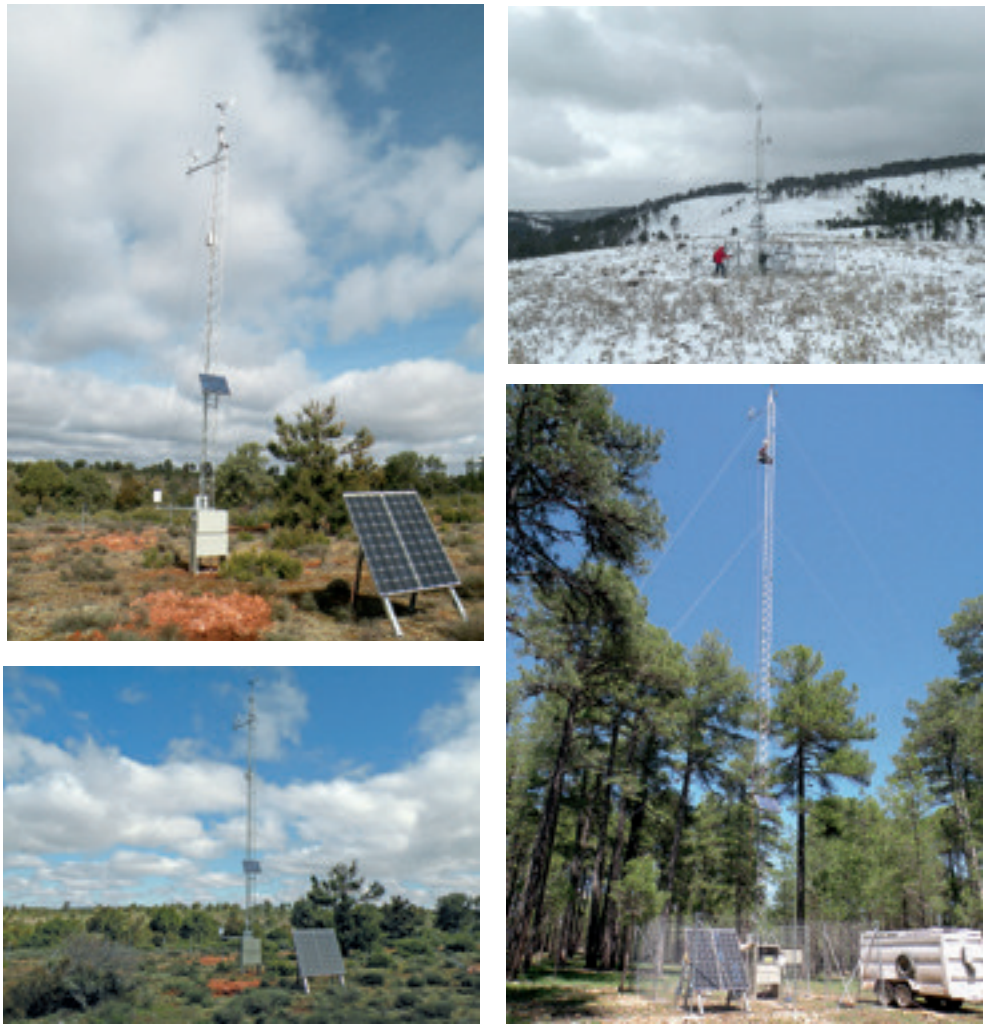


Figura 13.: Fotografías de las torres de flujo "Eddy covariance" en algunas de las zonas forestales de Castilla-La Mancha. (a) El Bonillo, (b) Las Majadas quemado, (c) Las Majadas, (d) Yeste

con algunas discontinuidades, entre mediados de 2011 y principios de 2017. Es de mencionar que dichas torres forman parte de la Red Global de estaciones de medidas de flujos a nivel de ecosistema (FLUXNET, *Baldocchi et al, 2001*).

La Figura 13 ilustra los sitios y Torres arriba mencionados desde las que se han efectuado las observaciones. La frecuencia y duración de los datos obtenidos permite el estudio de la dinámica diaria, estacional e inter-anual de la concentración de CO_2, y por ejemplo analizar su sensibilidad a eventos cada vez más virulentos, como son los incendios forestales.

Variabilidad interanual de la concentración atmosférica de co_2 en los montes de Castilla-La Mancha

La medición a lo largo de más de cinco años de la concentración de CO_2 en la atmósfera permite evaluar tendencias, como el aumento anual de la concentración de CO_2, y caracterizar su variabilidad estacional

e interanual, en ecosistemas forestales "sin perturbar" y en ecosistemas "perturbados", afectados por incendios. Este aspecto del diseño experimental posibilita cuantificar el efecto de los incendios en la concentración de CO_2.

Es de destacar que, en el periodo de mediciones realizadas, el crecimiento promedio anual de la concentración de CO_2 varia con el ecosistema, siendo 0,7 ppm/año en la dehesa de *Juniperus thurifera* de El Bonillo; 1,4 ppm/año en el pinar de *Pinus nigra* de Las Majadas; y 0,9 ppm/año en el pinar joven de *Pinus halepensis* de Yeste. Pero este crecimiento es de hasta 4,4 ppm/año para la zona incendiada de Las Majadas, siendo el promedio de crecimiento a nivel mundial, de 2,11 ppm/año para el periodo 2005-2014. Ello evidencia el claro efecto sumidero de los ecosistemas forestales y el efecto fuente de las zonas incendiadas, en relación al promedio mundial. La Figura 14 ilustra la evolución temporal del CO_2, normalizada para poder comparar su evolución entre ecosistemas.

Tal y como se observa en la Figura 14, la concentración atmosférica de CO_2 presenta una variabilidad estacional que es máxima en primavera y verano y mínima en otoño e invierno. Esta variabilidad es reflejo de la influencia de las fuentes y sumideros que representan la vegetación y el suelo.

En cuanto a la variación a escala diaria se caracteriza por un máximo durante la noche o de madrugada, y un mínimo a mediodía y por la tarde (Figuras 15.b y 15.d). Cuando la medida de la concentración atmosférica se realiza cerca de la superficie, en este caso entre 9 y 27 m, esta variación diaria está fuertemente afectada por los procesos biológicos que se producen en el ecosistema, i.e., absorción de CO_2 por fotosíntesis, y la liberación de CO_2 por respiración de plantas y suelo. Tal y como puede verse en la Figura 15, donde se presenta tanto el flujo neto de CO_2 (Figuras 15.a y 15.c), como la variación en la concentración atmosférica de CO_2 (Figuras 15.b y 15.d), los ecosistemas de monte que fijan más como es el pinar no quemado de las Majadas,

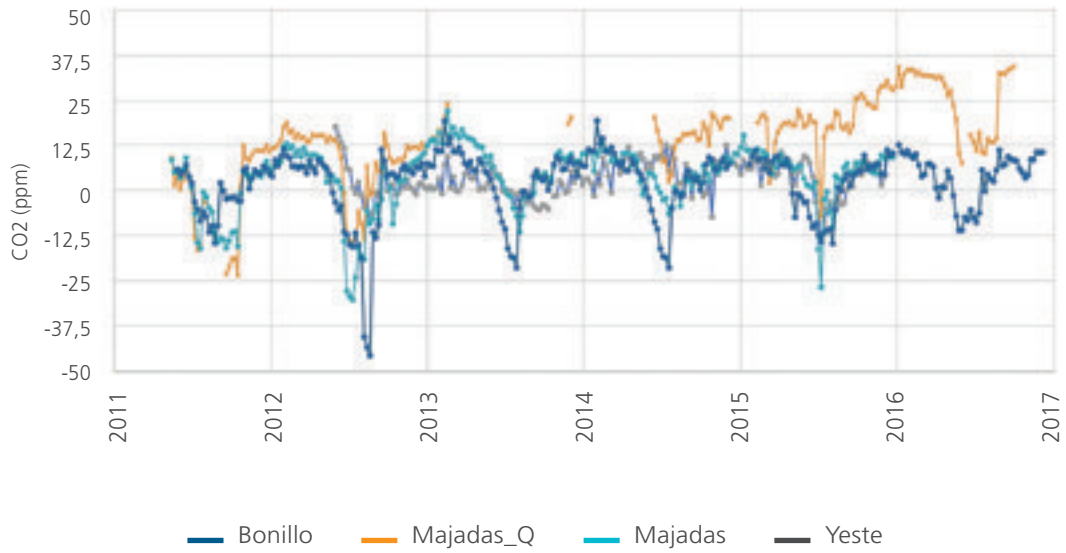


Figura 14.: Evolución de la concentración atmosférica de CO2, normalizada, para las estaciones de El Bonillo, Las Majadas, Las Majadas zona incendiada (Majadas_Q) y Yeste, entre mediados de 2011 y principios de 2017. Los datos que se presentan son promedios semanales.

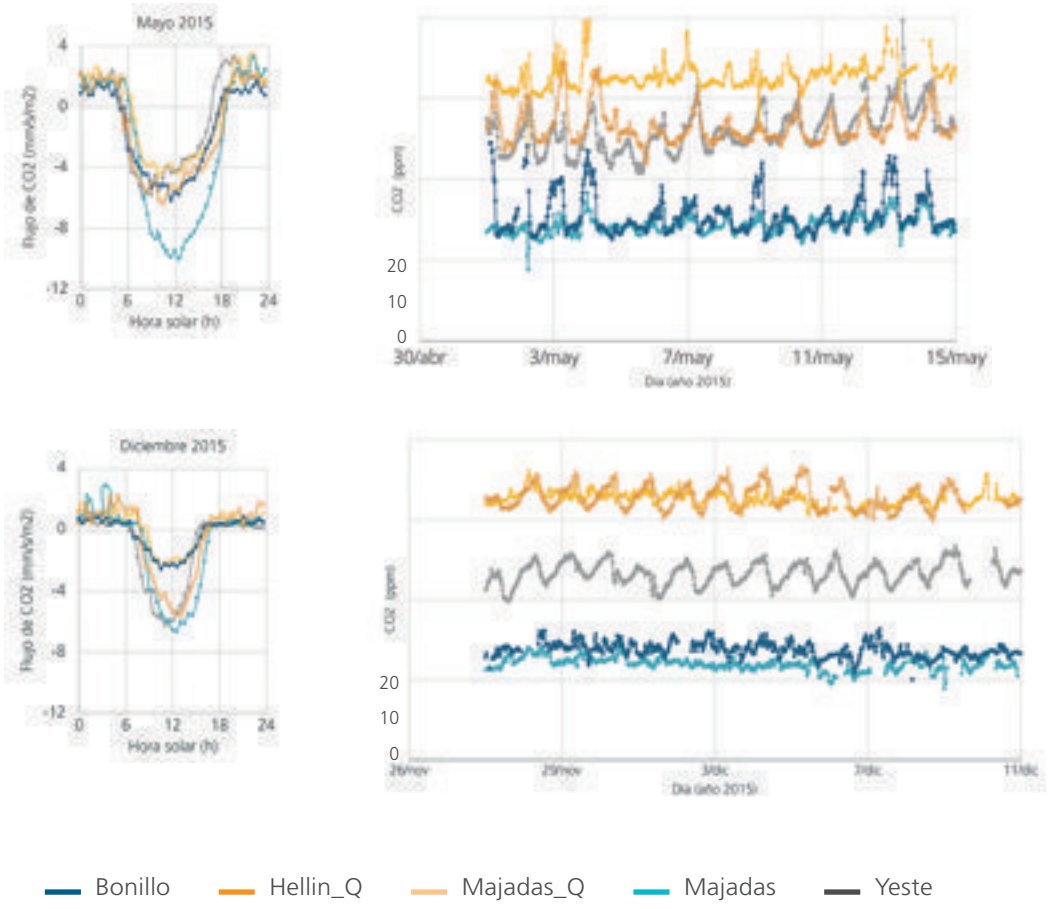


Figura 15.: Variación diaria promedio del flujo neto de CO_2 en los diferentes ecosistemas estudiados (véase la leyenda) para los meses de (a) Mayo y (c) Diciembre. Variación diaria de la concentración atmosférica de CO_2, para los mismos periodos y ecosistemas, gráficas (b) y (d). En estas gráficas las series se han desplazado para su mejor visualización. Leyenda. **Hellín_Q**, pinar quemado de *Pinus halepensis* en Hellín; **Bonillo**, sabinar en el Bonillo; **Majadas**, pinar de *Pinus nigra* en Las Majadas; **Majadas_Q**, pinar quemado de *Pinus nigra* en Las Majadas; **Yeste**, pinar joven de *Pinus halepensis* en Yeste.

presentan concentraciones de CO_2 más bajas, y los dos ecosistemas quemados, presentan menores capacidades de fijación de CO_2, llegando a ser fuentes de CO_2, y las mayores concentraciones de CO_2 atmosférico.

Estrategias para reducir o eliminar los impactos del cambio climático en los montes de Castilla-La Mancha

Reducción del volumen en pie

Con esta medida de gestión forestal, se pretende la reducción de la competencia entre pies para mejorar la vitalidad de las masas mediante la disminución de la densidad (claras, resalveo), lo que implica en definitiva el control de la competencia por el recurso agua, manteniendo espesuras bajas. En este sentido,

es necesario potenciar las actuaciones mecanizadas en la masa debido a sus mayores rendimientos, por ejemplo, utilizando procesadoras (Figura 16). Los pies extraídos de estas operaciones pueden ser aprovechados para madera o biomasa, haciendo más rentable el monte mediterráneo.

Mejora de la regeneración natural

en aquellas especies con problemas de regeneración, es posible mejorarla controlando la espesura de otras especies acompañantes, sobretodo monte bajo, matorral y herbáceas. Los desbroces son una herramienta selvícola que debe permitir obtener coberturas de matorral compatibles con los recursos de agua disponibles. En desbroces experimentales de *Stipa tenacissima* L (esparto) en una masa de *Pinus halepensis* Mill. de la Sierra del Segura, realizados en 6 parcelas circulares de 20 m de radio, se ha constado un aumento significativo de la regeneración, con una media de 86,7 pies en parcelas desbrozadas de esparto, frente a 13,6 pies en parcelas control, lo que supone un significativo aumento de 582 pies/ha en parcelas desbrozadas (Figura 17). Esta medida supone a la vez una liberación de competencia del estrato arbóreo, que permite un mayor crecimiento de éste.

Para mejorar la regeneración, puede ser muy positiva también la aplicación al suelo de restos de corta, astillados, o bien realizar un pequeño decapado al suelo, eliminando el estrato herbáceo y la capa de hojarasca, para conseguir un mejor contacto de la semilla con el suelo mineral (Figura 18).

Nuestro grupo de investigación ha obtenido recientemente resultados concluyentes en este sentido. Se ha observado que las astillas de madera como material para cubrir el suelo, y en un escenario post-incendio en la Sierra de los Donceles, mejoró significativamente la germinación de la semilla y la supervivencia de las plántulas de pino carrasco (significativo aumento del porcentaje de germinación en un 12,4%, y de 17,4 plántulas m^2, a los dos años del tratamiento).



Figura 16.: Claras mecanizadas mediante procesadora realizadas sobre *Pinus pinaster* en el M.U.P. Sierra de Bienservida (Albacete). La densidad se rebaja hasta los 300-400 pies/ha y los pies extraídos pueden ser objeto del aprovechamiento.



Figura 17.: Desbroces experimentales de atocha en pinares de carrasco de la Sierra de los Donceles (Albacete), en parcelas circulares de radio 20 m, con el objetivo de mejorar la regeneración natural e incrementar el crecimiento de la masa de *Pinus halepensis*.



Figura 18.: Algunos tratamientos al suelo para favorecer la regeneración natural: i) aporte de una cubierta de astillas al suelo, en el astillado los restos de cortas o tratamientos selvícolas (izquierda); ii) decapado del horizonte superior del suelo para favorecer el contacto de la semilla con el suelo mineral (derecha).

Cortas de regeneración menos intensivas y más escalonadas

Las cortas de regeneración en las especies más vulnerables, como son *Pinus sylvestris* y *Pinus pinaster* deben realizarse de forma sucesiva o por bosquetes, en aquellas estaciones donde se detecte el impacto. Ello implicará en su caso, el alargamiento de los turnos y de los periodos de regeneración, facilitándose la llegada de más semilla al suelo. En el caso de *Pinus pinea* es necesario aplicar cortas de seguimiento del regenerado instalado bajo cubierta, liberando de forma gradual al regenerado. Asimismo, es necesario realizar acotamientos areales o puntuales al ganado. En los casos más extremos se podría recurrir a la entresaca, aunque en este caso se deben fomentar las masas mixtas,

Reducir vulnerabilidad frente a incendios

Es necesaria la modificación de los modelos de combustible a escala rodal mediante tratamientos selvícolas oportunos, para la configuración de paisajes resistentes al fuego, mediante la heterogeneidad y la integración de áreas estratégicas. En este sentido, es necesario potenciar masas mixtas, con mayor número de ecotonos, eliminando el concepto de especie principal, manteniendo distintos estratos (arbóreo, arbustivo) y diversificando estructuras, estrategias que permitirían reducir la vulnerabilidad de nuestros montes. Es muy interesante la utilización de las quemas controladas o prescritas, que reproducen las condiciones de un fuego de baja intensidad para controlar el estrato arbustivo y herbáceo sin afectar al arbóreo. Con esta herramienta, se genera una estructura de baja vulnerabilidad a los grandes incendios forestales, y a un coste menor que empleando los tratamientos tradicionales (Figura 19).

Conclusiones

Los impactos debidos al Cambio Climático son ya una realidad en los montes de Castilla-La Mancha. Es necesario establecer pues, de manera urgente, estrategias de gestión forestal que permitan la mitigación de los impactos negativos del Cambio Climático en nuestros montes, para evitar efectos acumulativos futuros que agraven los problemas que observamos ahora derivados del cambio.



Figura 19.: Quemas prescritas realizadas por el INFOCAM en un monte de la Serranía de Cuenca (Fuente: JCCM).

En este sentido, la gestión forestal debe potenciar la Planificación en la Ordenación de Montes. Planificar es anticipar, considerar el riesgo y probabilidad de ocurrencia del impacto dentro de la gestión forestal, proponiéndose medidas preventivas frente al impacto. Pero la gestión forestal debe venir acompañada de un plan de aprovechamientos forestales, si es posible, con aquellas medidas selvícolas que repercutan en la rentabilidad de los montes, la generación de mano de obra en el entorno rural, para obtener masas forestales con estructuras más resistentes, al tiempo que se evita el abandono del monte por parte del hombre.

El aumento de la resistencia de los montes frente al cambio consistirá primero en limitar la exposición del bosque a los impactos derivados del Cambio Climático que más frecuentemente se observan: pérdida de crecimiento por sequías, fuegos y plagas. Es por ello que son necesarios clareos y claras planificadas a escala de toda la masa (reducción de competencia), la reducción de materias combustibles, como quemas prescritas, cortafuegos y otras medidas análogas destinadas a interrumpir la continuidad de la masa, especialmente en áreas urbanas y cabeceras de cuencas. Y también hay que planificar otras medidas para aumentar la capacidad de resiliencia, mejorando los procesos de adaptación para favorecer la regeneración futura, aumentando la conectividad y tamaño de poblaciones, fomentando rodales irregulares y heterogéneos, por representar estados más avanzados del ecosistema, menos vulnerables en definitiva a sufrir los impactos más severos del cambio climático.

Bibliografía

ADENA (2016) Dónde arden nuestros bosques. Análisis y soluciones de WWF. Publicado en julio de 2016 por WWF/Adena, Madrid, España.

BRAVO-OVIEDO A, GALLARDO-ANDRÉS C, DEL RÍO M & MONTERO G (2010) Regional changes of *Pinus pinaster* site index in Spain using a climate-based dominant height model. Canadian Journal of Forest Research, 40(10): 2036-2048.

BALDOCCHI D, FALGE A, GU L, OLSON R, HOLLINGER D, RUNNING S, ANTHONI P, BERNHOFER CH, DAVIS K, EVANS R, FUENTES J, GOLDSTEIN A, KATUL G, LAW B, LEE X, MALHI Y, MEYERS T, MUNGER W, OECHEL W, PAW KT, PILEGAARD K, SCHMID HP, VALENTINI R, VERMA S, VESALA T, WILSON K, WOFSY S (2001) "FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem–Scale Carbon Dioxide, Water Vapor, and Energy Flux Densities". Bulletin of the American Meteorological Society 82 (11): 2415–2434.

EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO DE ESPAÑA (2011) Fundación Biodiversidad y Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

FORESTRENGTH (2014-2017) Propuestas de gestión forestal adaptativas para favorecer la resiliencia de bosques mediterráneos frente a los impactos del cambio climático (sequía e incendios). Memoria Final del Proyecto. Referencia del proyecto: AGL2014-55658-R. Subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

GARCÍA-MOROTE FA, MARTÍNEZ-GARCÍA E, ANDRÉS-ABELLÁN M, RUBIO CABALLERO E, MIETTINEN H & LÓPEZ-SERRANO FR (2017) Direct Seeding of *Pinus halepensis* Mill. for Recovery of Burned Semi-Arid Forests: Implications for Post-Fire Management for Improving Natural Regeneration. Forests 8, 353-371.

GARCÍA MOROTE FA, ALBERT BELDA E, LÓPEZ SERRANO FR, MARTÍNEZ GARCÍA E, DADI T, ANDRÉS ABELLÁN M, RUBIO E, CANDEL PÉREZ D, LUCAS BORJA M (2015) Propuesta metodológica de zonificación de prioridades de actuación hidrológico-forestal tras incendio. Aplicación al gran

incendio de Hellín (Albacete). Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 41: 165-182. ISSN: 1575-2410.

IPCC (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2007) Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri R.K. y Reisinger A. (directores de la publicación)]. IPCC Ginebra Suiza 104 págs.

MMA (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE) (2003) Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012. Región de Murcia. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente Madrid.

Una visión general a la problemática de los incendios forestales

Jonathan Gómez Cantero
Geógrafo-Climatólogo, investigador en cambio climático Docente, Consultor internacional. Actualmente en El Tiempo de CMM..

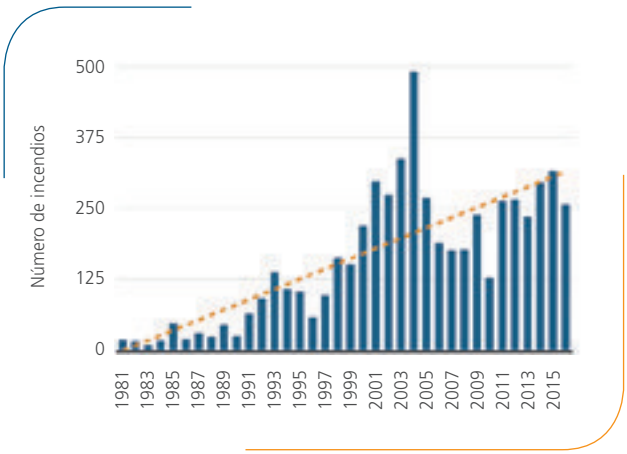
Los incendios forestales son un fenómeno cuya frecuencia ha aumentado en Europa. Una mayor presión antrópica, en algunos casos por motivación económica, sin olvidar el condicionante climático y meteorológico, son algunos de los factores que más han influido. Desde principios de los años noventa, han fallecido entre 200 y 300 personas en Europa como consecuencia de los 38 grandes incendios registrados, que a su vez se tradujeron en 6.916 mil millones de euros en pérdidas La mayor parte de ellos sucedieron en la Europa mediterránea, donde España se clasifica como uno de los países europeos más afectados, con 50 muertos y algunos de los mayores incendios, como los de 2006 y 2007, que provocaron la quema de miles de hectáreas de bosques.

Toda Castilla-La Mancha se encuentra baja la influencia de un clima mediterráneo continentalizado; incluso las zonas de montaña más altas sufren una de las características básicas de este clima, la sequía estival. Nuestra región está muy afectada por los meses de verano en los que coincide además los días de menor humedad relativa de forma consecutiva, y por otro lado, los meses con las precipitaciones más bajas. Estas características hacen un territorio especialmente propenso al riesgo de incendio forestal. En este sentido debe quedar claro, que el factor climático y meteorológico puede hacer aumentar el riesgo, pero no es el responsable de la combustión, pero si puede hacer que los incendios sean más grandes y virulentos.

En los últimos años tiende a ser cada vez más frecuente, la conjunción de los tres-treinta, un índice aproximado al riesgo de incendio forestal, caracterizado por humedades por debajo del 30%, viento de más de 30km/h y temperaturas de más de 30ºC. Todo ello influye en una mayor predisposición de la vegetación a la combustión, pues está más seca y además sufre cada vez más frecuentemente temperaturas altas o muy altas no sólo durante el verano, sino en meses previos y también en meses posteriores; todo ello hace que cada año se arrastre la situación del año anterior.

A continuación, analizaremos a nivel general los incendios forestales en la región, para ver cómo su aumento va al alza, lo que no se puede atribuir directamente al cambio climático, pero si sirve para analizar el estado de la vegetación y la mayor presión antrópica que sufre el territorio.

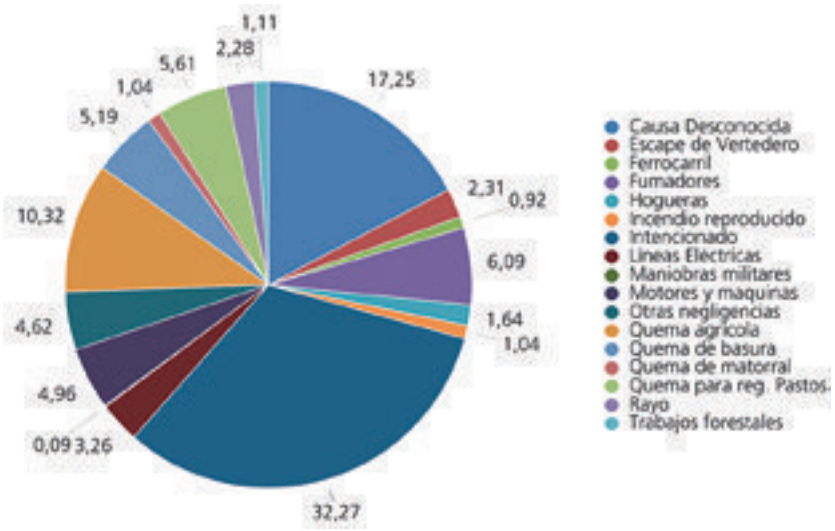
En el caso de **Toledo**, se ve una tendencia claramente al alza desde el año 1981 hasta 2016 en el número de incendios forestales, sin discriminar su causa. Aumentan a un ritmo de 9 incendios más por año, afectando también a una mayor extensión de superficie vegetal. El año 2004 presentó 492 incendios, siendo el peor de toda la serie.



De toda la serie, la causa principal de los incendios es que fueron intencionados con más de un 32%. No se pudo atribuir causa alguna al 17,25% y un 10% fueron por quemas agrícolas fuera de control.

Los rayos apenas representan el 2,28%, y son la única causa natural que se puede atribuir al origen de los incendios. Si analizamos cómo han evolucionado únicamente referido a esta causa, podemos ver que han ido muy alza lo que refleja podría reflejar por un lado, mayor número de episodios tormentosos, y por otro un peor estado de la vegetación propensa a la ignición.

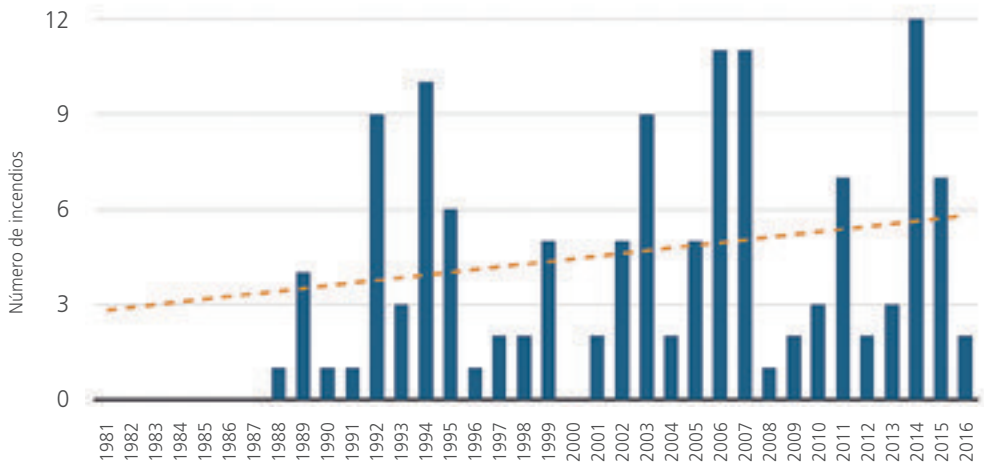
Causas incendios Toledo (%)



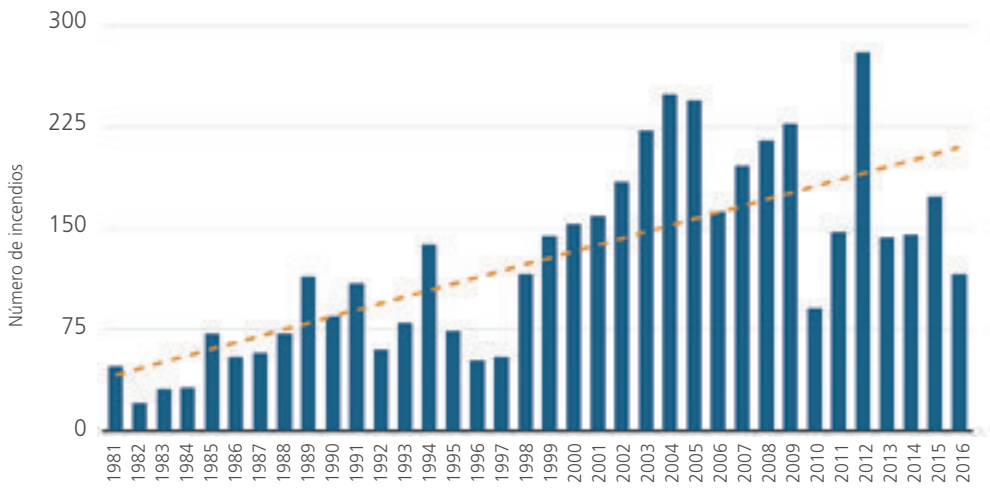
Se puede ver algunos datos interesantes, y es que como veíamos en capítulos anteriores, el año 2005 fue especialmente seco y al año 2006 es uno de los que aparece con mayor número de incendios por esta causa.

En **Guadalajara** vemos también un notable aumento del número de incendios forestales por año. Además de ser una provincia con gran extensión forestal, sobre todo de pinar, también ha aumentado notablemente la superficie afectada. El año 2012 es el que presenta el récord de toda la serie, con 280, seguido del año 2004 con 249. En el año 2005 se produjeron 244, en un año especialmente seco y que tuvo uno de los mayores incendios sufridos en toda la región el 16 de julio que calcinó 10.352,57 hectáreas.

Incendios causados por rayo en Toledo

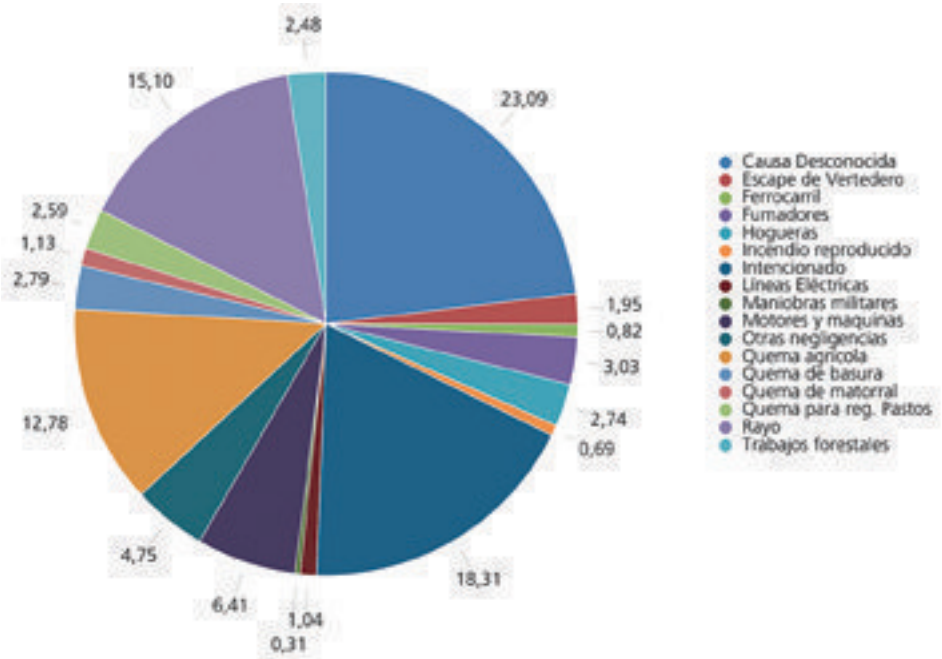


Guadalajara



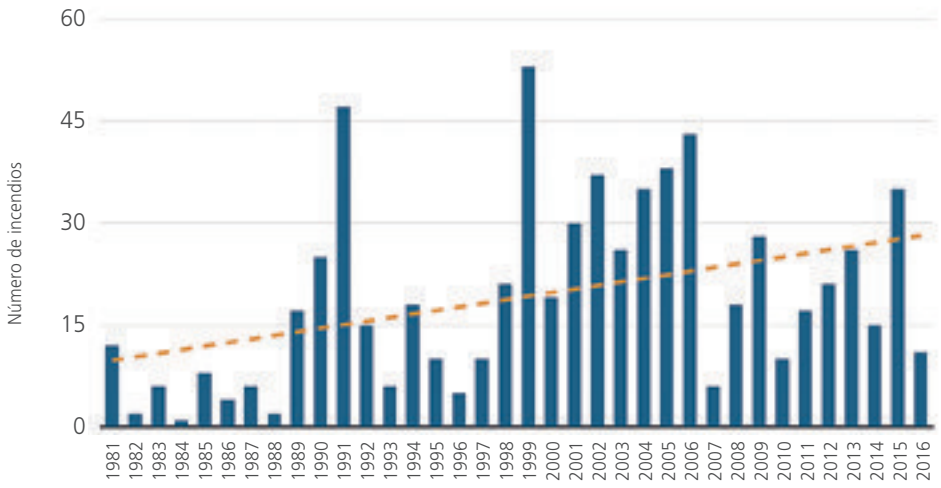
Las causas son en su mayor parte por causa desconocida, en un 23,09% de los casos. Un 18,31% fueron intencionados, un 12,78% por quemas agrícolas y un 15,10% por rayos. La mayor superficie arbolada, y además el tipo de vegetación pirófita con un mal aliado para los nuevos escenarios climáticos.

Causas incendios Guadalajara (%)



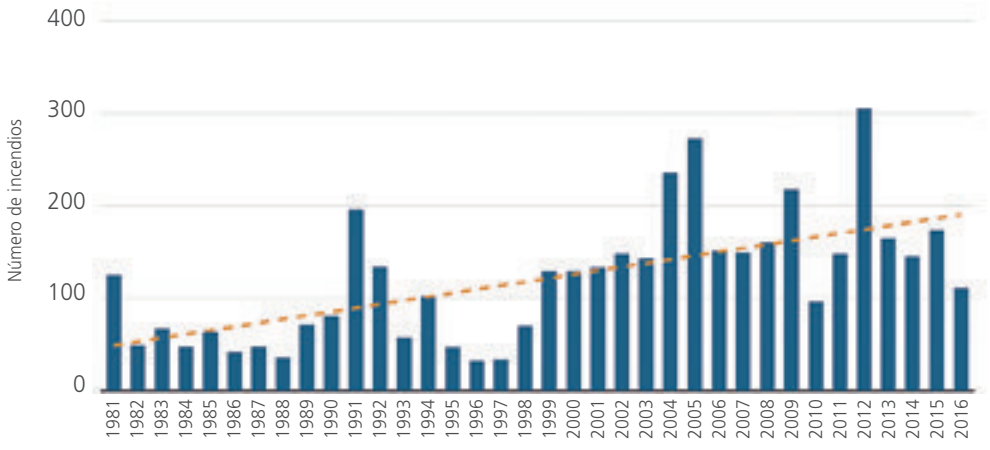
En cuanto a los incendios causados por rayos, destaca el año 1999 con 53, seguido de 1991 con 41, pero con una tendencia siempre al alza. El tercer y cuarto año con mayor número por causa natural son 2006 y 2005 con 43 y 38 contabilizados respectivamente, de nuevo coincidiendo con un año seco y la situación arrastrada al año siguiente.

Incendios causados por rayo en Guadalajara



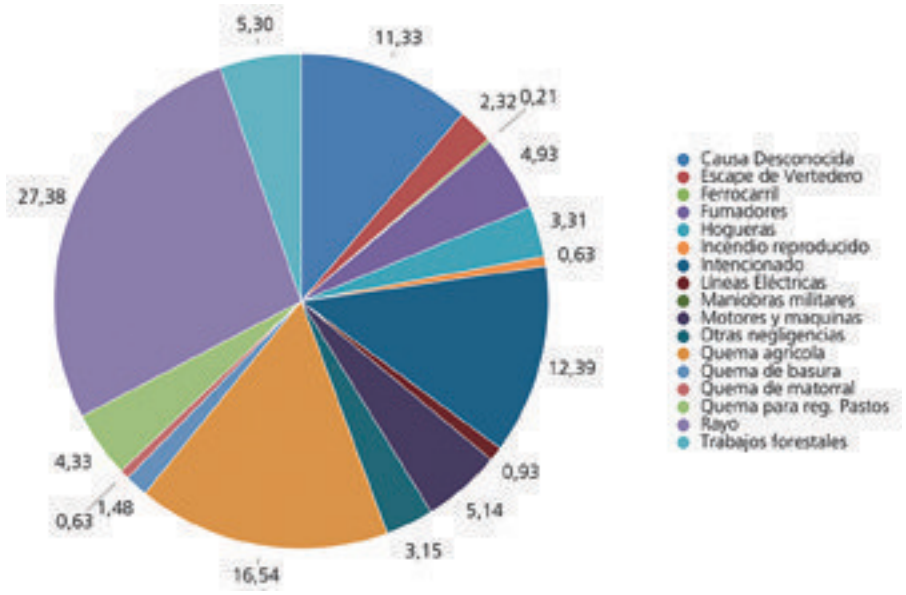
En la provincia de **Cuenca** también se muestra una clara tendencia positiva de la evolución del número de incendios. El año 2012 es que presentó mayor número, con 306, seguido por el año 2005 con 273. De media, aumentan en tres, el número de incendios forestales que se producen de más al año.

Cuenca



La causa principal es con un 27,38% los rayos. Le siguen con más de un 16% las quemas agrícolas incontroladas y con un 12,39% los intencionados. De nuevo se repite un patrón parecido al de Guadalajara, una provincia con gran densidad forestal, sobre todo pinar y además con una orografía tosca y difícil que dificultan el acceso al fuego, por lo tienden a ocupar una gran extensión, salvo los producidos en zonas llanas.

Causas incendios Cuenca (%)



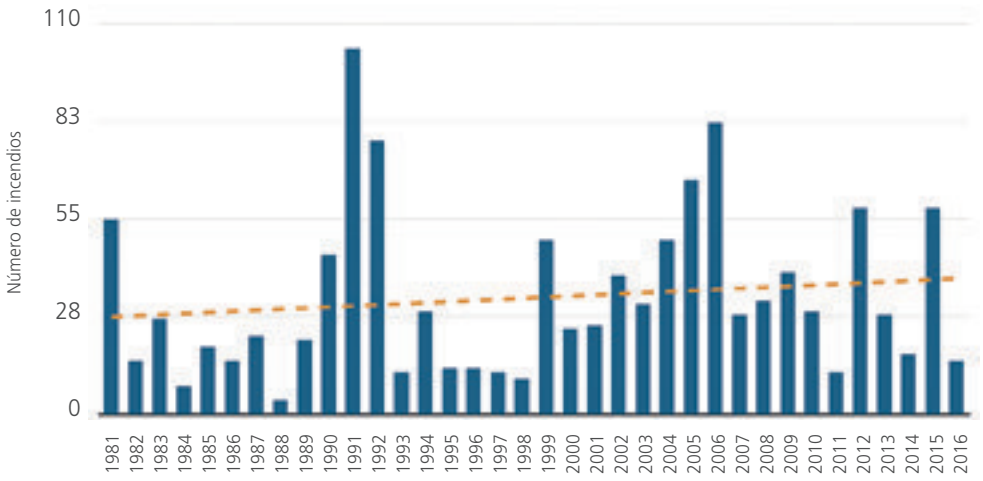
En cuanto a los rayos, también hay una tendencia al alza. El año 1991 presenta 103 casos, seguido como en el resto de las provincias por 2006 con 82. La influencia de las condiciones meteorológicas de Levante, ayudan a la formación de tormentas en esta zona, que además cada vez presenta una vegetación con mayor estrés hídrico.

En **Ciudad Real** hay de nuevo una tendencia al alza de hasta tres incendios más por año. El año 2004 es el que mayor número de episodios presenta, seguido del año 2005 con 225 y 189 respectivamente.

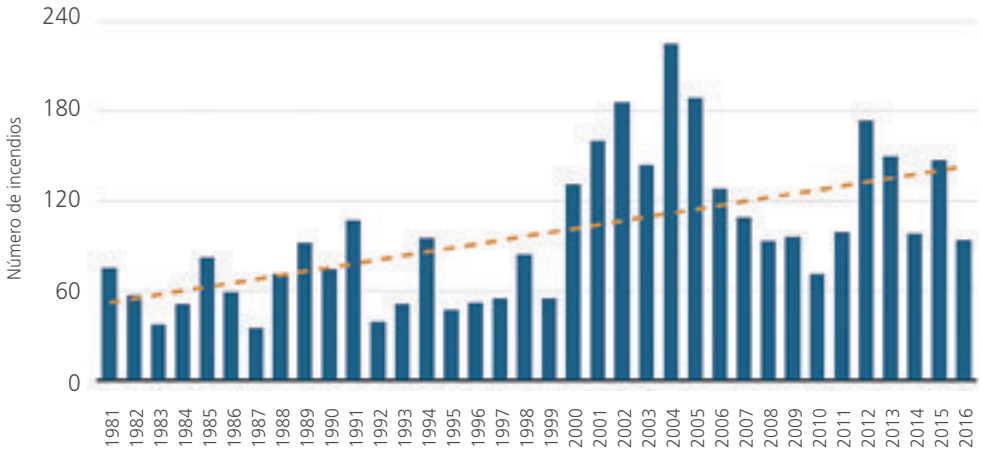
Las causas de los incendios son en su mayor parte intencionados, con un 36,39%. Los rayos apenas representan poco más del 4% como causa eminentemente natural. Es una provincia menos arbolada y más llana, lo que facilita que no tengamos incendios de tan gran extensión como en otras provincias, y además la especie más abundante es la encina.

Los incendios tienen una clara tendencia al alza, destacando especialmente el año 2006 con 27 y el año 2005 con 12. Es una provincia no especialmente afectada por esta causa; por un lado no tiene una gran frecuencia tormentosa y por otro lado la densidad de vegetación es menor. Pese a ello, vuelve a resultar especialmente interesante que los años 2005 y 2006 (años secos) tienen la mayor frecuencia.

Incendios causados por rayo en Cuenca



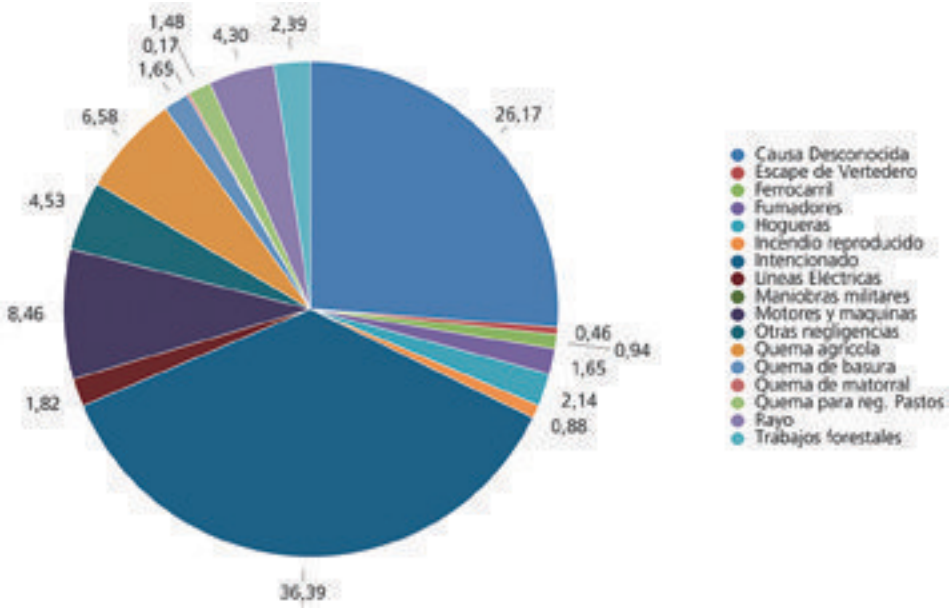
Ciudad Real



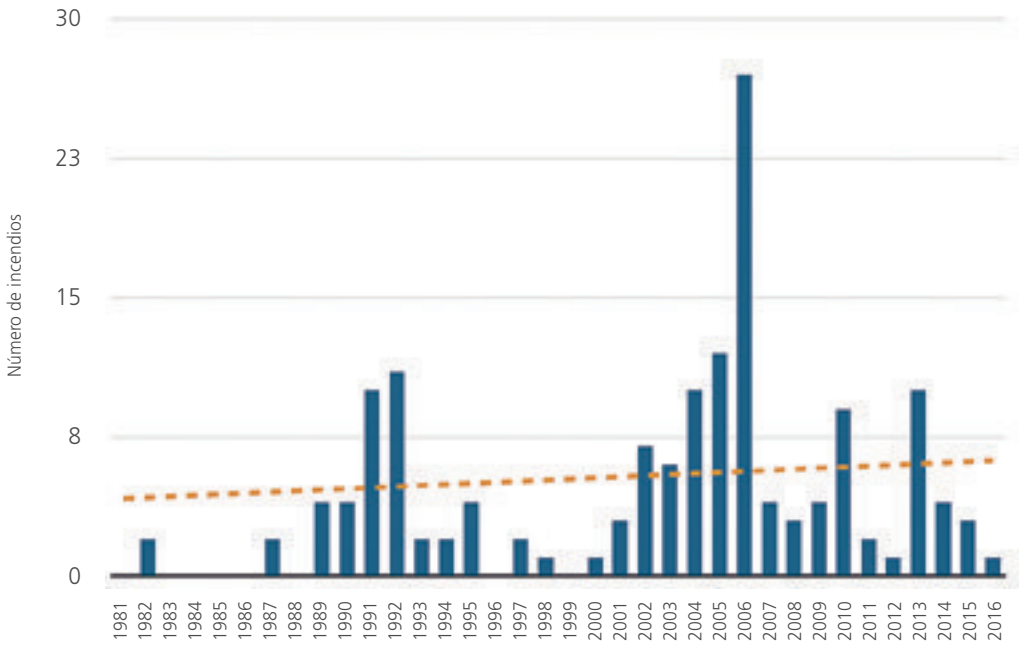
En la provincia de Albacete existe una tendencia creciente del número de incendios anual, unos dos más por año. El año 2005 destaca con 162 seguido de 2003, un año en la que Castilla-La Mancha se vio afectada en agosto con un fuerte episodio de calor en su zona sureste. La ubicación geográfica de esta provincia, hace que se registren en un gran número de ocasiones, las temperaturas máximas de la región, además de verse afectada, debido a su apertura hacia el mediterráneo, por condiciones meteorológicas más típicas del Levante inteior que del interior peninsular.

La causa más recurrente para los incendios forestales en esta provincia son los rayos, con un 22,47%, seguido de quemas agrícolas con un 18,26% y de forma intencionada con un 14,54%. Destaca en porcentaje, por encima de cualquier otra en "rayos", lo que pone de manifiesto la gran influencia mediterránea.

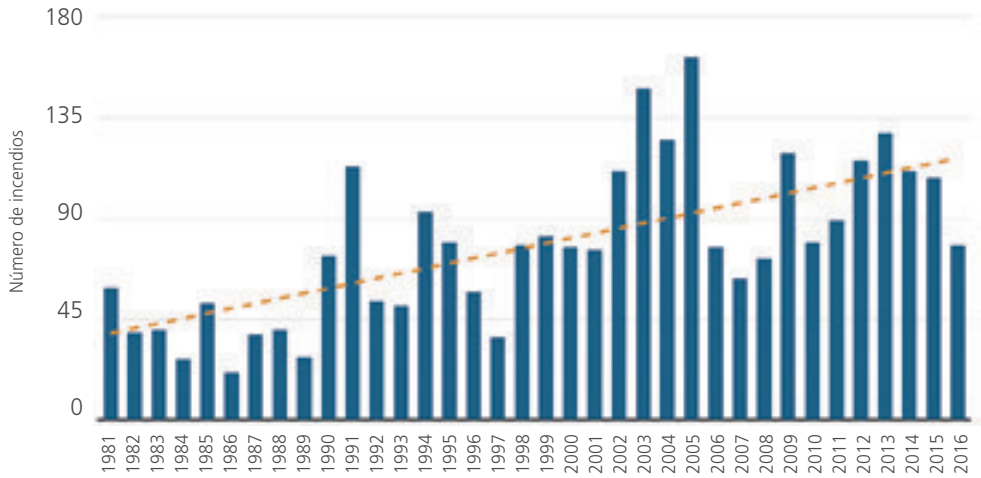
Causas incendios Ciudad Real (%)



Incendios causados por rayo en Ciudad Real

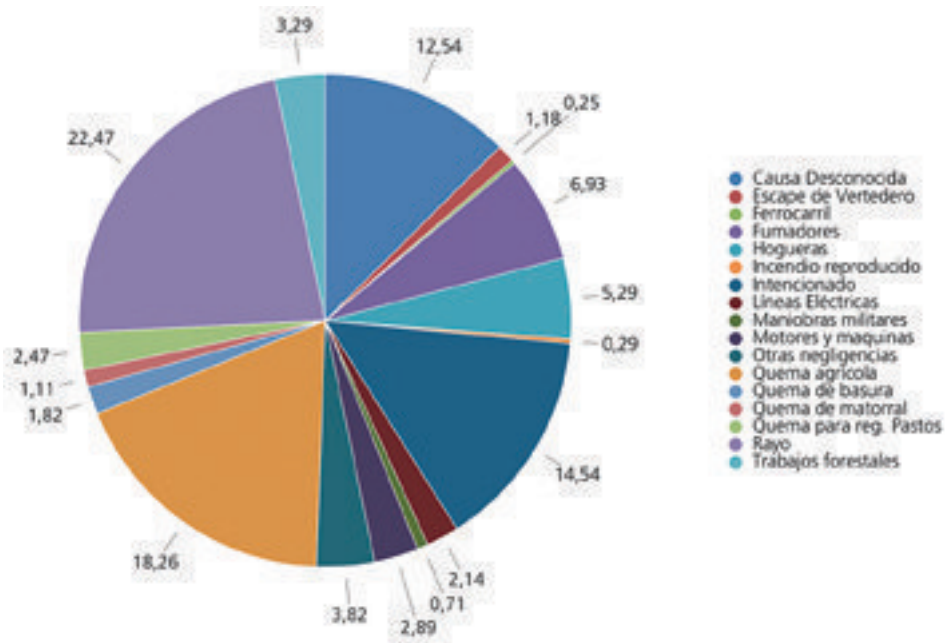


Albacete

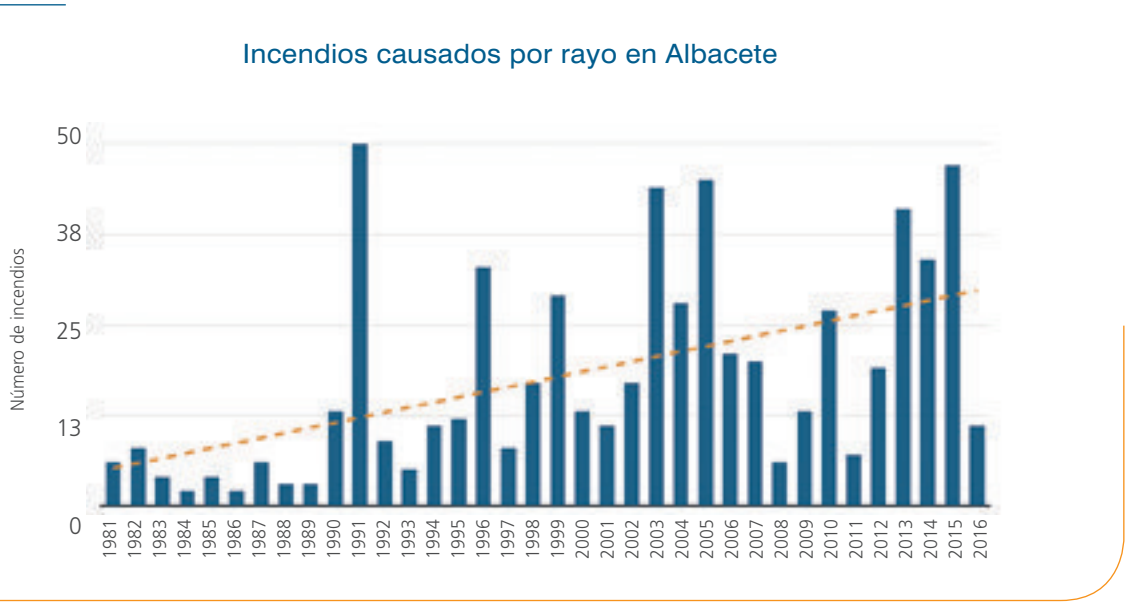


La llanura albaceteña es propicia por su orografía al desarrollo de grandes núcleos tormentos, a veces de gran intensidad, como supercélulas que llevan consigo un gran aparato eléctrico. Como veíamos en el apartado climático, en muchas de estas zonas han aumentado las precipitaciones de verano asociadas a las tormentas, especialmente en la zona centro (que no origina incendios forestales de zonas arboladas) y el tercio sur de la provincia que si presenta una extensa y densa cubierta vegetal.

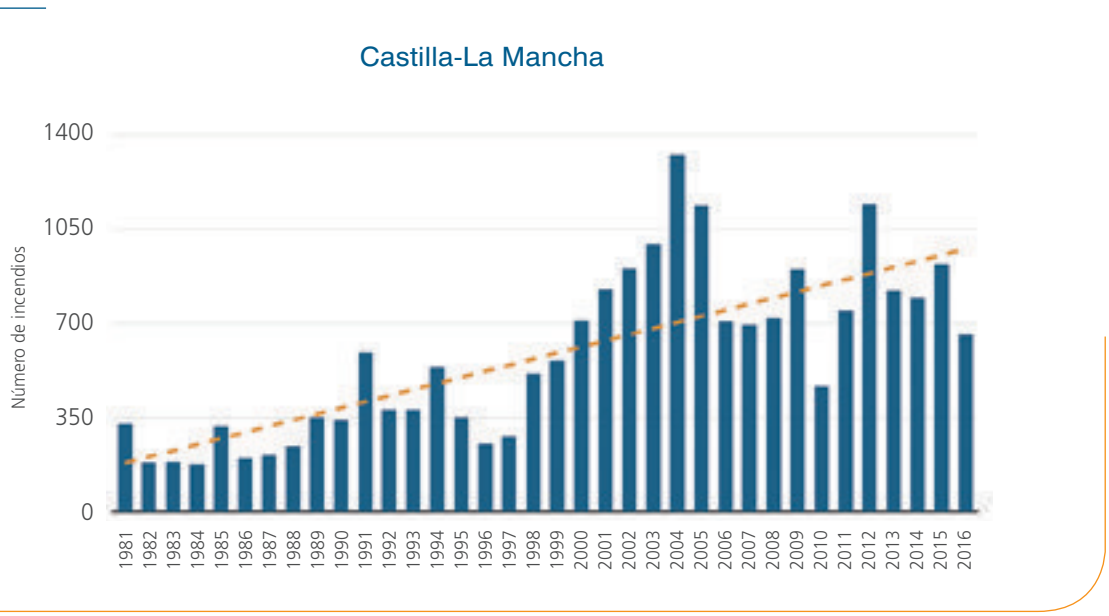
Causas incendios Albacete (%)



Analizando pormenorizadamente los rayos, vemos una clara tendencia al alza, donde vuelven a destacar 1991 y 2005 con la mayor frecuencia. Es un claro ejemplo de los cambios meteorológicos observados y cómo están influyendo esta zona con incendios de causa eminentemente natural.

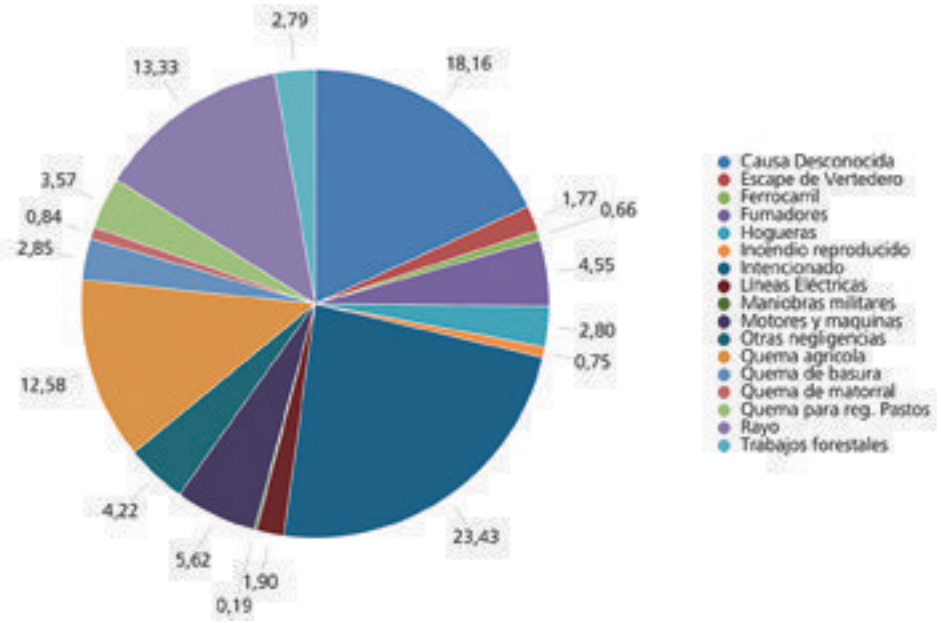


Para el conjunto de **Castilla-La Mancha** se muestra una tendencia claramente al alza de más de 22 incendios de aumento por año, siendo cualquiera su causa. Además, ha aumentado la superficie afectada y cada vez son más frecuentes los grandes incendios debido a un peor estado de la vegetación cuando llega el verano, pero por otro, también aumente el número de pequeños focos por negligencias humanas. Destacan el año 2004 con 1327 casos junto a 2012 y 2005 con 1142 y 1137 respectivamente, lo que pone de manifiesto la gran influencia de los años secos o muy secos.

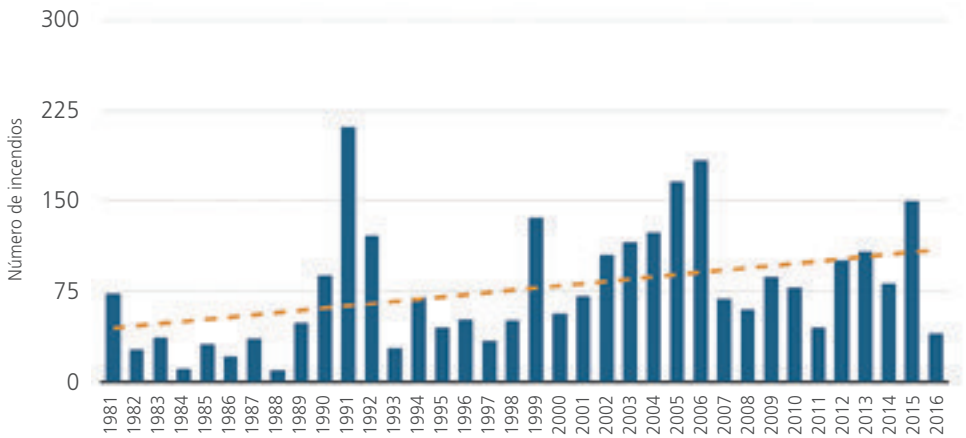


En cuanto a las causas principales cabe añadir que un 23,43% son intencionados, de un 18% se desconoce su causa y un 13.33% fueron provocados por rayos. Aunque haya provincias como Toledo o Ciudad Real donde este fenómeno origina pocos focos, tienen un gran peso en las provincias del Este, llegando a ser la tercera causa de incendios en la región.

Causas incendios Castilla-La Mancha (%)



Incendios causados por rayo en Castilla-La Mancha



Analizando en detalle esta causa natural se observa una tendencia al alza de hasta dos incendios más al año, provocados por rayos. El año 1991 destaca con 211 casos, seguido de 2006 y 2005 con 184 y 166 focos más, respectivamente.

En conclusión, podemos ver, que cualquiera que sea la causa del incendio, para todas las provincias y por tanto, también para la región, el número de incendios está claramente al alza. No podemos tomar estos datos en bruto y culpar al cambio climático, pues en los últimos años también ha aumentado la presión humana sobre los espacios naturales, y por tanto las negligencias que se cometen, así como las causas intencionadas que también llevan un gran aumento consigo. Pese a ello, también debemos sumar, una mayor predisposición de la vegetación a la combustión, y que se correlaciona muy bien con los años secos o muy secos y con el año siguiente, pues hay una gran cantidad de material combustible en los montes, propensa a la ignición indiferentemente de su causa.

Es especialmente interesante analizar los casos particulares de los rayos, como única causa natural y que, en todos los casos, se muestra al alza. Especialmente las provincias del este son en las que se constata un mayor número y un mayor aumento de estos casos, pero sobre todo Albacete refleja fielmente el problema ya que es la provincia más afectada. Las condiciones meteorológicas en esta zona son más propicias cada vez a la formación de tormentas y tormentas secas por lo que aumenta la probabilidad. A ello sumamos un aumento de las temperaturas sobre todo en los meses de verano que hace la vegetación más vulnerable, y además años especialmente secos que dispara el riesgo de ignición, de este modo tenemos los condicionantes propicios.

En todos los casos, se muestra el año 2005 y 2006 con una gran frecuencia de incendios, años muy secos y además de balance hídrico negativo acumulado. Es especialmente importante tener en cuenta estos datos, porque como se veía en capítulos anteriores, aumentan los extremos pluviométricos, por lo que son un ejemplo vivido de un fenómeno que puede tener mayor ocurrencia en el futuro y por tanto agravar el riesgo de incendio forestal que aumentará a su vez debido a mayor número de días de altas temperaturas. Es un ciclo de retroalimentación positivo.

Los datos han sido facilitados por la Viceconsejería de Medio Ambiente de la JCCM, depurados, agrupados y calculados por Nerea Herrero y analizados y comentados por Jonathan Gómez.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Régimen de incendios, dinámica y evolución de los incendios forestales en Castilla-La Mancha en un escenario de cambio climático.

Fernando Chico Zamora[1]; Juan José Fernández Ortiz [2]
[1] *Unidad de Análisis y Planificación (UNAP). Centro Operativo Regional de Lucha Contra los Incendios Forestales.*
[2] *Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha. Geacam.*

Los incendios forestales en Castilla-La Mancha.

Castilla-La Mancha cuenta con una superficie de casi ocho millones de hectáreas de las cuales el 45% son terrenos de naturaleza forestal, 3.564.779 hectáreas, esto supone un 13% de la superficie forestal de España, siendo por tanto una de las regiones españolas más forestales del país.

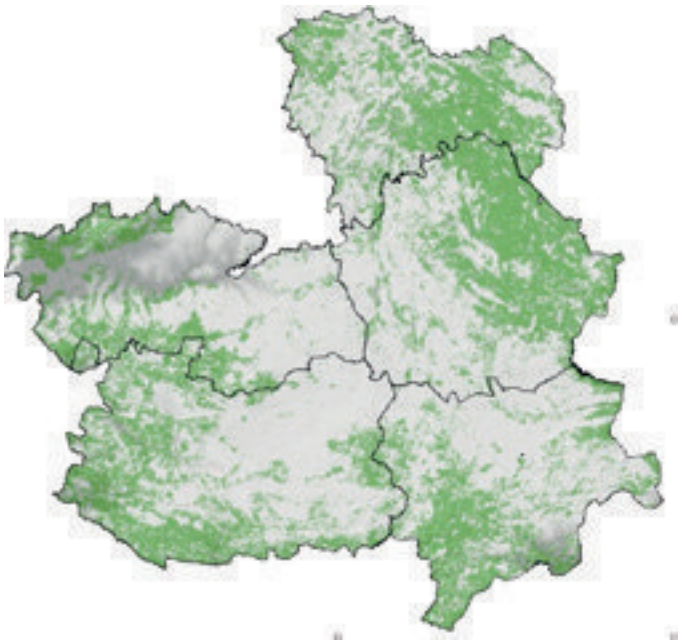
La distribución de estos terrenos forestales dentro de la región es fundamentalmente periférica, la gran llanura central se encuentra circundada de sistemas montañosos donde se ubica la mayor parte de esta superficie forestal.

La región presenta un clima mediterráneo con una destacada influencia continental.

El fuego, es una parte más de los montes y bosques que se encuentran en entornos mediterráneos (caracterizados por un período de sequía estival).

Históricamente los incendios forestales producidos por causas naturales han coexistido con los montes resultando un elemento regulador y regenerador de los mismos. En la actualidad la ocu-

Distribución de la superficie forestal en Castilla-La Mancha.

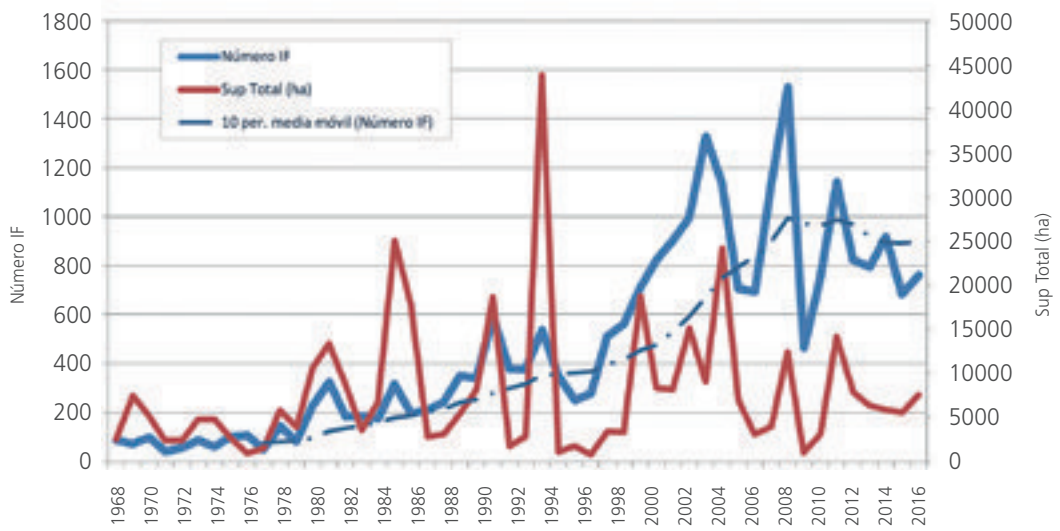


rrencia y casuística de los incendios forestales está íntimamente ligada a la actividad antrópica, generando un grave desequilibrio en esta delicada dinámica. Para tener una idea clara de esto sólo el 14% de los incendios forestales en Castilla-La Mancha son por causa natural (rayo), el 86% restante se debe a actuaciones generadas por el hombre de una u otra forma. Otro aspecto importante a considerar es que la mayoría de los incendios causados por rayo, en condiciones normales darían lugar a incendios de media o baja intensidad con lo que el nivel destructivo no sería comparable a los incendios que ocurren por otras causas en condiciones meteorológicas extremas (altas temperaturas, bajas humedades relativas).

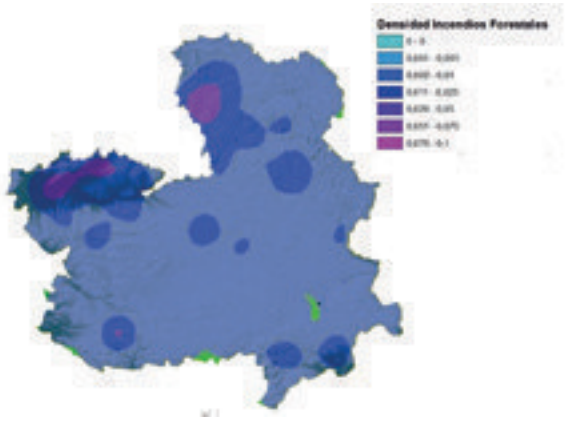
Clima de Castilla-La Mancha.



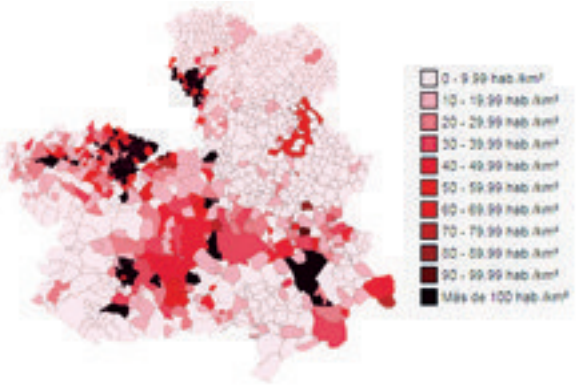
Evolución del numero de incendios forestales y superficies afectadas en Castilla-La Mancha.



Densidad de incendios por km² durante el período 2007-2016.



Densidad de población en Castilla-La Mancha 2013



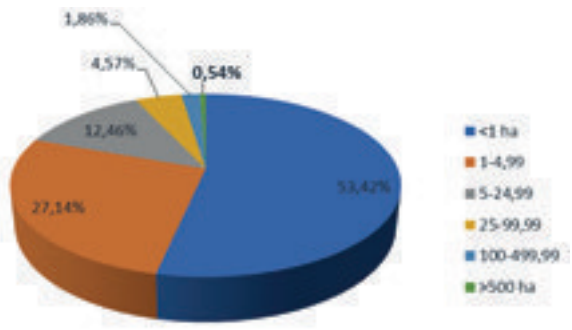
Los mayores niveles de ocurrencia de incendios forestales están claramente ligados a las áreas más densamente pobladas de la región (Norte de la provincia de Toledo y corredor del Henares en Guadalajara, es decir las zonas periféricas a la gran urbe de Madrid.)

Grandes incendios forestales (GIF)

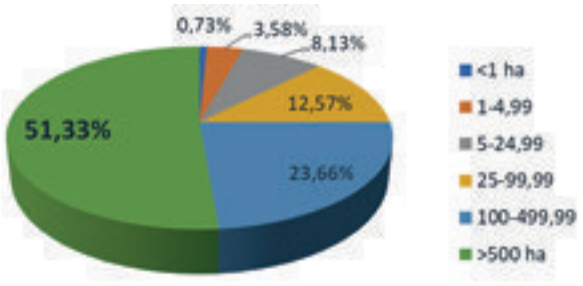
Unos pocos incendios queman la mayor parte de la superficie.

Un GIF o gran incendio forestal de acuerdo con la definición oficial del ministerio es el que afecta a una superficie mayor de 500 Has forestales, no obstante desde el punto de vista de la gestión de la emergencia denominanos GIF aquellos incendios que presentan episodios de comportamiento extremo del fuego y superan la capacidad de extinción del dispositivo. Con comportamiento extremos nos referimos a altas velocidades de propagación (>1 km/h), alta intensidad energética, y emisión masiva de focos secundarios que dotan al incendio de una gran capacidad para saltar las posibles oportunidades control y comprometen la seguridad de los intervinientes.

Número de IF



Superficie total



El número de GIF representa solo el 0.54% del total de incendios acaecidos, no obstante este pequeño porcentaje de incendios es responsable del 51.33% de los daños.

Clima e incendios forestales.

Como se ha comentado la principal causa de los incendios forestales son las acciones antrópicas, pero una vez iniciado el fuego, el nivel de energía (poder de destrucción) que un incendio puede desarrollar están íntimamente ligado con las condiciones meteorológicas actuales y como se han desarrollado las condiciones meteorológicas previas.

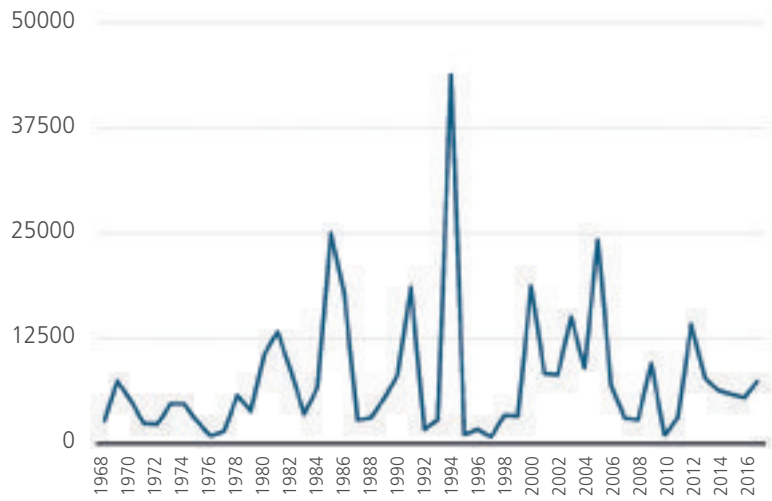
Precipitación, sequías e incendios forestales.

El principal factor que afecta a los incendios forestales es el régimen de precipitación existente. El déficit hídrico por la carencia de precipitación provoca estrés hídrico en los vegetales, y si esta situación se prolonga en el tiempo (sequía) obliga al vegetal a tomar medidas de protección fisiológica para evitar pérdidas de agua por excesiva transpiración (cierre de estomas, desprendimiento de partes del vegetal, parón vegetativo …) que en definitiva provocan que los elementos vivos de la vegetación participen activamente en los procesos de combustión al tener un menor contenido de humedad en su interior y ser necesario un menor nivel de energía para mantener una propagación sostenida (menor cantidad de energía para evaporar el contenido interno de agua). Este hecho, que desde el punto de vista técnico llamamos *disponibilidad del combustible vivo*, provoca que la cantidad de biomasa en condiciones de participar en el incendio se multiplique de manera ingente. En un incendio de intensidad media-alta solo los elementos muertos del vegetal y las zonas más desfavorecidas del vegetal vivo propagan el fuego. En condiciones de sequía la cantidad de combustible disponible puede ser hasta diez veces mayor creciendo por tanto la intensidad del fuego de manera proporcional.

Superficie Total afectada por Año		
Año	Superficie (Ha.)	Caracterización climática
1994	43.822	Sequía
1985	25.091	Sequía
2005	24.193	Año seco
2000	18.751	
1991	18.673	Sequía
1986	17.830	
2003	15.085	
2012	14.166	Año Seco
1981	13.320	Sequía
1980	10.648	Sequía

Tabla1.: "top ten" de los años de superficie forestal afectada

Superficie forestal CLM afectada por año



La relación entre períodos de sequía e incendios es clara. En nuestra historia reciente identificamos los siguientes episodios de sequía: 1980-1985, 1990-1995 y como años especialmente secos 2005 y 2012.

El *"top ten"* de los años de superficie forestal afectada en los incendios forestales siete se corresponden con periodos de sequía o años especialmente secos (Tabla 1).

1994 el peor año de incendios forestales en Castilla-La Mancha.

En 1994 resultaron afectadas por efecto de los incendios 43.822 Has, de las cuales 41.004, 99 se corresponden con terrenos forestales y 2.817,5 con terrenos de naturaleza no forestal. El efecto acumulativo de los años de sequía previos (desde 1990) más los episodios de altas temperaturas que se vivieron en el mes de julio de 1994 favorecieron el desarrollo del mayor incendio forestal ocurrido en la región, el 17 de julio, que afectó a 18.365,7 Has y que tuvo una duración de 11 días hasta que se dio por extinguido el 28 de julio de 1994.

Desde la UNAP se efectúa un seguimiento diario de la precipitación en la región, para ello monitorizamos alrededor de 650 observatorios meteorológicos pertenecientes a distintas redes públicas o privadas para tener una idea clara del potencial de peligro estacional de incendio forestal de acuerdo con las condiciones de sequía existentes. El análisis de los datos suministrados por aquellas estaciones que cuentan con histórico de más de 15 años arroja las siguientes tendencias:

- El 66% de las estaciones muestran una tendencia clara en la disminución de la precipitación media anual.
- Este efecto es más patente en las provincias de Guadalajara, Cuenca y Toledo, por ese orden.
- En las provincias de Ciudad Real y Albacete los datos no muestran una tendencia clara.

Precisamente las zonas con un régimen de precipitación mayor (Cuenca y Guadalajara) son las más sensibles a los efectos del déficit de precipitación pues la vegetación entra en disponibilidad para arder antes que en las zonas más secas donde la vegetación está más adaptada a sufrir los inconveniencias del déficit hídrico.

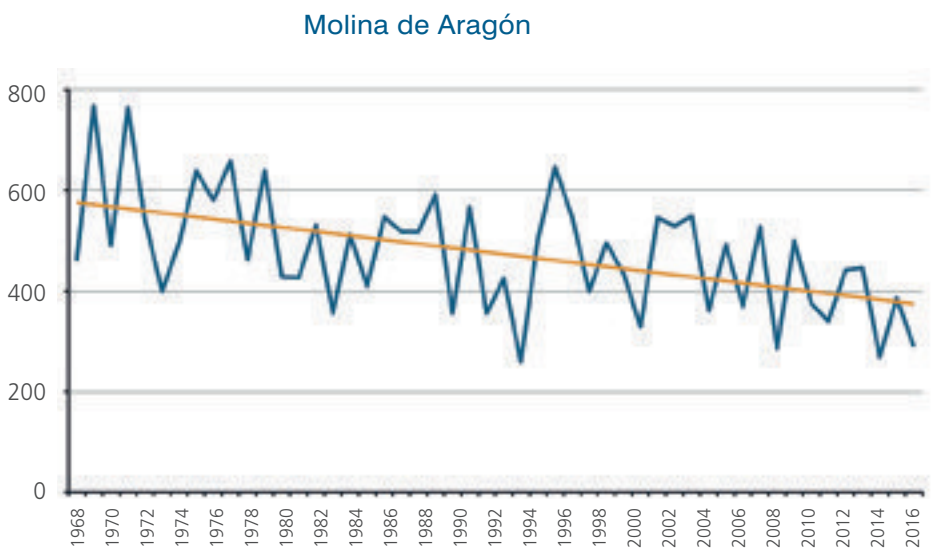


Figura 7: Evolución de las precipitaciones en la estación de Molina de Aragón (Guadalajara) de AEMET desde el año 1968 cuando comienza a registrarse la estadística de incendios forestales hasta 2016.

Indicadores de la sequía.

Para realizar un seguimiento de la sequía estacional y analizar el posible peligro que pueda suponer desde el punto de vista de los incendios forestales se utiliza el Drought Code (DC) o índice de sequía. El DC es uno de los subíndices del Fire Weaher Index (FWI) o Indice de peligro canadiense (Canadian Forestry Service, 1984-1987), utilizado para la determinación diaria del peligro meteorológico por incendio forestal.

El DC es un estimador de la humedad de la capa más profunda y compacta del mantillo y es un indicador de la importancia que puede tener la combustión sin llama en dicha capa y en los restos de combustibles secos de mayores diámetros (> 7,5 cm de diámetro).

Originalmente este índice se creó como un estimador de las reservas de agua de las capas superiores del suelo y no como un indicador del estado de los combustibles forestales (Turner, 1966).

El DC se calcula con el valor de la temperatura a las 12 h y la precipitación caída en el día. Es un índice acumulativo, que en el caso de periodos sin precipitación va sumando puntos cada día, y en caso de que llueva los resta. Este indicador esta aceptado por la mayoría de los servicios de LCIF, y en el caso de Castilla-La Mancha está ajustado a las características climáticas de la región y calibrado estadísticamente para determinar la relación entre el DC y la superficie forestal que potencialmente pueden afectar los incendios forestales.

Como ejemplo a continuación se presenta la evolución del DC en la estación de AEMET de San Pablo de los Montes (Toledo) entre el 4 de Abril de 2017 y el 31 de agosto de 2017. El dia 23 de agosto ocurrio un incendio forestal que afecto a 51 Has en las cercanías de la localidad.

Como se puede observar en la tabla anterior las peores condiciones de sequia y por tanto de disponibilidad de los combustibles más pesados se alcanzaron en los meses de octubre y noviembre, fuera de lo que se considera la época de peligro alto de incendios forestales tradicional (1 de junio al 30 de septiembre)

Percentil	Valor del DC	Caracterización DC	Color
< 0,06	< 150	Muy Bajo	
0,061 -0,62	151 - 291	Bajo	
0,62 - 10	292 - 490	Moderado	
10 – 25	491 - 628	Medio	
25 - 50	629 - 806	Alto	
50 – 80	807 - 997	Muy Alto	
80 - 95	998 – 1230	Severo	
>95	> 1230	Extremo	

Tabla 2: Ajuste de clases de peligro del DC en función del histórico de ocurrencia de incendios forestales mayores de 40 Ha. de superficie forestal.

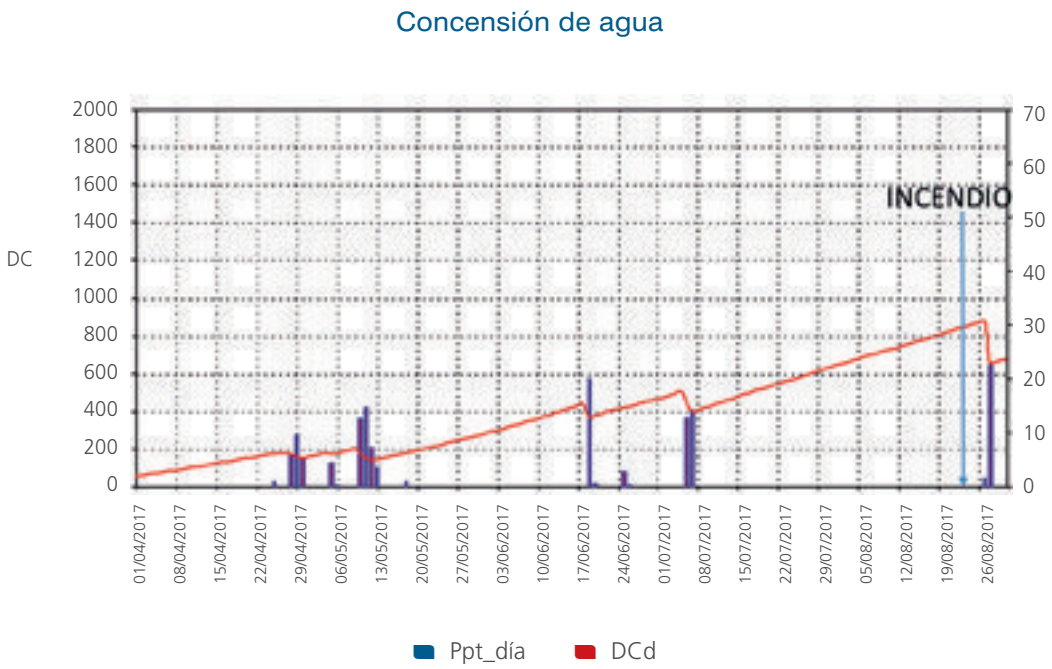


Figura 8: Evolución del DC en la localidad de San Pablo de los Montes.



Figura 9: Desarrollo del incendio de San Pablo de los Montes (Toledo) el 23/08/2017.

Evolución del DC en Castilla-La Mancha durante el año 2017.

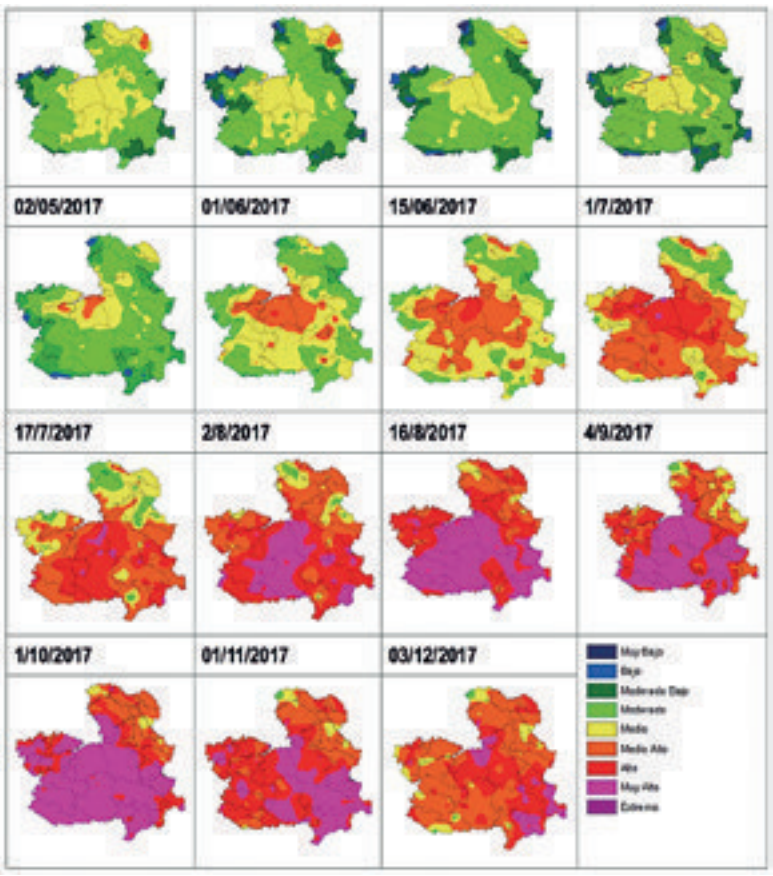


Tabla 3: Evolución del índice de Sequía durante el año 2017.

Temperatura y olas de calor.

Las observaciones históricas climáticas indican claramente la tendencia de incremento en la temperatura media diaria 0.13ºC por década según Brunet et al. En el período de 1901-2005.Y claramente las proyecciones climáticas para el futuro muestran un incremento de las temperaturas medias.

Desde el punto de vista de los incendios lo que realmente genera problemas es la ocurrencia continuada durante varios días de temperaturas por encima de determinados umbrales. Es lo que se denomina *ola de calor*. Aunque existen varia definiciones sobre el termino ola de calor presentamos la última propuesta por la AEMET en el documento Olas de calor en España desde 1975, octubre de 2017.Aquí se define ola de calor como "*un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000*".

La ocurrencia de una ola de calor supone lo que desde el punto de vista de los incendios forestales denominamos como una *situación sinóptica de riesgo*, que en la península ibérica ocurren fundamentalmente debido a la incursión de la masa de aire cálido procedente de áfrica. La persistencia continuada de altas temperaturas y por tanto bajas humedades relativas supone para los vegetales una situación crítica.

Los vegetales vivos en su ciclo diario pierden humedad por transpiración en las horas centrales del día y recuperan humedad durante la noche. Para que este ciclo se mantenga equilibrado y no genere un déficit importante para la planta, los valores de temperatura y humedad relativa deben de mantenerse en unos umbrales mínimos durante la noche. Si esos mínimos no se alcanzan la planta va acumulando un déficit diario que acaba situándola en condiciones favorables para participar activamente en los procesos de combustión.

Episodios de ola de calor, número de días con ola de calor durante el verano y duración de la ola de calor más larga de cada verano, desde 1975

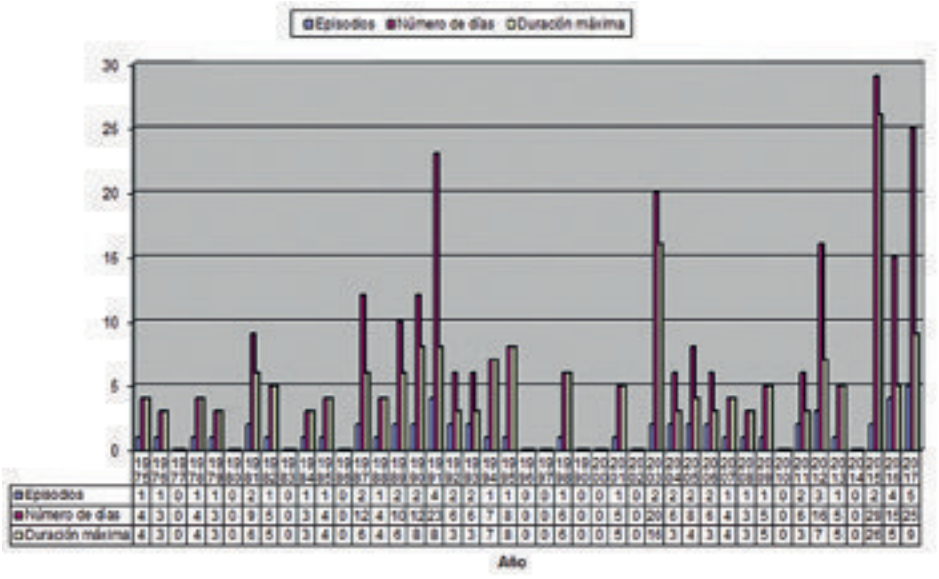


Figura 10: Olas de calor en España desde 1975 durante el verano y duración de las mismas, AEMET. Octubre de 2017.

Por otra parte como ya se ha mencionado, hay otra parte de combustibles que intervienen en un incendio que son los combustibles muertos (herbáceas secas, hojas y acículas muertas, ramillos y ramas secas) que tienen un régimen de humectación propio, y que es extremadamente dependiente de la situación de la temperatura y humedad relativa del entorno que les rodea. Estos son los denominados combustibles muertos y que juegan un papel fundamental en el inicio y posterior propagación del fuego forestal.

Los combustibles muertos más finos son los elementos iniciadores y principales propagadores del fuego.

La incidencia de las olas de calor sobre la ocurrencia y posterior desarrollo de los incendios es clara, en Castilla –La Mancha en términos medios desde 1975 el 25% de los daños producidos por los incendios se producen en el transcurso de episodios de ola de calor. De acuerdo con los datos presentados por AEMET en el documento sobre olas de calor (octubre 2017) el número de episodios y la duración de los mismos tienen tendencia creciente en los últimos años. En los últimos 10 años hemos sufrido episodios significativos de ola de calor en los años 2012, 2015 y 2017.

Veamos cómo han influido durante los últimos años las olas de calor en los incendios forestales:

- Durante el verano de 2017 sufrimos 5 episodios de ola de calor con una duración total de 25 días, el episodio más prolongado fue el comprendido entre el 13 y el 21 de junio, con nueve días de duración. En ese mismo año la superficie forestal ardida en esos episodios supone el 81% de la superficie forestal siniestrada a lo largo de todo el año 2017.
- En el verano de 2015 padecimos dos olas de calor. El primer episodio duró 26 días, del 27 de junio al 22 de julio (la ola de calor más prolongada al menos desde que se tienen registros). El segundo episodio fue del 27 de julio al 29 de julio, total durante el verano 29 días de ola de calor. La superficie forestal afectada por incendios en episodios de ola de calor durante el verano de 2015 supone el 65% del total quemado durante todo el año.
- Durante el verano de 2012, se produjeron tres olas de calor con un total de 16 días sometidos a estas condiciones críticas. El nivel de daños producido por los incendios forestales en estos tres episodios supuso el 68% de la superficie forestal afectada durante todo el año. Además

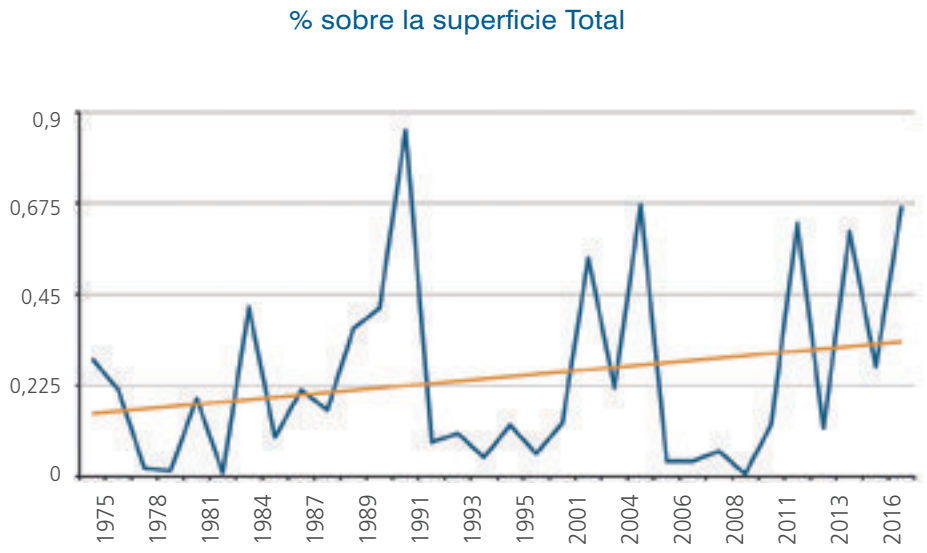


Figura 11: Porcentaje de la superficie forestal quemada en episodios de ola de calor en CLM desde 1975

2012 fue un año especialmente seco, con lo que ambos factores adversos se conjugaron para dar una superficie total afectada por los incendios de 15.694 Ha.

Además es frecuente que dentro de la dinámica de las masas de aire que afectan a la península ibérica que a estos episodios de alta temperatura le sigan episodios de viento , cuando las masas de aire cálido africanas son empujadas (comprimidas) por masas de aire más frio procedentes del NW (atlántico). Lo que puede dar lugar a episodios realmente graves como el producido durante el desarrollo del incendio de la Riba de Saelices en el año 2005 en Guadalajara en el murieron 13 intervinientes en las tareas de extinción. Si a esto se le suma los efectos de una sequía estacional prolongada tenemos todos los ingredientes para conseguir GIF con desarrollo energéticos muy potentes totalmente fuera de la capacidad de contención de los dispositivos de extinción de incendios forestales. En estas situaciones aunque la ola de calor en sí, haya desaparecido los combustibles han un conservar una gran inercia con respecto a los efectos de las altas temperaturas y bajas humedades relativas.

En las imágenes de abajo (tabla 4) se puede observar la situación sinóptica (mapa de 850 hPa, unos 1500 m de altura) ocurrida en el mencionado incendio, en el que la aproximación de una vaguada desde el atlántico (aire más frio, colores anaranjados) empuja hacia el este a la dorsal africana (masa de aire más cálido, colores rosados) generando una zona frontal con fuertes vientos en el área central de la península.

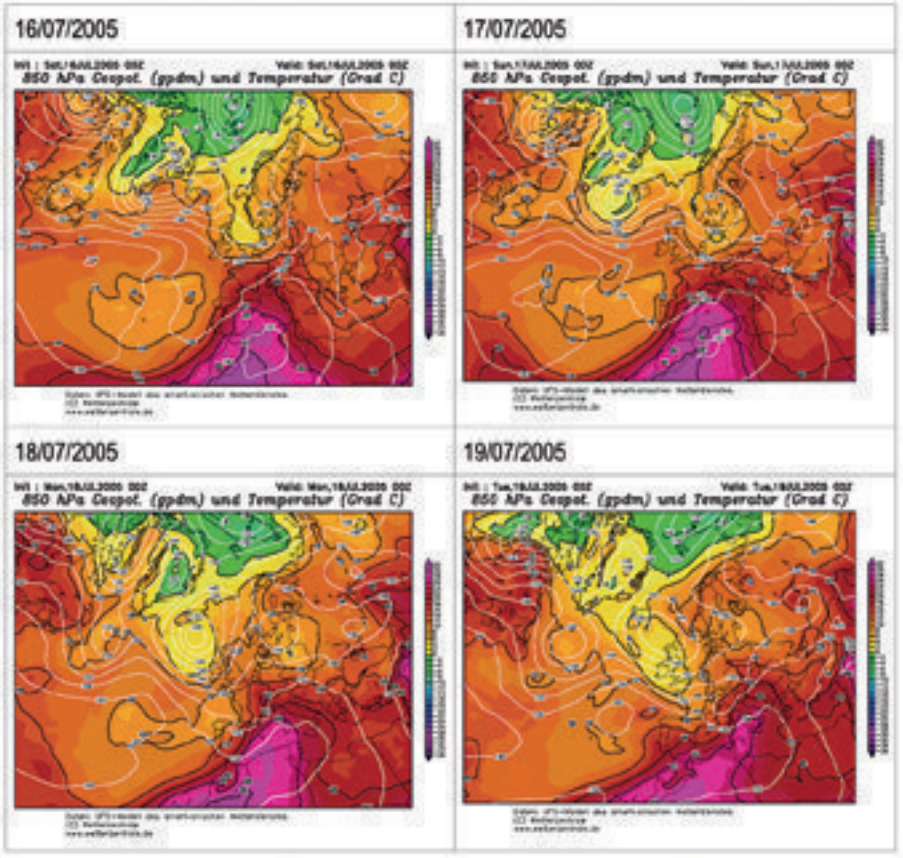


Tabla 4: Evolución sinóptica entre los días 16/07/2005 y 19/07/2005 durante los que se desarrolló el incendio de la Riba de Saelices en Guadalajara



Figura 12: Imagen del desarrollo de la columna convectiva del incendio de la Riba de Saelices el día de 16/07/2005 a las 18:26 h. El incendio se desarrolla con altas temperaturas, bajas humedades relativas y vientos de más de 30 km/h. Las velocidades propagación sobre el eje principal de desarrollo del fuego superaron los 6 km/h, en determinadas fases, teniendo una velocidad de propagación media de 3,6 km/h.

Episodios de viento.

Castilla-La Mancha a diferencia de otras regiones del país no presenta un régimen de vientos significativo en cuanto a intensidad se refiere. Este hecho facilita en gran medida las operaciones de extinción. Existe una dominancia clara de los vientos de componente SW, al menos en lo a incendios forestales pues la gran mayoría de los incendios son movidos por esta componente de viento.

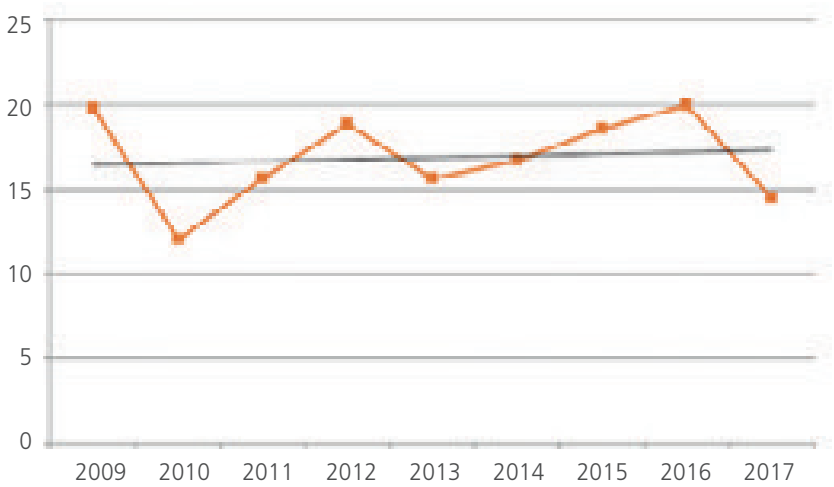


Figura 13: Promedio de la velocidad de viento en incendios forestales mayores de 50 Ha. En Castilla-La Mancha.

Aunque el factor viento es difícil de cuantificar por su variabilidad espacio-temporal en la figura 12, se representa la velocidad media del viento registrada en los incendios acaecidos entre los años 2009 y 2017. Los valores promedios se encuentran entre los intervalos de 15 a 20 km/h. La distribución de los datos en es en forma de dientes de sierra, con una muy pequeña tendencia creciente que no resulta desde el punto vista del análisis significativa.

Incendios forestales producidos por tormentas.

En los primeros apartados se ha hablado como los incendios provocados por rayo como incendios por *causa natural*. Estos incendios de rayo suponen en términos medios en los últimos años un porcentaje del 15% sobre el total de incendios.

La ocurrencia de tormentas no solamente tiene incidencia en la ocurrencia de incendios, desde el punto de vista de la seguridad en la intervención dan lugar a escenarios con vientos cambiantes en dirección e intensidad que pueden complicar las operaciones de extinción.

Excepto en el 2017 que los episodios tormentosos han sido más numerosos (1,5 veces mayor que la media histórica), no se aprecian fluctuaciones significativas o tendencias en los últimos años achacables a los fenómenos de cambio climático.

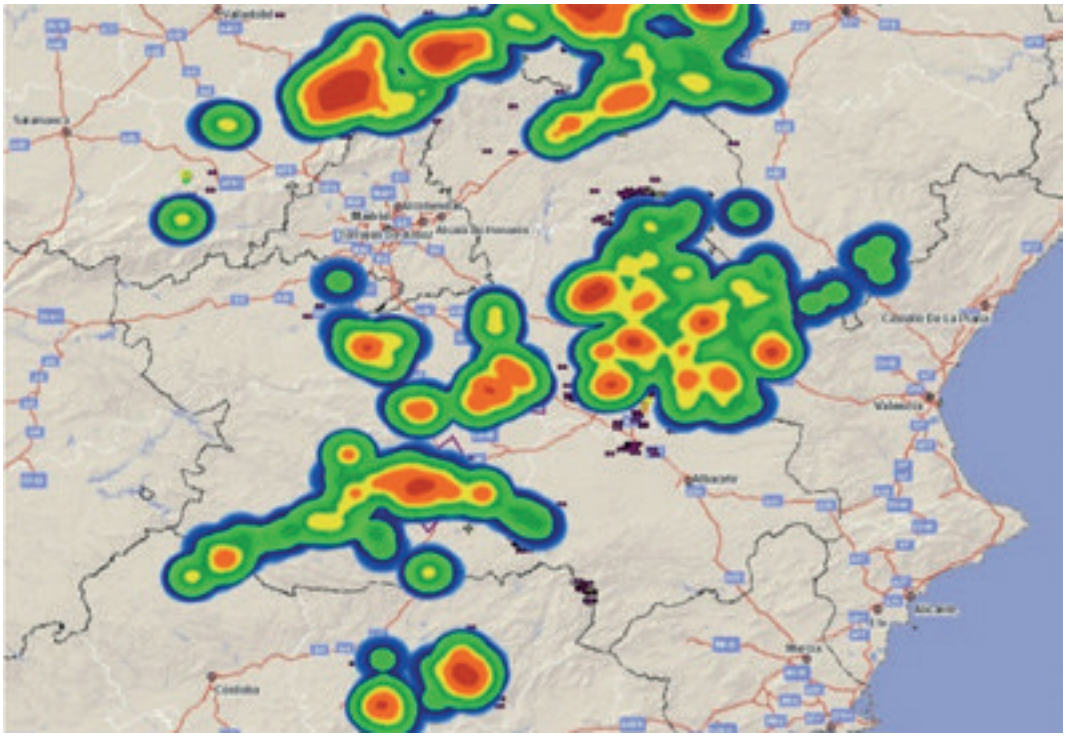


Figura 14: Situación de desarrollo de núcleos tormentosos en la tarde del 15/06/2017. Incendio de Almoguera. Guadalajara que complico enormemente las tareas de extinción, en primera instancia y que una lluvia torrencial finalmente ayudo a su control final.



Figura 15: Desarrollo del incendio de Almoguera (Gu) el 15/06/2017 en plena ola de calor y en el cual un nucleo tormentoso ayudo a aumentar su intensidad y que finalmente la lluvia de la propia tormenta ayudó a controlar. No obstante los incendios en escenarios tormentosos pueden resultar muy peligrosos por la variabilidad en los vientos producidos por la propia tormenta.

Incendios forestales en clm: tipologías de incendios forestales y evolución de las condiciones de propagación de los incendios en los últimos años.

Tipologías de incendios.

Clasificación de los incendios por patrón de propagación.

Clasificamos los incendios forestales en cuatro tipos, atendiendo al factor de propagación que más peso tiene en su dinámica de propagación. La identificación de la tipología de cada incendio puede tener importantes implicaciones operativas y de seguridad en la intervención, pues puede mejorar la identificación de objetivos, zonas de oportunidad donde poder contener el incendio y en definitiva mejorar la efectividad de las operaciones.

Topográficos.

En estos incendios el factor de más influencia es el desnivel del terreno provocado por la diferencia de cotas (pendiente), tienen asociados los vientos generados por las diferencias de calentamiento entre distintas laderas, valles u otros accidentes del terreno (vientos topográficos).

Viento.

Asociados a episodios de viento general de cierto nivel de intensidad (generalmente mayores de 15 km/h en velocidad media). Estos incendios se producen al paso de sistemas frontales (fríos o cálidos). Como se comentó en el apartado anterior los vientos dominantes en los incendios son de componente suroeste.

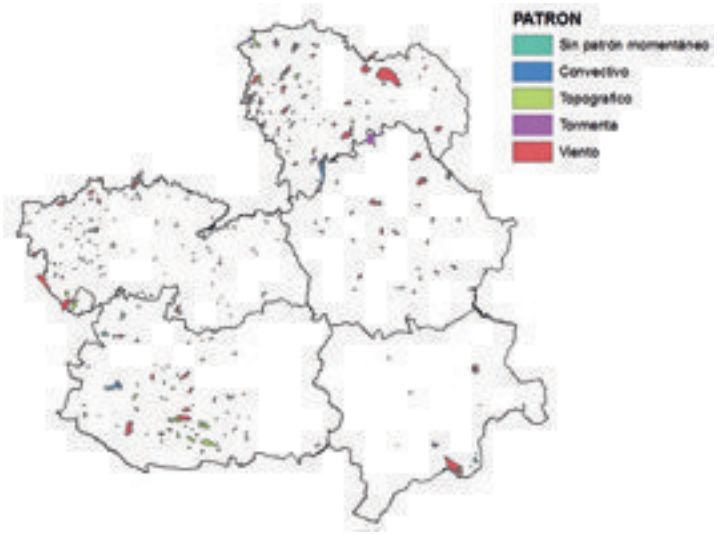


Figura 16: Mapa de distribución de incendios forestales (>40 ha) a nivel regional en función de su patrón de propagación.

Tormenta.

Incendios movidos por vientos generados por núcleos tormentosos.

Convectivos.

Este tipo de incendios es el más peligroso por la gran intensidad que pueden generar y por ser difícil la predicción de su evolución.

Mapa distribución regional.

Se presenta a continuación un mapa con la distribución de los incendios forestales en función de su patrón de propagación en el período 2000-2016

Tasa de propagación.

La tasa de propagación (Delta) mide el crecimiento en unidades de superficie en la unidad de tiempo (hectáreas por hora) del incendio y nos da una idea clara de cómo ha sido la evolución de los comportamientos medios del fuego en un año determinado.

De esta forma se puede analizar de forma objetiva la influencia de factores climáticos o episodios meteorológicos adversos han tenido en la evolución de los incendios de cada año.

A la vista de los valores representados en la figura 17, se observa claramente que el peor año en cuanto a comportamiento energético de los incendios fue el 2012. Esto fundamentalmente fue debido a dos razones, como ya se ha comentado anteriormente, los efectos de la sequía acumulada (año seco, con invierno y primavera con escasas precipitaciones) y los episodios de ola calor sufridos desde finales del mes de junio. El siguiente año en cuanto a complejidad de los incendios fue el 2015, debido en su mayor parte a los incendios ocurridos en la ola de calor más larga de la historia, que se prolongó desde finales de junio hasta casi finales del mes de julio. El año 2017 a pesar de haber sufrido 6 olas de calor, los efectos de las mismas fueron mitigados en gran parte por los episodios

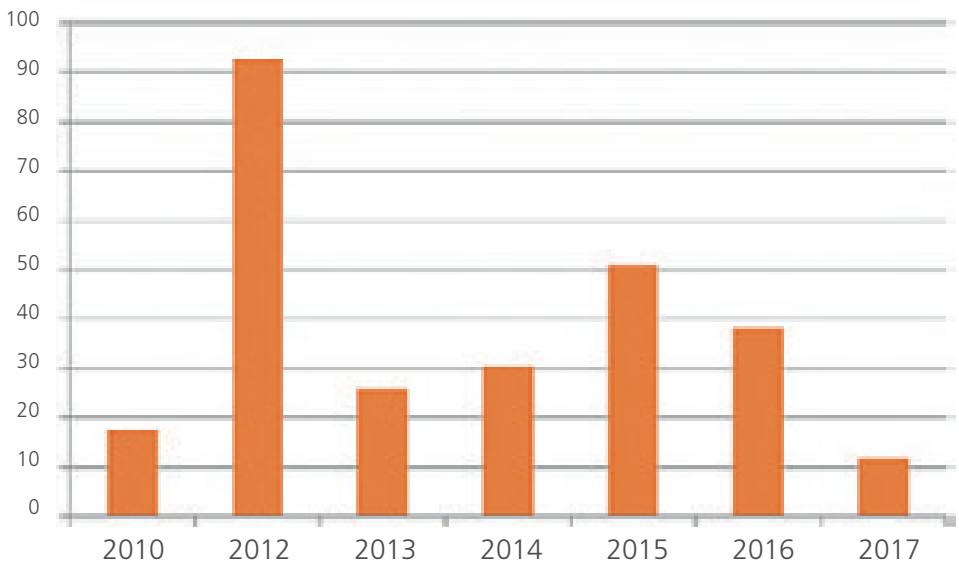


Figura 17: Evolución de la tasa de propagación en el periodo 2010-2017 (Ha./hora)

Interpretación de los valores

Delta	Capacidad de extinción
< 6,5 ha/h	El incendio normalmente se contiene en el ataque inicial
6,5 - 21 ha/h	El incendio normalmente se contiene en el ataque ampliado
>21 ha/h	Incendio totalmente fuera de capacidad, será necesario esperar a oportunidades que favorezcan las tareas de extinción.

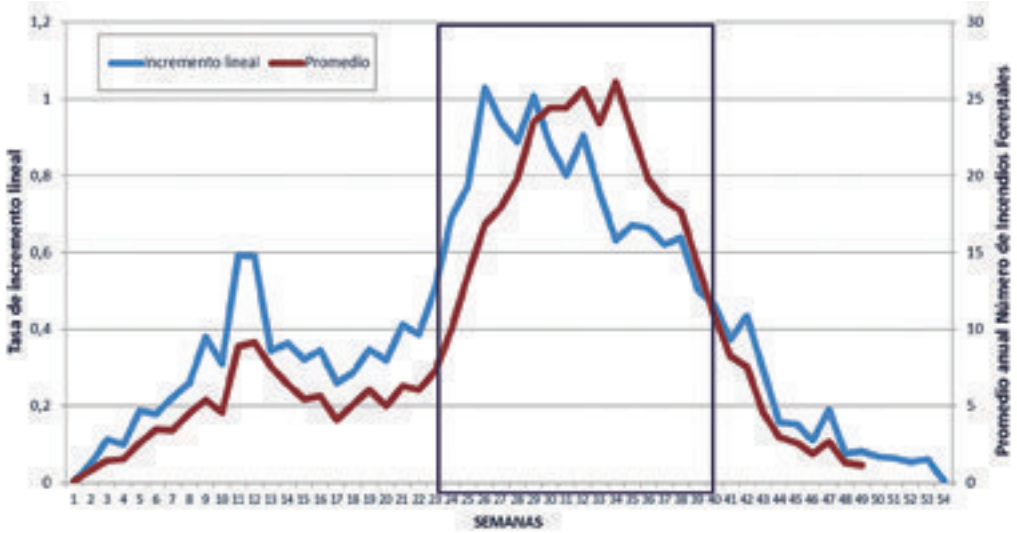
de lluvias torrenciales ocurridas a principios del mes de julio y finales del mes agosto, no obstante la época de peligro se prolongó hasta el mes de noviembre.

Evolución de la época de peligro de incendios.

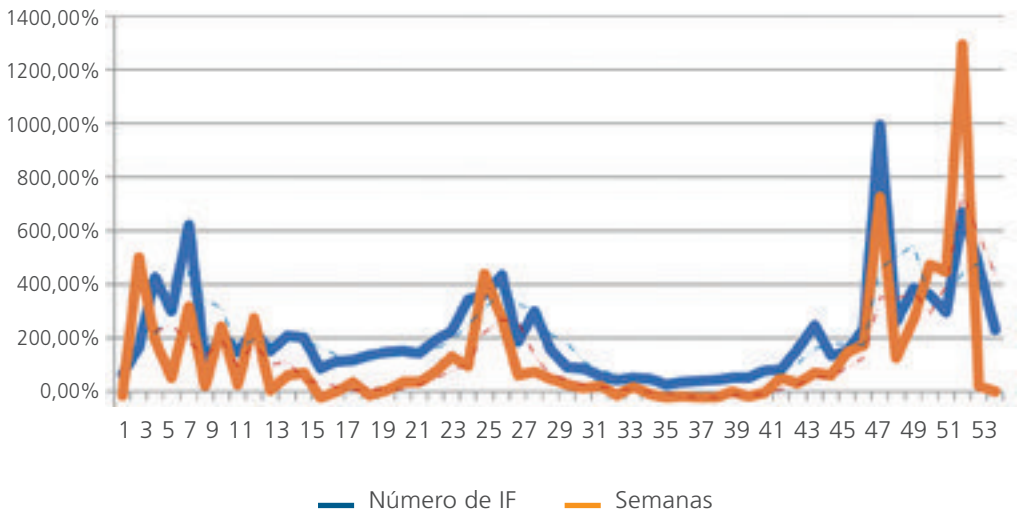
Número de incendios.

Representando la distribución de número de incendios forestales por semanas se observa un máximo absoluto durante el periodo estival, con un máximo relativo durante el final del invierno. Una representación de la pendiente de la recta de regresión por ajuste lineal dela variable número de incendios ayudará a comprender si el incremento a lo largo de la serie temporal utilizada (1968-2017) para este análisis es positivo (creciente) o negativo (decreciente).

Incremento lineal Número IF



Valoración Número IF y superficie Total (%)



Si bien el mayor número de incendios forestales aparece entre las semanas 27 y 39, el mayor incremento se encuentra desplazado hacia el periodo comprendido entre las semanas 24 y 33; esto es, hacia el final de la primavera. Del mismo modo, aparece un máximo relativo en número de incendios forestales entre las semanas 10 y 13, correspondientes al final del invierno, coincidente con otro máximo relativo en incremento lineal de número de incendios forestales.

Superficie forestal

Comparando los valores de número de incendios forestales y superficie total afecta de las serie 2000-2017 con la serie 1968-2000, se obtiene del gráfico de la página anterior.

La representación por semanas de la variación porcentual del número de incendios forestales indica un incremento a lo largo de todo el año. Sin embargo, este incremento alcanza sus máximos en tres periodos: mes de febrero, final de la primavera y otoño. Así, se observa un incremento alrededor del 500 % en los meses de otoño y del 400 % al final de la primavera.

En lo que a superficie total afectada por los incendios forestales se refiere, se detecta un incremento en la misma línea que el reflejado para el número de incendios forestales, pero en menor medida. El incremento de febrero es del 200 %, siendo prácticamente nulo en abril, superando el 200 % al final de la primavera, y superando el 600 % en diciembre. No obstante, debido a que el valor absoluto de la superficie forestal afectada es muy baja, el incremento porcentual de la misma no adquiere tanta relevancia como el incremento del número de incendios forestales.

Conclusiones.

Desde el punto de vista estrictamente meteorológico se observa un empeoramiento de los factores que afectan de forma favorable al inicio y posterior desarrollo de los incendios forestales que se han presentado en este documento:

- Incremento de la temperatura media, máximas y mínimas-
- Incremento del número de olas de calor y su duración
- Tendencia a la disminución de la precipitación en algunas zonas de la región.
- Evolución de los períodos de sequía.

El número de incendios forestales muestra una clara tendencia creciente año a año, pero sin embargo las superficies afectadas por los mismos no presentan la misma evolución, fluctuando año a año en función de las características específicas del mismo. Bien es cierto que las series históricas de estudio son muy cortas y no permiten efectuar afirmaciones con rotundidad.

Desde el punto de vista de la gravedad de los incendios el factor climático de más peso son los periodos de sequía, pero no obstante para tener un escenario totalmente desfavorable deben coincidir los periodos de sequía y los episodios de altas temperaturas.

Por otro lado también se está produciendo una radicalización del clima pues se está pasando de episodios de altas temperaturas a otros de bajas o muy bajas en cuestión de días. De la misma manera los periodos de severas sequias se están alternando con periodos o estaciones de abundante precipitación, que de alguna manera por el momento equilibran la balanza y no dan lugar a empeoramientos dramáticos de los escenarios favorables para los incendios forestales.

Lo que si podemos afirmar con rotundidad es la ampliación de las épocas de peligro alto, que tradicionalmente han ido de junio a septiembre. Actualmente podemos encontrarnos un episodio favorable para el desarrollo de incendios forestales en cualquier época del año. Desde el punto de vista estructural y organizativo este hecho tiene una gran importancia a la hora de planificar y distribuir temporalmente y sobre el territorio los recursos para la prevención y extinción de incendios.

Anexos:

Incendios mas significativos de los años 2016 y 2017

Tabla 5: Incendio Almoguera (GU) 15/06/2017.

INCENDIO ALMOGUERA			
Nº Fidias:	2017190175	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 502622 Y: 4455600
Provincia:	Guadalajara	Día/mes/año	15/06/2017
Término Municipal	Almoguera	Hora de inicio	16:58 h
Comarca	Campiña	Superficie (ha)	Forestal: 190,75 ha No Forestal: 4,09 ha Total: 194,84 ha
Paraje		Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento y tormenta		
Datos Meteorológicos	Fase 1, día 15 (Illana): Tª: 40,03º C HR: 12,44 % Viento general: 8 km/h W, (racha máx. 46 km/h) Ppt: 6,87 mm (Tormenta)		
Combustible	El incendio afectó a zonas de arbolado disperso de encina (Quercus ilex), pino carrasco (Pinus halepensis), y zonas desarboladas cubiertas principalmente por esparto (Stipa tenacissima) y romero (Rosmarinus officinalis). Modelos ppales: 2, 4 y 10.		
Comportamiento	Velocidad de propagación: 15 m/min (0,9 km/h) según eje de máxima propagación. Long. de llama máximas estimadas: 3-5 m de, con focos secundarios a corta distancia, y, posteriormente, zonas de mayor longitud de llama en carreras a favor de pendiente (>5m), con focos secundarios a mayor distancia, 50-100 m, propagando de copas por la encina. En fase más crítica de descarga de viento de la tormenta, velocidades e intensidades superiores.		
Evolución Incendio	En su inicio, propaga en zona llana siguiendo el viento general del W hasta llegar a zona forestal, primer punto crítico en zona de nudo de barranco, donde realiza una primera carrera a favor de viento, pendiente y exposición. Una vez en zona alta, el fuego tiende a seguir, como eje de propagación, la cresta principal, de W a E, en su acción sobre viento de componente principal W. Posteriormente, empiezan a crecer núcleos tormentosos cercanos al incendio, que empiezan a afectar a la propagación del incendio, al cambiar el régimen de vientos, del general, al producido por la tormenta. Acto seguido a esta fase de descarga de viento de la tormenta, se producen precipitaciones, lo que conlleva la estabilización del fuego		

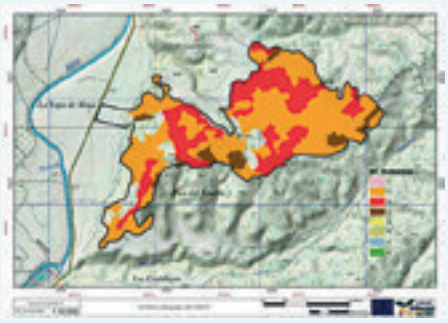
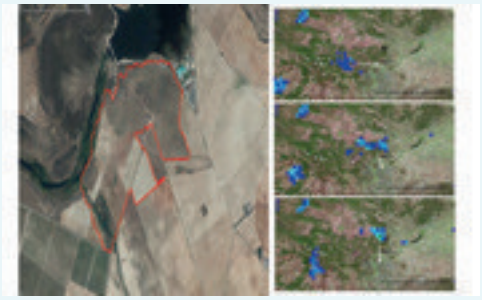
INCENDIO ALMOGUERA	
 Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.	 Fase inicial del incendio desde flanco izdo., (17:49 h) a la llegada 1ª HT.
 Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie le corresponde al modelo 2 (Rothermel)	 Reproducción (día 17) en la zona de flanco derecho/cola. (20:42 h).

Tabla 6: Incendio Ciudad Real (CR) 13/07/2017.

INCENDIO CIUDAD REAL			
Nº Fidias:	2017130218	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 414152 Y: 4323404
Provincia:	Ciudad Real	Día/mes/año	13/07/2017
Término Municipal	Ciudad Real	Hora de inicio	19:17 h
Comarca	Campo de Calatrava	Superficie (ha)	Forestal: 40,89 ha No Forestal: 23,48 ha Total: 64,37 ha
Paraje	Pantano El Vicario	Nivel de Gravedad	NIVEL 1
Tipología de incendio	Conducido por viento (tormenta cercana).		
Datos Meteorológicos	Estación de La Entresierra (red SIAR): Tª: 36º; HR: 12%; Viento: Módulo: 7 km/h; Dir: NW.		

INCENDIO CIUDAD REAL	
Combustible	El incendio afectó principalmente a zonas de pasto y matorral con diferentes concentraciones de coscoja (Quercus coccifera), y retama (Retama sp.), con presencia de arbolado disperso de encina (Quercus ilex), y zonas de vegetación de ribera. Modelos principales: 2, 4 y 5.
Comportamiento	Velocidad de propagación: Rápida en el inicio, por la afección de los vientos fuertes de la tormenta. Cuando pasó esta fase la velocidad disminuyó considerablemente, pasando a propagación lenta. Long. de llama máxima estimada: 3-5 m, coincidiendo con las carreras con alineación de viento y la entrada en las manchas de combustibles más pesados. El resto del incdedio no alcanzó longitudes de llama superiores a 1,5 m., excepto cuando alcanzaba concentraciones de combustible en estas manchas o en barrancos.
Evolución Incendio	En su inicio es conducido por los vientos de W generados por la tormenta cercana, que hacen que el incendio alcance el único cerro afectado donde además coincide con las mayores concentraciones de combustible pesado, alcanzándose las mayores intensidades. En su evolución se dirige hacia unas instalaciones recreativas cercanas, y hacen que se produzca una emergencia por alarma social y riesgo a la población. Al desplazarse la célula tormentosa hacia el NE y perder intensidad, el viento cambia de dirección, con una variación superior a 90º, disminuyendo en módulo y dirigiendo el incendio a zonas de combustible más favorables para la extinción.



Perímetro final, e imágenes del paso de la tormenta según el rádar de AEMET.



Fase inicial del incendio desde las piscinas hacia las que se dirigía en primera instancia (aprox. 19:00 h). Momento de mayor intensidad en comportamiento.



Fase final del incendio (19:46 h), en la que se aprecia el giro de viento.



Vista de general de la fase final (20:19 h). Variabilidad de combustibles.

Tabla 7: Incendio Yeste (AB) 27/07/2017.

INCENDIO YESTE			
Nº Fidias:	2017020250	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 555083 Y: 4253423
Provincia:	Albacete	Día/mes/año	27/07/2017
Término Municipal	Yeste	Hora de inicio	11:18 h
Comarca	Sierra del Segura	Superficie (ha)	Forestal: 3074,43 ha No Forestal: 142,65 ha Total: 3217,08 ha
Paraje	La Parrilla	Nivel de Gravedad	NIVEL 2
Tipología de incendio	Conducido por viento		
Datos Meteorológicos	Tª máx.: 40º C HR: 10-15 % Viento general: 10-20 km/h componente W (rachas 40-50 km/h madrugada del 28/07)		
Combustible	Parte del desarrollo del incendio discurre sobre terreno incendiado el año 1994, con masa forestal en estado de latizal de especies de pinus sp. principalmente, que constituye un modelo de combustible tipo 4+. Modelos 2, 9 y 10 (según Rothermel).		
Comportamiento	Vel. de prop. máx: 30/07, 35 m/min (2,1 km/h) cabeza/flanco izdo; 28 y 30/07, 15-20 m/min (0,9-1,2 km/h) cabeza/flanco dcho. Long. de llama máx. estimadas: 20 m en cabeza y 3 m en flancos. Emisión de focos secundarios: puntuales a 200 m y masivos a 50 m.		
Evolución Incendio	El incendio presenta una propagación dominada por el viento y condicionada por la topografía. La fase inicial presenta una propagación topográfica, realizando la carrera principal en línea de máxima pendiente, sin abrirse de flanco, hasta llegar a la cuerda desprovista de vegetación (calar del río Mundo) donde se detiene la cabeza. Posteriormente, el incendio comienza a abrirse de flanco, siendo más activo el NE, como consecuencia del viento general de componente W, y el efecto rotor generado en la cresta por éste. El eje de máxima propagación, se mantuvo hacia el sector E, hasta la estabilización del incendio (a partir del día 1 de agosto). El episodio más energético y con mayor superficie quemada, coincidió con los días 28 y 30 de julio.		

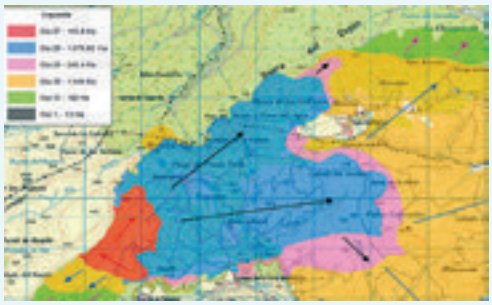
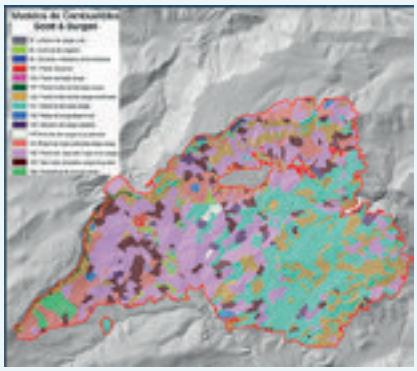
INCENDIO YESTE	
 Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.	 Fase inicial del incendio (11:39 h) a la llegada 1ª HT.
 Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie le corresponde al modelo 4+ (Rothermel)	 Evolución del incendio a las 16:12 h del día 28 julio.

Tabla 8: Incendio Campillo de Alto Buey (CU) 31/07/2017.

INCENDIO CAMPILLO DE ALTO BUEY			
Nº Fidias:	2017160294	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 606852 Y: 4383863
Provincia:	Cuenca	Día/mes/año	31/07/2017
Término Municipal	Campillo de Alto Buey	Hora de inicio	15:31 h
Comarca	Manchuela	Superficie (ha)	Forestal: 1057 ha Total: 1057 ha
Paraje		Nivel de Gravedad	NIVEL 1
Tipología de incendio	Conducido por viento		

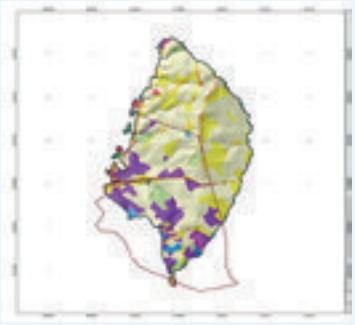
INCENDIO CAMPILLO DE ALTO BUEY	
Datos Meteorológicos	Al inicio: Tª máx.: 35º C HR: 10-15 % Viento general: 15-20 km/h componente S-SW (rachas 30 km/h)
Combustible	El incendio ha afectado a zonas de matorral de encina y arbolado disperso ocasionalmente agrupado en rodales en rodales de Pinus pinaster, P. halepensis y P. nigra, también ejemplares de encina (Quercus ilex), sabina albar (Juniperus thurifera), sabina mora (Juniperus phoenicia), enebro, (Juniperus oxicedrus) y romero (Rosmarinus officinalis). Modelos 2, 5 y 10 (Rothermel)
Comportamiento	Vel. de prop. máx: 20 m/min (1,2 km/h) en el eje principal de propagación Long. de llama máx. estimadas: 25 m en cabeza y 3 m en flancos. Emisión de focos secundarios: puntuales a 150 m y masivos a 50 m.
Evolución Incendio	Iniciado a consecuencia de un accidente de tráfico, el fuego pasa a afectar a la vegetación circundante, y desde el inicio presenta un comportamiento de elevada intensidad con fuego de copas pasivo en la masa de pinar y emisión de focos secundarios a corta y media distancia. Desde las 18:00h hasta las 19:00h el incendio continúa impulsado por el viento a lo largo del eje de crestas. A partir de las 19.00 h alcanza una masa de encinar de alta densidad y alta disponibilidad. Desde las 20:20 h, el viento se mantiene en componente SE y disminuye en módulo, el flanco izquierdo se convierte en cabeza, progresando hasta la línea de cultivos. Entre las 22:00-23:00 h mejora las condiciones de HR y viento, produciéndose la estabilización y detención del avance del frente.



Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.



Evolución del incendio a las 17:52 h del día 31 julio.



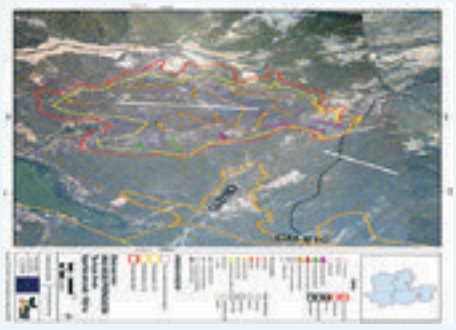
Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie le corresponde al modelo 5 (Rothermel)



Evolución del incendio a las 19:37 h del día 31 julio.

Tabla 9: Incendio Cañamares (CU) 09/08/2017.

INCENDIO CAÑAMARES			
Nº Fidias:	2017160304	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 564717 Y: 4480636
Provincia:	Cuenca	Día/mes/año	09/08/2017
Término Municipal	Cañamares	Hora de inicio	21:32 h
Comarca	Serrania Media	Superficie (ha)	Forestal: 158,9 ha Total: 158,9 ha
Paraje	Puerto del Monsaete	Nivel de Gravedad	NIVEL 2
Tipología de incendio	Conducido por viento		
Datos Meteorológicos	Tª máx.: 15º C HR: 40-50 % Viento general: 20-25 km/h componente NE		
Combustible	El incendio ha afectado en su mayor parte a monte arbolado con Pinus pinaster como especie principal, con densidades de 800- 1000 pies/ha y con FCC de 90-100%. Al tratarse de montes particulares, éstos presentaban un sotobosque denso, compuesto fundamentalmente de Quercus ilex, Juniperus oxicedrus, Rosmarinus officinalis etc. Modelo 8 y 9 (Rothermel).		
Comportamiento	Vel. de prop. máx: 10 m/min (0,6 km/h) en el eje principal de propagación Emisión de focos secundarios a media y larga distancia		
Evolución Incendio	Comienza el incendio con carreras ascendentes buscando el eje de cresta, y carreras a contraviento ascendentes hasta la cuerda del "Monsaete". En el inicio y en cresta registra el comportamiento más energético. Desde las 23:30 h a las 3:30 h, el viento mantiene la componente NE, pero desciende progresivamente en modulo hasta los 5 km/h. Desde las 3:30 h hasta las 9:30 h, ralentiza considerablemente su propagación, tanto en la zona de cabeza como el flanco dcho. que avanza de recula; únicamente en flanco izdo. avanza mediante carreras topográficas ascendentes. A partir de ese momento, propaga únicamente por superficie, lo que permite la estabilización y contención con ayuda de los medios aéreos incorporados al orto.		



Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.



Incendio a las 21:45 h, se observa el fuego en sus primeros momentos de evolución.

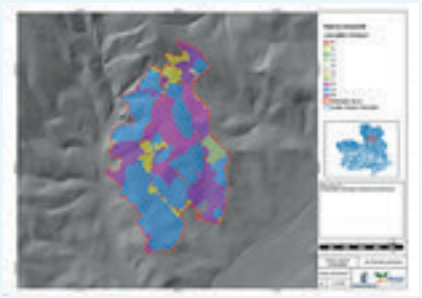
INCENDIO CAÑAMARES	
 Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie corresponde a los modelos 8 y 9 (Rothermel)	 Incendio a las 12:10 h del 10/08 (ACO 2). Tan sólo se observa actividad en zona de cabeza y flanco izdo- cabeza, dentro de las líneas de contención.

Tabla 10: Incendio Las Herencias (TO) 17/08/2017.

INCENDIO LAS HERENCIAS			
Nº Fidias:	2017450520	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 349585 Y: 4421232
Provincia:	Toledo	Día/mes/año	17/08/2017
Término Municipal	Las Herencias	Hora de inicio	09:34 h
Comarca	Talavera	Superficie (ha)	Forestal: 42 ha Forestal: 4 ha Total: 46 ha
Paraje	Finca El Chorrillo	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento con influencia topográfica		
Datos Meteorológicos	Tª máx.: 39º C HR: 14,5 % Viento general: 5-10 km/h componente ESE (rachas 20 km/h)		
Combustible	Los modelos mayoritarios según rothermel son: 2, 4 y 5. El pasto ha sido el principal propagador del fuego. Disperso por la zona se pueden observar arbustos de retamas (Retama sphaerocarpa). En los barrancos es donde hay una mayor carga de combustible, coincidiendo con regenerado de encina (Quercus rotundifolia).		

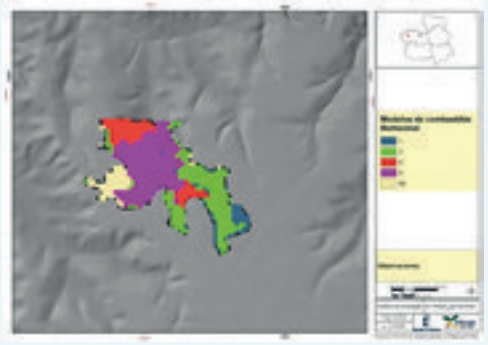
INCENDIO LAS HERENCIAS	
Comportamiento	El comportamiento ha sido de viento con influencia topográfica, quemando en alta intensidad. Con una longitud de llama en cabeza de 5-10 m y en flanco de 0,5 a 1,5m, focos secundarios puntuales en carreras más intensas 20-30 m. Velocidad de propagación en última carrera en plena alineación de 24 m/min. Como curiosidad, se disponía de una huella del año 87 (30 años atrás) con mismo patrón y misma situación sinóptica. Con un comportamiento similar a este incendio.
Evolución Incendio	El incendio se mueve con viento del E. Las laderas orientadas al E y a favor de viento tienen comportamientos más intensos y rápidos debido a la plena alineación, realizando carreras laterales después de aperturas de flanco desde el fondo del barranco. Además de esto, el incendio también se mueve a través del eje del barranco con apertura lateral del flanco drcho. por efecto del viento de la succión del valle principal del Tajo y la continuidad de combustible.



Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.



Evolución del incendio a las 11:;46 h del día 17 de agosto.



Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie le corresponde al modelo 5 (Rothermel)



Comparativa de huellas (perímetros) en la zona. En rojo incendio del 20/08/1987 (80 ha)

Tabla 11: Incendio San Pablo de los Montes (TO) 23/08/2017.

INCENDIO SAN PABLO DE LOS MONTES			
Nº Fidias:	2017450539	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 385660 Y: 4376290
Provincia:	Toledo	Día/mes/año	23/08/2017
Término Municipal	S. Pablo de los Montes	Hora de inicio	16:52 h
Comarca	Montes de Navahermosa	Superficie (ha)	Forestal: 51,21 ha Total: 51,21 ha
Paraje	El Rebollar	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento con relieve		
Datos Meteorológicos	Tª máx.: 34º C HR: 15 % Viento general: 15 km/h componente SW (rachas 30 km/h)		
Combustible	El incendio ha afectado a un mosaico de combustibles bastante heterogéneo; zonas de arbolado con distribución en bosquetes de pino (Pinus pinaster) y Rebollos (Quercus pyrenaica), zonas desarboladas cubiertas principalmente por cytisus (Cytisus Scoparius), labiadas (Rosmarinus officinalis, lavanda stoechas y tymus sp), y zonas de pastizal.		
Comportamiento	Velelocidad de propagación máxima de 8m/mim en el eje principal en la primera parte del incendio y de 12,5 m/min en un segundo periodo de de propagación. Longitud de llama máxima de más de 10 m en cabeza y de 3 m en el segundo periodo. Emisión de focos secundarios puntuales a 150 m a corta distancia.		
Evolución Incendio	El incendio comenzó en una zona a mitad de ladera, el desarrollo fue en plena alineación con viento de componente W, en los primeros 30 minutos, en el tramo final la cabeza pasó de fuego de superficie en alta intensidad a fuego de copas. A partir de la primera carrera en plena alineación, la cabeza succionó por convección, con un cambio de combustible a una zona más abierta, propagación con fuego de superficie alternando antorcheos de bosquetes o pies aislados. Al final de este tramo la cabeza, perdió la mitad de su anchura al chocar con una zona de menor carga (pastizal), líneas de control (pista) y zona sin combustible (cultivo roturado y edificación); y precedida de zona de rebollar con pendiente fuerte en contra, aun así, la inercia de la cabeza consiguió saltar una línea de control, dejando una lengua en el NE. En el último tramo la propagación siguió una dirección W-E. La cabeza en el tramo final fue contenida por la acción de medios aéreos, y zonas con discontinuidad de combustibles (pedrizas o canchales).		

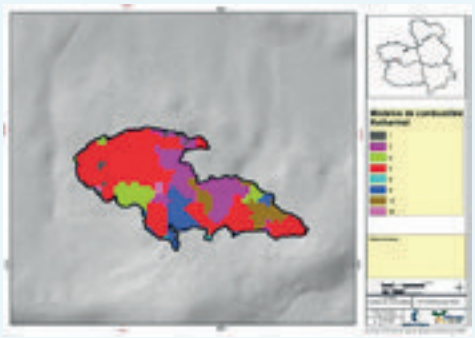
INCENDIO SAN PABLO DE LOS MONTES	
 Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.	 Evolución del incendio a las 17:29 h del día 23 de agosto.
 Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie le corresponde al modelo 5 (Rothermel)	 Evolución del incendio a las 19:37 h del día 23 agosto.

Tabla 12: Incendio Hellín (AB) 13/10/2017

INCENDIO HELLÍN			
Nº Fidias:	2017020368	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 627540 Y: 4259863
Provincia:	Albacete	Día/mes/año	13/10/2017
Término Municipal	Hellín	Hora de inicio	14:08 h
Comarca	Hellín	Superficie (ha)	Forestal: 24,76 ha Total: 24,76 ha
Paraje	Los Gavilanes	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento		
Datos Meteorológicos	Tª máx.: 28º C HR: 29 % Viento general: 10-15 km/h componente S (SE) (rachas 20-25 km/h)		

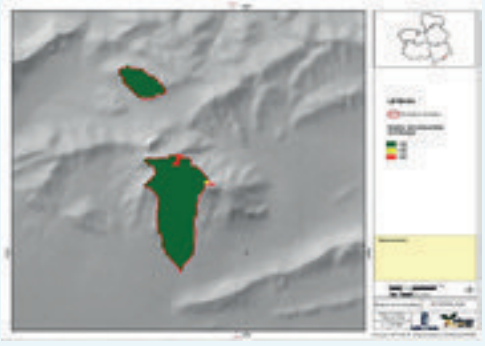
INCENDIO HELLÍN	
Combustible	El modelo mayoritario según Scott-Burgan ha sido el 122 (GS2), correspondiente a pasto y matorral de carga moderada. Poco significativos en cuanto a superficie se refiere, el 145 (SH5) y 165 (TU5). El pasto ha sido el principal propagador del fuego. La especie principal es el esparto y en menor medida el pino carrasco repartido de forma dispersa en las umbrias y barrancos.
Comportamiento	Velocidad de propagación media de 25m/min en el eje principal. Longitud de llama máxima de 3 m en cabeza y de 0,5 m en flancos. Emisión de focos secundarios desde el eje de cresta del foco principal a 600 m, originándose una segunda ignición hacia el NW, quemando una superficie aproximada de 4 ha .
Evolución Incendio	El incendio comienza en unas casas de labor cercanas a terrenos de cultivo, ascendiendo en ladera con plena alineación, y accediendo a las microcuencas contiguas según va progresando y saltando los puntos críticos adyacentes. El incendio propaga fuera de capacidad de extinción y contención, hasta coronar el eje de cresta perpendicular al eje de máxima propagación, lanzando focos secundarios propiciando una segunda ignición situada al NW del foco principal, a una distancia estimada de 600m. Una vez alcanza la cumbre, comienza a descender perdiendo alineación en ladera opuesta, estabilizándose la cabeza finalmente en la siguiente cuerda.



Perímetro final y croquis de propagación. Fuente UNAP.



Evolución del incendio a las 15:03 h, carrera en plena alineación.



Distribución de los combustibles en la superficie afectada. La mayor superficie le corresponde al modelo 122 (Scott-Burgan)



Detalle de la propagación del foco secundario a las 16:31 h

Tabla 13.: Incendio Belmontejo (CU) 28/06/2016.

INCENDIO BELMONTEJO			
Nº Fidias:	2016160150	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 560431 Y: 4408031
Provincia:	Cuenca	Día/mes/año	28/06/2016
Término Municipal	Belmontejo	Hora de inicio	11:39
Comarca	Mancha Alta	Superficie (ha)	Forestal: 93 ha No Forestal: 57 ha Total: 150 ha
Paraje	Arroyo Cantarero	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento.		
Datos Meteorológicos	Tª 32º C HR: 24 % Viento: 5 km/h SE, (racha máx. 27 km/h)		
Combustible	Especies principales que participaron en el incendio son encina (Quercus rotundifolia), pino carrasco (P. halepensis), coscoja (Q. coccifera) y romero (R. officinalis). Modelos de combustible 6 y 5.		
Comportamiento	Velocidad de propagación: 20 m/min (1,2 km/h) según eje de máxima propagación. Long. de llama máximas estimadas: Hasta 3-5 m en plena alineación, 1,5 m en flancos puntualmente. No se tiene constancia de la emisión de focos secundarios.		
Evolución Incendio	Incendio con patrón de propagación principal de viento. Mayor intensidad según lo observado en las zonas de exposición SE, al iniciarse el incendio antes del mediodía. El perímetro alargado, y el eje de propagación siguiendo la zona de cresta hasta el final de esta, confirma el patrón de propagación.		
Perímetro aproximado y eje principal de propagación. Fuente UNAP.		Incendio a la llegada de la Bifor de Campillos, 12:17 h aproximada.	

INCENDIO BELMONTEJO	
 Quema de cereal sin cosechar en alineación plena (3/3). Foto ACO.	 Foto del perímetro final. Foto ACO.

Tabla 14.: Incendio Liétor (AB) 30/06/2016.

INCENDIO LIÉTOR			
Nº Fidias:	2016020169	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 600306 Y: 4265183
Provincia:	Albacete	Día/mes/año	30/06/2016
Término Municipal	Liétor	Hora de inicio	15:02
Comarca	Hellín	Superficie (ha)	Forestal: 871 ha No forestal: 0 ha Total: 871 ha
Paraje	Quebradas-Solana Talave	Nivel de Gravedad	NIVEL 1.: 16:00 h
Tipología de incendio	Tormeta.		
Datos Meteorológicos	Tª 25,1 ºC HR: 59 % V. general: 13 km/h, con rachas de 37 km/h. Dirección SE.		

INCENDIO LIÉTOR	
Combustible	Especies principales que participaron en el incendio son el esparto (Stipa tenacissima), pino carrasco (Pinus halepensis) y presencia de coscoja (Quercus coccifera) y romero (Rosmarinus officinalis). Modelo de combustible 5.
Comportamiento	Incendio fuera de capacidad de extinción en alineación plena, con longitud de llama 5-7 m, en alineación (2/3) inferior a 2 m. Fuego de copas pasivo (antorcheos) en plena y media alineación. Focos secundarios a distancia corta (<25m). Velocidad de propagación inicial de 10 m/min (0,6 km/h) y de 27 m/min (1,62 km/h) en la fase de cambio de viento.
Evolución Incendio	Pendiente informe.



Mapa de isócronas y propagaciones. Fuente UNAP.



Cabeza flanco derecho a la llegada de la helitransportada de Molinicos, 15:38 h aproximada.



Flanco derecho - cola a las 15:56 h aproximada. Foto ACO.



Foto del perímetro (Día 01/07/16). Foto ACO.

Tabla 15.: Incendio Uceda (GU) 20/07/2016.

INCENDIO UCEDA			
Nº Fidias:	2016190193	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 461873 Y: 4513722
Provincia:	Guadalajara	Día/mes/año	20/07/2016
Término Municipal	Uceda	Hora de inicio	15:16
Comarca	Campiña	Superficie (ha)	Forestal: 217,34 ha No forestal: 159,68 ha Total: 377,02 ha
Paraje	Finca Vayunquera	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento.		
Datos Meteorológicos	Tª 35 ºC HR: 20-30 % V. general: 15-20 km/h, con rachas de 30-40 km/h. Dirección SW.		
Combustible	Especies principales que participaron en el incendio son la encina (Quercus rotundifolia) y el enebro (Juniperus sp). Modelos de combustibles 1 y 5.		
Comportamiento	Velocidad de propagación media: 40 m/min (2,4 km/h) según eje de máxima propagación. Long. de llama máximas estimadas: - Hasta 5 m en plena alineación. Focos secundarios 20-25 m.		
Evolución Incendio	El incendio responde a la tipología de conducido por viento de SW. Su eje de propagación sigue el del viento, con mayores intensidades y velocidades cuando al viento se añaden como factores a favor, la pendiente y exposición, y disminuyendo, en algunas zonas de topografía más acentuada, cuando se pierden pendiente y exposición, en las zonas de umbría.		

INCENDIO UCEDA	
 Perímetro aproximado y eje principal de propagación. Fuente UNAP.	 Flanco Derecho entrando en los barrancos. Foto ACO.
 Reproducción Cabeza-Flanco Izquierdo (día 21-07-2016).	 Foto del perímetro. Foto ACO.

Tabla 16.: Incendio Villar de La Encina (CU) 30/07/2016.

INCENDIO VILLAR DE LA ENCINA			
Nº Fidias:	2016160254	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 543619 Y: 4388431
Provincia:	Cuenca	Día/mes/año	30/07/2016
Término Municipal	Villar de La Encina	Hora de inicio	15:23
Comarca	Mancha Baja	Superficie (ha)	Forestal: 345 ha No forestal: 136 ha Total: 481 ha
Paraje	Consorcio Castillo de Garcimuñoz	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento.		
Datos Meteorológicos	Tª 35,8 ºC HR: 9,1 % V. general: 18 km/h. Dirección SW. Datos estación El Pedernoso (15:30 h).		

INCENDIO VILLAR DE LA ENCINA	
Combustible	Especies principales que participaron en el incendio son la encina (Quercus rotundifolia), el pino carrasco (Pinus halepensis) y enebro (Juniperus oxicedrus). Modelo de combustible 8, 5 y 1.
Comportamiento	Intensidad: Pendientes de establecer una clasificación. Longitud de llama: en zonas más energéticas 20-25 m. Velocidad de propagación de la carrera principal: 30 m/min de propagación media estimada al inicio en zonas de rastrojo, 20 m/min en la parte de monte. En zonas de mayor energía por alineación y acumulación de combustible el fuego, tuvo comportamiento activo de copas y lanzamiento masivo de focos secundarios.
Evolución Incendio	Incendio con patrón de propagación principal de viento. Mayor intensidad según lo observado en las zonas de exposición Oeste y zonas de barranco, al iniciarse el incendio después del mediodía y con fuerte viento de esta componente. La disposición de la columna, el ángulo de apertura del perímetro, y quizás el ligero desplazamiento del eje de propagación hacia el Noreste siguiendo la divisoria, confirman el patrón de propagación.



Perímetro aproximado y eje principal de propagación. Fuente UNAP.



Incendio a la llegada de la helitransportada de Albendea, 16:21 h aproximada.



Columna tumbada. Foto ACO 16:40 h aproximada.



Evolución de los flancos al perder el incendio la cabeza. Foto ACO 17:34 h aproximada.

Tabla 17.: Incendio Talavera de La Reina (TO) 02/08/2016.

INCENDIO TALAVERA DE LA REINA			
Nº Fidias:	2016450403	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 342030 Y: 4419070
Provincia:	Toledo	Día/mes/año	02/08/2016
Término Municipal	Talavera de La Reina	Hora de inicio	16:29
Comarca	Talavera	Superficie (ha)	Forestal: 46,27 ha No forestal: 3,68 ha Total: 49,95 ha
Paraje	Prados del Rey	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Topográfico (con viento lateral).		
Datos Meteorológicos	Tª 38 ºC HR: 10 % V. general: 5-10 km/h, con rachas de 15 km/h. Dirección WNW.		
Combustible	Especies principales que participaron en el incendio son la encina (Quercus rotundifolia), coscoja (Quercus coccifera) y el enebro (Juniperus sp). Modelo de combustible 4 .		
Comportamiento	Velocidad de propagación: Media 13,3 m/min; en carrera inicial 16,5 m/min (1 km/h). Long. de llama máximas: -Cabeza > 10 m		
Evolución Incendio	Propagación inicial perpendicular a eje de barranco, conducido por viento local de valle principal. Posteriormente, influenciado por el viento topográfico, la carga y la continuidad de combustible, se produce la apertura del flanco derecho, que se convierte en cabeza con propagación en dirección paralela a eje principal de barranco.		

INCENDIO TALAVERA DE LA REINA	
 Perímetro y carreras en máxima y media alineación. Fuente UNAP.	 Carrera inicial a la llegada de la Bifor de Talavera, 16:48 h aproximada.
 Cabeza-Flanco Derecho, 17:53 h aproximada. Foto ACO.	 Consumos en carreras en máxima y media alineación.

Tabla 18.: Incendio Piedrabuena (CR) 28/08/2016.

INCENDIO PIEDRABUENA (CR)			
Nº Fidias:	2016130258	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 401877 Y: 4321287 (2 focos de inicio)
Provincia:	Ciudad Real	Día/mes/año	28/08/2016
Término Municipal	Piedrabuena	Hora de inicio	13:29
Comarca	Montes Norte	Superficie (ha)	Forestal: 109 ha No forestal: 0,8 ha Total: 109,08 ha .
Paraje	La Dehesilla	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Conducido por viento (con influencia topográfica).		

INCENDIO PIEDRABUENA (CR)	
Datos Meteorológicos	Tª 25,1 ºC HR: 59 % V. general: 9,7 km/h, con rachas de 16 km/h. Dirección SW. Estación Ciudad Real (13:30 h).
Combustible	Monte mediterráneo formado por encinas (Quercus rotundifolia), madroños (Arbutus unedo), jara (Cistus ladanifer) y brezo (Erica sp.). Modelo de combustible 4.
Comportamiento	Velocidad máx. de propagación: 40 m/min. en carrera inicial por eje principal, en flancos máx. entre 10-15 m/min. Long. de llama estimadas: 10-15 m Sin lanzamiento de focos secundarios o a muy poca distancia
Evolución Incendio	Incendio de viento sobre relieve abrupto. En su fase inicial el incendio evoluciona con viento y pendiente a favor. Las pérdidas de alineación del factor topográfico son oportunidades que son aprovechadas para el control del incendio.



Perímetro y carreras en máxima y media alineación. Fuente UNAP.



Carrera inicial a la llegada de la Bifor de Alcoba, 14:00 h aproximada.



Apertura de los flancos, 15:15 h aproximada. Foto ACO.



Foto del perímetro, 18:24 h aproximada. Foto ACO.

Tabla 19.: Incendio Nerpio (AB) 07/09/2016.

INCENDIO NERPIO			
Nº Fidias:	2016020276	Coordenadas: UTM (ETRS89) H30	X: 552434 Y: 4216297
Provincia:	Albacete	Día/mes/año	07/09/2016
Término Municipal	Nerpio	Hora de inicio	13:30
Comarca	Sierra Segura	Superficie (ha)	Forestal: 15,6 ha No forestal: 0 ha Total: 15,6 ha
Paraje	Cruz de los caminos (Cañadas)	Nivel de Gravedad	NIVEL 0
Tipología de incendio	Topográfico		
Datos Meteorológicos	Tª 31,1 ºC HR: 16 % V. general: 6-10 km/h, con rachas de 20-30 km/h. Dirección WSW (Datos estación Nerpio).		
Combustible	Afección sobre pinar de pino rodeno (Pinus pinaster) con estrato sub-arbustivo de romero (Rosmarinus officinalis) y aulaga (Genista scorpius). Modelo de combustible 7.		
Comportamiento	Velocidad de propagación: 12 m/min (en eje propagación). Longitud de llama: 10-12 m (máx.). Incendio de copas pasivo. Probable foco secundario a 900 m.		
Evolución Incendio	Propagación: NE durante una primera fase; W durante la segunda fase alineando viento, pendiente y exposición. Propagación determinada por la continuidad de combustible y pérdida de alineación en cabeza.		

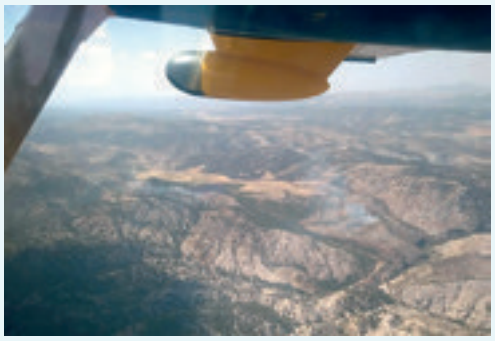
INCENDIO NERPIO



Perímetro, foco secundario y eje de propagación. Fuente UNAP.



Carrera inicial a la llegada de la Bifor de Molinicos, 14:01 h aproximada.



Foco secundario, 15:10 h aproximada. Foto ACO.



Perímetro final, 20:11 h aproximada. Foto Bifor de Molinicos.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Polen atmosférico y cambio climático en Castilla-La Mancha

Rosa Pérez Badia, Jesús Rojo Úbeda
Universidad de Castilla-La Mancha. Instituto de Ciencias Ambientales (Botánica). Avda. Carlos III s/n. 45071 Toledo.

Introducción

El control y seguimiento de las cantidades de polen en el aire proporciona un registro objetivo de los distintos estadios fenológicos de la floración de las especies polinizadas por el viento. La monitorización continua de los granos de polen es uno de los indicadores más precisos y valiosos sobre las consecuencias que las variaciones en el clima y por tanto, el cambio climático, tienen sobre la intensidad de la floración, la fenología, y distribución de las plantas.

En 2003 en la Universidad de Castilla-La Mancha se establecen las bases para el desarrollo de la línea de investigación de aerobiología, centrada en el estudio de las cantidades de polen y esporas en el aire. Posteriormente en 2007, gracias a un convenio firmado con la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, se articula la Red de Aerobiología de Castilla-La Mancha (AEROCAM), con el objetivo de analizar a diario la concentración de más de 30 tipos de polen y esporas presentes en la atmósfera de Castilla-La Mancha y elaborar informes sobre el estado actual y la previsión de los niveles de polen, teniendo la principal relevancia el polen alergénico. Se dispone de captadores de polen y esporas en las cinco capitales de la región (Albacete, Cuenca, Ciudad Real, Guadalajara y Toledo) y en Talavera de la Reina. Sin embargo, la falta de financiación desde el año 2010, ha llevado a una situación de dificultad para la continuidad de la base de datos aerobiológica de la Red de Aerobiología de Castilla-La Mancha (AEROCAM).

Las series de datos aerobiológicos de la comunidad autónoma son todavía cortas y solamente se pueden apuntar las tendencias de los años de los que se disponen datos. En la actualidad solamente se mantienen en activo los registros de las estaciones polínicas de Toledo, Guadalajara y Cuenca y no está asegurada su continuidad. No se disponen series de datos suficientemente extensas para Albacete, Ciudad Real y Talavera de la Reina.

Metodología

La metodología de muestreo aerobiológico se encuentra internacionalmente estandarizada, siguiendo un protocolo común que permite la reproducibilidad y comparación de los análisis aerobiológicos (Jagër, 1995; Galán et al., 2014). El captador empleado en el muestreo aerobiológico de polen y esporas es de tipo Hirst, el cual es volumétrico con un flujo de succión constante de 10 l/min. Las muestras son analizadas con un microscopio óptico a 400 aumentos contabilizando el número de partículas biológicas (polen y esporas) presentes en la atmósfera agrupadas por características morfológicas, en lo que se denominan tipos polínicos. Estos tipos polínicos, agrupan granos de polen que poseen las mismas características y que dependiendo del caso puede agrupar diversos rangos taxonómicos. En algunos casos, un mismo tipo polínico agrupa los granos de polen procedentes de especies de una misma familia taxonómica (ejemplo: Poaceae), un género (ejemplo: *Quercus*), o una única especie (*Olea europaea* L. en el caso del tipo *Olea*). Los resultados aerobiológicos son expresados en concentraciones de partículas biológicas como granos de polen/m^3 de aire o número de esporas/m^3 de aire. El sumatorio de las cantidades diarias de polen a lo largo del año, se conoce como Índice Polínico (IP). Se dispone de una serie de 15 años (2003-2016) para la estación polínica de Toledo y de 9 años (2008-2016) en el caso de las

estaciones de Cuenca y Guadalajara. Los valores referidos a concentraciones de polen (Índices Polínicos y diferentes tipos polínicos) que se presentan en esta memoria proceden de los trabajos de Pérez-Badia et al. (2010, 2011, 2013) y de Rojo et al. (2016).

El efecto del cambio climático en las concentraciones de polen registrado en la atmósfera puede ser evaluado mediante un análisis de las tendencias de la serie de datos aerobiológicos. Para este análisis se han seleccionado los tipos de polen más comunes presentes en la atmósfera de Castilla-La Mancha y con mayor interés desde diversos puntos de vista como el ecológico, agronómico o sanitario. Por otra parte, estos tipos polínicos se han agrupado atendiendo al biotipo de las especies de las que proceden (arbóreas o herbáceas). Los datos aerobiológicos se corresponden con series temporales y por lo tanto, se ha aplicado un método de descomposición típico de este tipo de datos, basado en el algoritmo LOESS (Cleveland et al., 1990). Esta metodología permite el aislamiento de diferentes componentes de la serie temporal como son la estacionalidad, la tendencia o el residuo. De esta manera, la tendencia puede ser estudiada por separado mediante un análisis de regresión lineal que permite interpretar el comportamiento general de las concentraciones polínicas a lo largo del periodo de muestreo. El coeficiente de determinación (R^2) derivado de este análisis de regresión indica la dispersión de los datos respecto a la evolución general de la serie (tendencia) y el test F-Snedecor (estadístico *F*) indica si la tendencia es significativa o no desde el punto de vista estadístico ($p<0.05$ como umbral de significación).

Para el análisis de tendencias se han considerado el Polen Total y los tipos polínicos procedentes de especies arbóreas: *Quercus*, *Pinus* y *Olea*; así como los procedentes de especies herbáceas: Poaceae, *Plantago* y Urticaceae.

Resultados:

Polen total

de las tres estaciones analizadas, Toledo es la que mayor Índice Polínico presenta (IP: 44602 granos de polen) y por tanto mayor cantidad de polen registra a lo largo del año, seguida de Guadalajara (IP: 34823 granos de polen) y Cuenca (IP: 38537 granos de polen). Los meses con más presencia de polen en la atmósfera son mayo y junio en Cuenca, y marzo, mayo y junio en Toledo y en Guadalajara.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 1) revela que en las tres estaciones estudiadas existe **una tendencia positiva respecto al aumento en las cantidades totales anuales de polen**, o Índice Polínico, y por tanto del total de polen. Desde el punto de vista estadístico esta tendencia es significativa ($p<0.001$).

Tipos polínicos procedentes de especies arbóreas:

Quercus

El tipo polínico *Quercus* es uno de los predominantes en la atmósfera de Castilla-La Mancha. Este polen procede mayoritariamente de la especie *Quercus rotundifolia* Lam. En Toledo se registran las mayores concentraciones al año representando aproximadamente el 21% del polen total, en tanto que en Guadalajara representa el 15% y aproximadamene el 20% del polen total en Cuenca. El polen comienza a detectarse en abril y está presente en el aire durante los meses de abril, mayo y junio, presentando en general, una estación polínica que dura en torno a dos meses.

Los registros presentan variaciones dependiendo de los años, se suceden de manera más o menos alternativa años de mayores con otros años de menores concentraciones (Fig. 2). Este comportamiento se observa muy bien en Toledo y ha sido puesto ya de manifiesto por otros autores (Rodríguez-Rajo et al., 2000) y también señalado para otras especies arbóreas como el olivo (Fabbri et. al., 2004) o el abedul (Spieksma et al., 1995). Se explicaría por la alternancia en la movilización de las reservas de nutrientes hacia el crecimiento vegetativo o hacia las estructuras reproductoras (Rodríguez-Rajo et al., 2000).

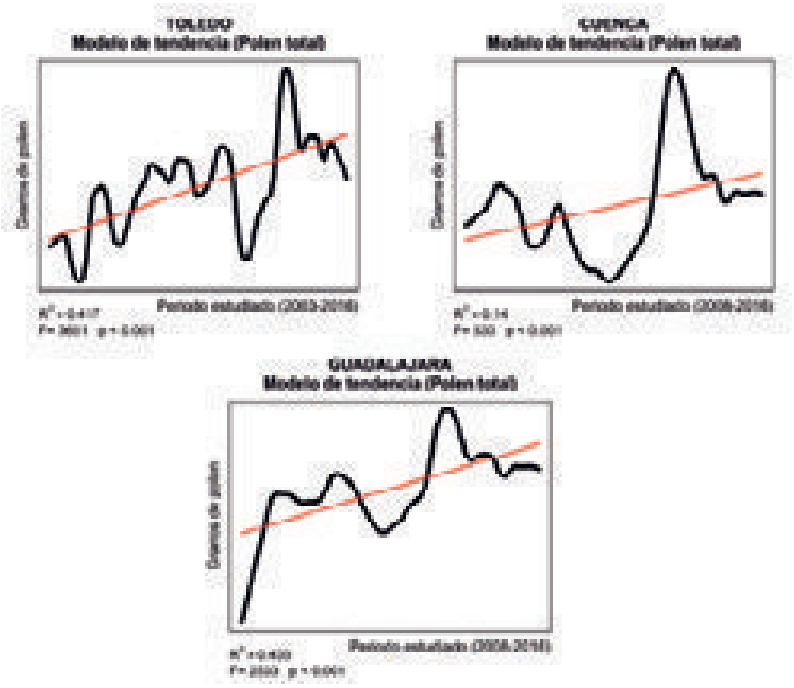


Figura 1.: Evolución de las concentraciones diarias de polen total en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando $p<0.05$.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 2) revelan que en las tres estaciones estudiadas, Toledo, Cuenca y Guadalajara existe **una tendencia positiva y significativa ($p<0.001$) respecto al aumento en las concentraciones atmosféricas de polen de** *Quercus*).

Pinus

Las concentraciones atmosféricas de polen de *Pinus* representan en Cuenca el 10% del polen total. Este polen tiene su procedencia en los pinares que existen cerca de la ciudad y en la Serranía de Cuenca. Estas cantidades son muy superiores a las que se registran en Guadalajara donde suponen el 5% del polen y cuya procedencia también se corresponde con las zonas de vegetación natural. En Toledo, las concentraciones de polen de *Pinus* son bastante más bajas (3% del total) y el polen procede mayoritariamente de plantaciones. Al igual que el polen de *Quercus*, este polen aparece en abril y está presente además, durante los meses de mayo y junio.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 3) revelan que en las tres estaciones estudiadas existe **una tendencia positiva respecto al aumento en las concentraciones atmosféricas de polen de** *Pinus* y, desde el punto de vista estadístico, la tendencia es significativa ($p<0.001$). La pendiente de la recta que explica la tendencia es mucho más pronunciada en la estación de Guadalajara y por tanto el aumento es mayor.

Olea

El polen de *Olea* es uno de los más importantes en la atmósfera de Castilla-La Mancha, se caracteriza por presentar un periodo de polinización relativamente corto que suele durar un mes o mes y

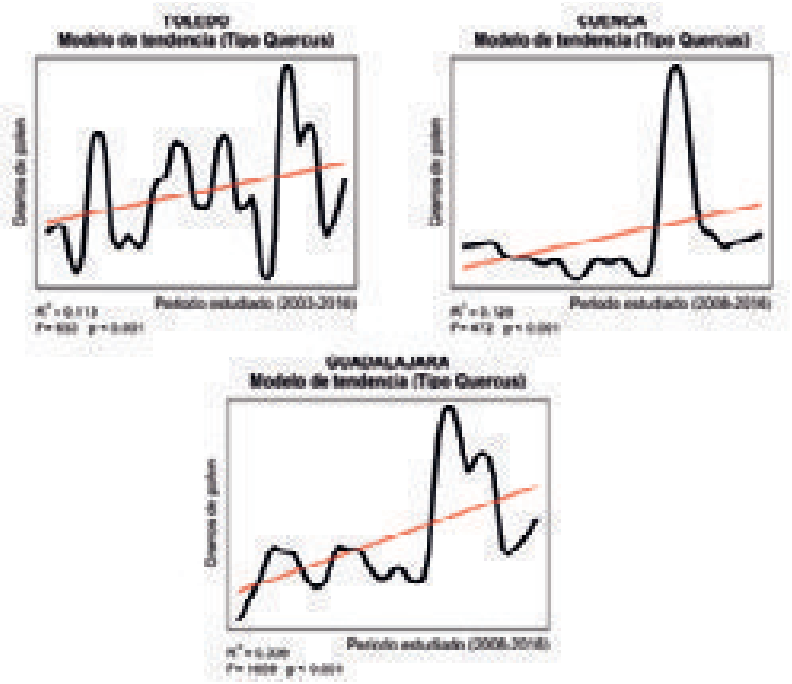


Figura 2.: Evolución de las concentraciones diarias del tipo polínico *Quercus* en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando p<0.05.

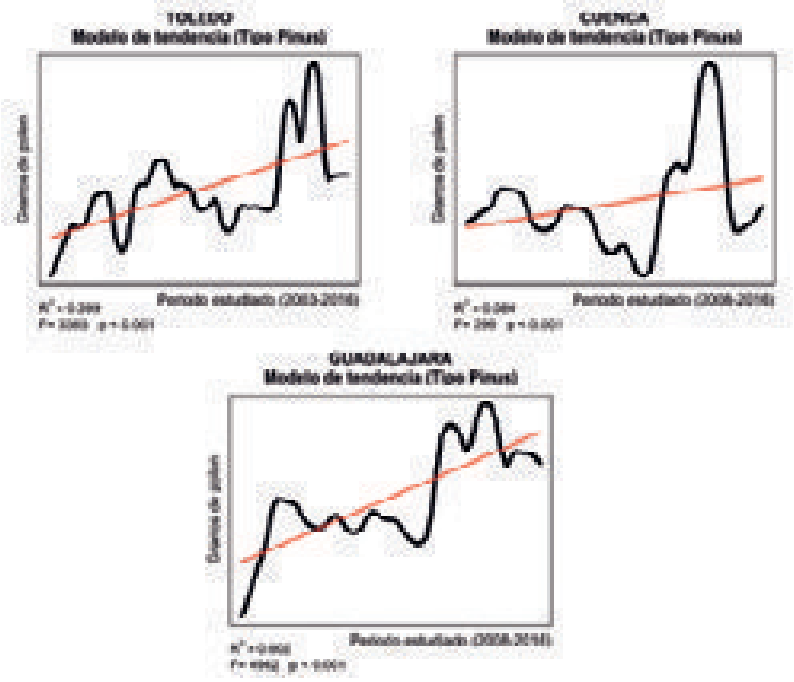


Figura 3.: Evolución de las concentraciones diarias del tipo polínico *Pinus* en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando p<0.05.

medio. Mayoritariamente este polen procede de los cultivos, es decir de la especie *Olea europaea* L. var.*europaea* y muy minoritariamente del olivo silvestre, *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. En la atmósfera de Toledo representa aproximandamente un 11% del polen total, y el 7% y 8% en Cuenca y Guadalajara respectivamente.

En olivo, existe una gran variabilidad interanual de producción polínica debido al carácter vecero de la especie que alterna años de elevada producción con años con baja producción polínica (Galán et al. 2004,), hecho que se ve reflejado en la cosecha de aceituna (García-Mozo et al. 2008, Lavee 2007, Ribeiro et al. 2007). Esta veceria se observa muy bien en el caso de la estación de Toledo (Figura 4).

La Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha posee el segundo lugar en extensión de cultivo de olivares y en producción de aceite de oliva, respecto al total nacional, tan sólo superada por Andalucía, de ahí su gran importancia desde el punto de vista agrícola.

Además de la gran importancia económica del olivo, la alta concentración atmosférica de polen de olivo durante la floración tiene un gran interés desde el punto de vista sanitario, ya que este polen es una de las principales causas de alergia, junto con las gramíneas, en Castilla-La Mancha y en general en todos los países del sur de Europa.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 4) también revelan que en las tres estaciones estudiadas, existe **una tendencia positiva y significativa (p<0.001) respecto al aumento en las concentraciones atmosféricas de polen de** *Olea*.

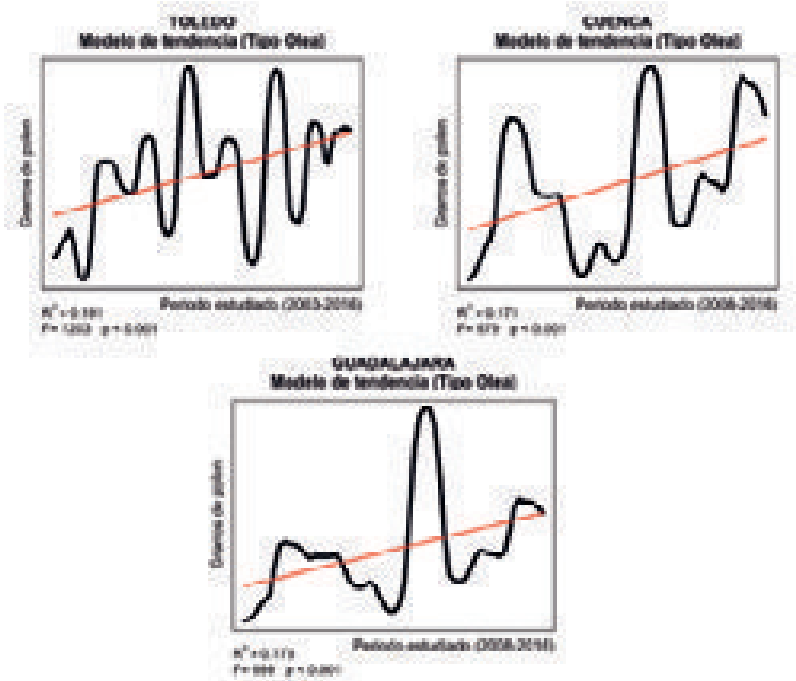


Figura 4.: Evolución de las concentraciones diarias del tipo polínico *Olea* en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando p<0.05.

Tipos polínicos procedentes de especies herbáceas:

Poaceae

El polen del tipo Poaceae es la principal causa de polinosis en Europa, y en general, en todo el mundo (D'Amato et al. 2007), debido a la alta capacidad alergénica del polen de gramíneas cuya sensibilización es en torno al 80% de la población alérgica del centro de España (Subiza et al. 2007). En Castilla-La Mancha, el polen de gramíneas es el más abundante de los tipos polínicos de procedencia herbácea, representando aproximadamente el 11%, 7% y 6% del polen total en Toledo, Guadalajara y Cuenca respectivamente.

El espectro de especies del cual procede el polen de Poaceae es muy amplio y está relacionado con multitud de hábitats, desde comunidades vegetales de tipo natural, hasta ambientes ruderalizados eminentemente antrópicos. A consecuencia del amplio rango de fuentes de emisión de polen de Poaceae, la estación polínica es muy larga, dura varios meses y los días de riesgo de alergias (con más de 25 granos de polen/m^3), se producen entre los meses de mayo y junio.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 5) revelan que claramente en Guadalajara existe **una tendencia positiva respecto al aumento en las concentraciones atmosféricas de polen de Poaceae** y, desde el punto de vista estadístico, la tendencia es significativa ($p<0.001$). Esta tendencia es mucho menor en Toledo y prácticamente no existe en Cuenca.

Plantago

El polen de *Plantago* aparece en la atmósfera durante el mes de abril y su polinización se mantiene hasta los meses de mayo y junio. Se trata de un polen alergénico cuya floración coincide con la de las

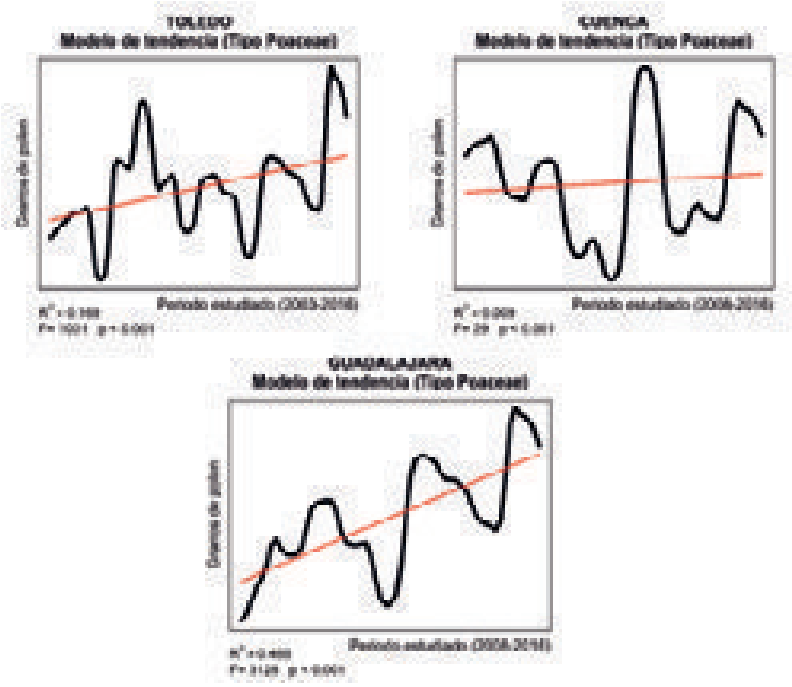


Figura 5.: Evolución de las concentraciones diarias del tipo polínico *Poaceae* en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando $p<0.05$.

gramíneas, de ahí que sea muy dificil determinar pacientes monosensibles a *Plantago*. Las cantidades que se registran en la atmósfera son bajas, representando aproximadamente el 1% del polen total en las tres estaciones estudiadas.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 6) revelan que claramente en Guadalajara y Toledo existe **una tendencia positiva respecto al aumento en las concentraciones atmosféricas de polen de** *Plantago* y, desde el punto de vista estadístico, la tendencia es significativa ($p<0.001$). Esta tendencia no existe prácticamente en Cuenca.

Urticaceae

Urticaceae

el polen de Urticaceae está presente en la atmósfera buena parte del año, presentando una estación polínica muy larga, de varios meses de duración, aunque los máximos se alcanzan generalmente durante los meses de abril y mayo. En este tipo polínico se incluyen todas las especies de los géneros *Urtica* y *Parietaria*, pues el polen presenta idénticas características morfológicas. Las concentraciones de este tipo polínico son más abundantes en la atmósfera de Cuenca, donde ha llegado a representar el 17% del polen total, en tanto que en Toledo solo es el 5% y en Guadalajara, el 1,5%.

Los resultados del análisis de tendencias (Figura 7) revelan que claramente en Guadalajara existe **una tendencia positiva respecto al aumento en las concentraciones atmosféricas de polen de Urticaceae** y, desde el punto de vista estadístico, la tendencia es significativa ($p<0.001$). Esta tendencia no existe en Toledo y apunta al descenso en Cuenca.

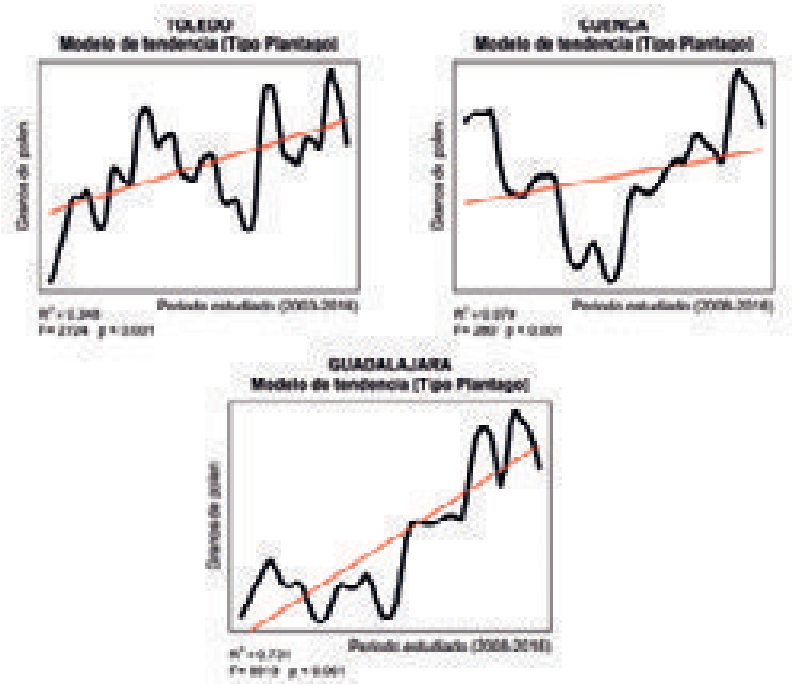


Figura 6.: Evolución de las concentraciones diarias del tipo polínico *Plantago* en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando $p<0.05$.

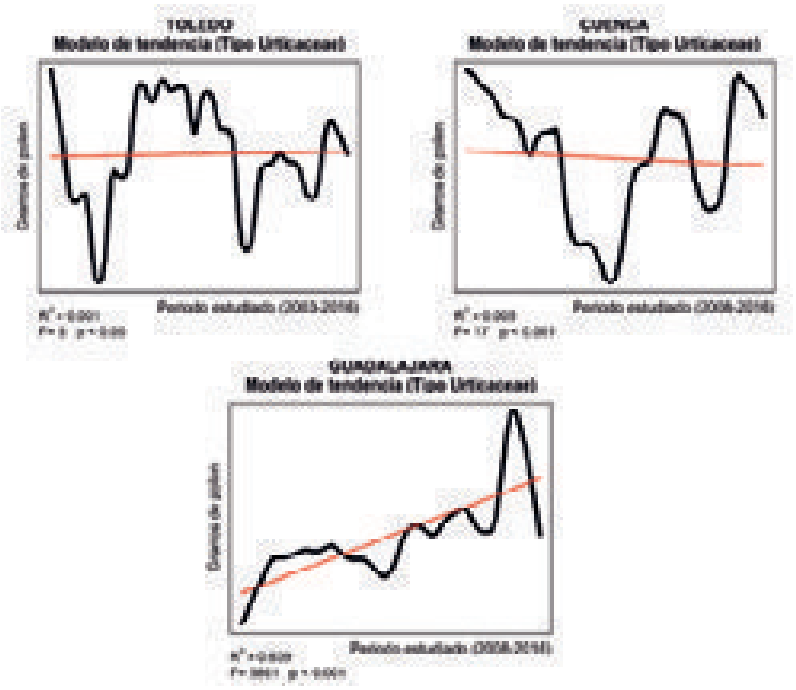


Figura 7.: Evolución de las concentraciones diarias del tipo polínico Urticaceae en las estaciones de Toledo, Cuenca y Guadalajara a lo largo del periodo estudiado y línea de tendencia (en rojo). La tendencia es significativa cuando $p<0.05$.

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con diversos trabajos realizados en los últimos años que revelan una tendencia hacia el aumento de las concentraciones de polen en el aire (Ziello et al., 2012; Fernández-Llamazares et al., 2014), especialmente para las especies arbóreas. Estos incrementos se relacionan con la intensidad de la floración, atribuyendo estas tendencias a un incremento de las cantidades antropogénicas de CO_2 (Rogers et al., 2006). En esta misma línea, en la península Ibérica, el trabajo de Galán et al. (2016) concluye que las cantidades de polen anuales han aumentado en los últimos años, aunque el aumento es más evidente para los árboles que para las especies herbáceas, probablemente reflejando una mayor dependencia de estas a la disponibilidad de agua.

En muchos tipos polínicos se observan tendencias en los modelos de regresión que aunque tienen un bajo coeficiente de determinación (R^2), puede destacarse una tendencia significativa hacia un incremento de la emisión polínica. Los bajos coeficientes de determinación en muchos casos son debidos a la variabilidad interanual de los datos que presentan oscilaciones, aunque en otras ocasiones se observa una tendencia clara al incremento de los máximos valores absolutos, así como un incremento también de los valores mínimos absolutos, los que determinan la existencia de una pendiente positiva en la curva de regresión.

Conclusiones

En general existe una tendencia positiva respecto al aumento en las cantidades anuales de polen en las tres estaciones analizadas de Castilla-La Mancha, es decir del polen total. Además, se observan tendencias positivas de la mayor parte de los tipos polínicos analizados, principalmente en Toledo y en Guadalajara.

Son de destacar casos de aumento de polen de *Pinus*, Poaceae, *Plantago* y Urticaceae en Guadalajara, con elevados coeficientes de determinación. También es relevante la tendencia de *Pinus* y *Olea* en Toledo.

La información biológica proporcionada por las series de datos aerobiológicos presenta un gran interés para la monitorización del cambio climático. Sin embargo, es necesario disponer de series de datos suficientemente extensas para obtener resultados estadísticamente relevantes. Para ello, resulta fundamental el muestreo continuo de polen y esporas en la atmósfera de Castilla-La Mancha para lo cual es necesario una fuente de financiación constante que asegure la continuidad en el tiempo de una adecuada Red Aerobiológica en Castilla-La Mancha.

Referencias

CLEVELAND, R.B., CLEVELAND, W.S. AND TERPENNING, I., 1990. STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics*, *6*(1), p.3.

D'AMATO, G., CECCHI, L., BONINI, S., NUNES, C., ANNESI-MAESANO, I., BEHRENDT, H., LICCARDI, G., POPOV, T. AND VAN CAUWENBERGE, P., 2007. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, *62*(9), pp.976-990.

FABBRI, A., BARTOLINI, G., LAMBARDI, M. AND KAILIS, S., 2004. *Olive propagation manual*. Landlinks Press.

FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á., BELMONTE, J., DELGADO, R. AND DE LINARES, C., 2014. A statistical approach to bioclimatic trend detection in the airborne pollen records of Catalonia (NE Spain). *International Journal of Biometeorology*, *58*(3), pp.371-382.

GALÁN, C., ALCÁZAR, P., OTEROS, J., GARCÍA-MOZO, H., AIRA, M.J., BELMONTE, J., DE LA GUARDIA, C.D., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, D., GUTIERREZ-BUSTILLO, M., MORENO-GRAU, S. AND PÉREZ-BADÍA, R., 2016. Airborne pollen trends in the Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment*, *550*, pp.53-59.

GALÁN, C., SMITH, M., THIBAUDON, M., FRENGUELLI, G., OTEROS, J., GEHRIG, R., BERGER, U., CLOT, B., BRANDAO, R. AND EAS QC WORKING GROUP, 2014. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiologia*, *30*(4), pp.385-395.

GALÁN, C., VÁZQUEZ, L., GARCÍA-MOZO, H. AND DOMÍNGUEZ, E., 2004. Forecasting olive (Olea europaea) crop yield based on pollen emission. *Field Crops Research*, *86*(1), pp.43-51.

GARCÍA-MOZO, H., PEREZ-BADÍA, R. AND GALÁN, C., 2008. Aerobiological and meteorological factors' influence on olive (Olea europaea L.) crop yield in Castilla-La Mancha (Central Spain). *Aerobiologia*, *24*(1), pp.13-18.

JÄGER, S. (1995). Recommendations for methodology for routinely performed monitoring of airborne pollen. In A. Basomba & J. Sastre (Eds.), Syllabus. XVI ECACI'95 (pp. 329–330). Madrid: Spain.

LAVEE, S., 2007, January. Biennial bearing in olive (Olea europaea L.). In *Annales Ser His Nat* (Vol. 17, pp. 101-112).

PEREZ-BADIA, R., RAPP, A., VAQUERO, C. AND FERNANDEZ-GONZALEZ, F., 2011. Aerobiological study in east-central Iberian Peninsula: pollen diversity and dynamics for major taxa. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, *18*(1), pp. 99-111.

PÉREZ-BADIA, R., RAPP, A., MORALES, C., SARDINERO, S., GALÁN, C. AND GARCÍA-MOZO, H., 2010. Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain. *Ann Agric Environ Med, 17*(1), pp. 139-151.

RIBEIRO, H., CUNHA, M. AND ABREU, I., 2007. Improving early-season estimates of olive production using airborne pollen multi-sampling sites. *Aerobiologia*, *23*(1), pp.71-78.

RODRÍGUEZ-RAJO, F.J., MÉNDEZ, J. AND JATO, M.V., 2000. Influence of temperature on the flowering of *Quercus* in the South of Galicia (Ourense and Vigo, 1994-98). *Acta botánica malacitana*, *25*, pp.153-163.

ROGERS, C.A., WAYNE, P.M., MACKLIN, E.A., MUILENBERG, M.L., WAGNER, C.J., EPSTEIN, P.R. AND BAZZAZ, F.A., 2006. Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO2 on ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.) pollen production. *Environmental health perspectives*, *114*(6), p.865.

ROJO, J., RAPP, A., LARA, B., SABARIEGO, S., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. AND PÉREZ-BADIA, R., 2016. Characterisation of the airborne pollen spectrum in Guadalajara (central Spain) and estimation of the potential allergy risk. *Environmental Monitoring and Assessment*, *188*(3), p.130.

SPIEKSMA, F.T.M., EMBERLIN, J.C., HJELMROOS, M., JÄGER, S. AND LEUSCHNER, R.M., 1995. Atmospheric birch (Betula) pollen in Europe: trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana*, *34*(1), pp.51-57.

SUBIZA, F.J., POLA, J., FEO, F. AND MORAL, A.J., 2007. Pólenes de interés en alergología en nuestro medio. *Tratado de alergología*, pp.425-446.

ZIELLO, C., SPARKS, T.H., ESTRELLA, N., BELMONTE, J., BERGMANN, K.C., BUCHER, E., BRIGHETTI, M.A., DAMIALIS, A., DETANDT, M., GALÁN, C. AND GEHRIG, R., 2012. Changes to airborne pollen counts across Europe. *PloS one*, *7*(4), p.e34076.

Usos y pérdida de suelo

Nerea Herrera Herrero[1]; Carolina Morán Martínez[2]
[1] *Investigadora en Ciencias Ambientales*
[2] *Geógrafa, investigadora y técnico en meteorología*

Introducción

Es uno de los principales problemas ambientales de nuestro país, en concreto en la zona mediterránea. Está vinculada en gran parte a las actividades agropecuarias, aunque también puede deberse a otro tipo de causas antrópicas. Las principales son: (1) actividades agrarias, ganaderas y forestales como la roturación, el cultivo, la tala de cubierta vegetal o el pastoreo que favorecen la erosión de la cubierta terrestre; (2) la expansión urbana sustituye el suelo por superficies impermeables, además, el impacto asociado a este tipo de entornos reduce la calidad del suelo; (3) actividades extractivas como minería y la extracción de combustibles fósiles producen un grave impacto sobre el suelo y el paisaje y (4) las actividades de ocio en entornos naturales como el senderismo conlleva riesgos de contaminación y erosión.

Esta degradación conlleva a una preocupante desertización dentro de nuestra comunidad y que, en la siguiente tabla, pueden observarse el número de hectáreas afectadas y el porcentaje total que suponen. A destacar el casi 80% de superficie afectada por la desertificación en Albacete, siendo, en comparación al resto de provincias, la indudablemente más afectada. Por su parte, la UNEP (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) desarrolló el Atlas Mundial de Desertificación en 1992, y en él ya se adelantaban estos datos, pues catalogaba al 80% del territorio castellanomanchego con un suelo moderado dentro del nivel de total de degradación, un 15% alto y un 5% muy alto, y cuya provincia más afectada seguía siendo Albacete.

La degradación, afecta de manera prioritaria a las áreas agrícolas, disminuyendo su capacidad productiva y anulando las mejoras en el rendimiento de los cultivos, dificultando, así, el desarrollo económico. De igual manera, la degradación del suelo está asociada con la pérdida de productividad, y, sus efectos, pueden llegar a tener impactos significativos sobre los cursos de agua (ríos, humedales y/o lagos). Impactos que están relacionados con los nutrientes y contaminantes que se encuentran en el suelo y que son arrastrados, pudiendo ser entregados en grandes cantidades a otros ambientes respondiendo, además, de forma negativa a su entrada.

Provincia	Hectáreas afectadas	%
Albacete	1.192.179	79,9
Toledo	671.266	43,7
Cuenca	611.954	35,7
Ciudad Real	644.603	32,5
Guadalajara	351.293	28,8

Tabla 1: Porcentaje de suelo con procesos de desertificación. Fuente: Observatorio Medioambiental, núm. 8, 55-71.

Las amenazas naturales son excluidas habitualmente como causas de la degradación del suelo, sin embargo, las actividades humanas pueden afectar indirectamente a determinados fenómenos, tales como inundaciones o incendios forestales.

Degradación del suelo en Castilla-La Mancha

Para analizar la pérdida de suelo en Castilla-La Mancha, se deben analizar previamente diversos factores que influyen en esta degradación, como son la pendiente, los diferentes usos del suelo, la extensión de frondosas y coníferas o la evolución de los diferentes cultivos.

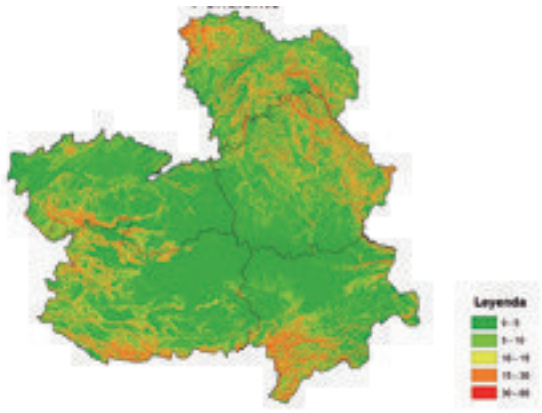
En términos generales, la región ocupa, en su práctica totalidad, la submeseta sur peninsular, con una extensión que alcanza los 79.226 km^2, lo que supone el 15.7% del territorio nacional.

Esta comunidad es en su mayoría llana, donde tan solo el 1,01% del terreno supera el 30% de pendiente, dejando por debajo del 10% a más de sus tres cuartas partes. Las zonas de mayor pendiente se encuentran en el oeste (como es el caso del Parque Nacional de Cabañeros) y sur de la comunidad (con el Parque Natural de la Sierra de Andújar y el Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y las Villas), la zona noroeste de Guadalajara y la zona este de Guadalajara y Cuenca (con la Serranía de Cuenca).

Para realizar un estudio sobre la evolución de los usos del suelo se ha obtenido información de dos fuentes diferentes: por un lado, del "CORINE LAND COVER" para los años 2006 y 2012, el cual desarrolla la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio en la Unión Europea, mediante la interpretación a través de imágenes recogidas por la serie de satélites LandSaty SPOT; y, por otro, el Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50), desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (Área Inventario y Estadística Forestal) entre 1997 y 2006, y cuya última modificación se realizó en 2013, la cual muestra la cartografía de la situación de las masas forestales de la península ibérica, siguiendo un modelo conceptual de usos del suelo jerarquizados y desarrollados en clases forestales.

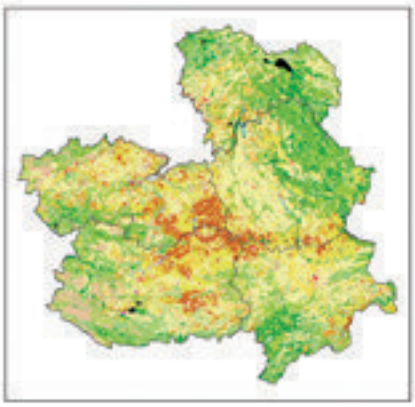
Si se realiza un análisis visual comparando los mapas del CORINE para ambas fechas, se puede observar una pérdida de superficie agrícola (mosaico de cultivos) aumentando la superficie forestal (bosque mixto y pastizales naturales) presente en el territorio.

Pendiente

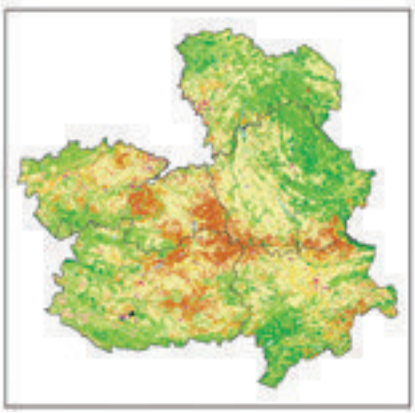


Pendiente	Ha	%
0 - 5	4.657.609,81	58,66
5 - 10	1.451.654,81	18,28
10 - 15	802.522,75	10,11
15 - 30	947.807,45	11,94
30 - 80	80.154,06	1,01

Corine Land Cover 2006



Corine Land Cover 2012





Esto se corrobora al analizar la superficie ocupada por los diferentes grupos del Nivel 1 del CORINE, ya que la evolución es de 4,6 millones de ha y se corresponde con el 59,12% del territorio como superficie agrícola en 2006, a un 53,33% en 2012 (4,2 millones de ha). Analizando estos valores, también se observa el aumento de superficie artificial, la cual pasa de un 0,96% (76 mil ha) a 1,25% (99 mil ha) de extensión. Hay que destacar la disminución observada de las zonas húmedas (de 0,11% a 0,08%) y superficies de agua (de 0,54% a 0,44%).

Si analizamos los datos de superficie obtenida en el nivel 3 del CORINE, se observa que dentro de la categoría de superficie artificial ha aumentado la superficie correspondiente a zonas industriales y comerciales (de 8 mil a 18 mil ha) y territorio urbano discontinuo, mientras que el tejido urbano continuo ha disminuido su extensión (28 mil ha a 17 mil ha). Esto se debe, principalmente, al desarrollo de las ciudades y zonas de urbanizaciones cerca de las poblaciones, y, sobre todo, a la necesidad de tener un acceso rápido a grandes zonas comerciales.

Si nos referimos a la zona agrícola, se aprecia un aumento de la extensión de arrozales que aumenta su superficie de 381 a 1.310 ha, aunque también se debe de destacar la disminución de la extensión de cultivos anuales en la comunidad, ya que pasa de tener una extensión de 2 mil a 899 ha.

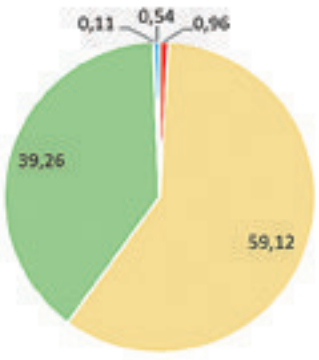
En cuanto a la superficie forestal, se aprecia un gran aumento de superficie de pastizales naturales cuya extensión en 2006 era de 292 mil ha, a tener en 2012, 890 mil ha. Otra categoría que sufre un gran au-

mento y que nos puede dar una idea de lo que supone la pérdida de suelo es el roquedo, ya que pasa de una superficie de 1.511 ha a tener 9 mil ha de extensión.

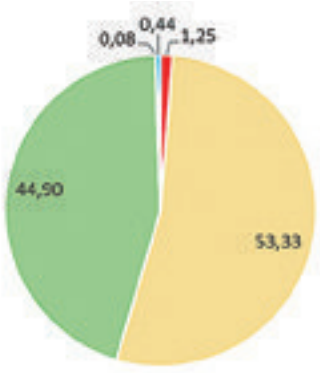
La superficie de agua de la comunidad, por su parte, está representada por cursos de agua y láminas de agua, los cuales han disminuido su superficie desde 2006 a 2012 pasando de tener una extensión total de 42 mil a 34 mil ha.

Si atendemos al Mapa Forestal de España (MFE50), los diferentes suelos se encuentran clasificados en: arbolado, arbolado disperso, arbolado ralo, desarbolado, cultivos, artificial y agua. De estos usos del suelo, el que mayor superficie ocupa son los cultivos con una extensión del 53,06%, seguido de los cultivos (28,95%), el desarbolado (10,51%), el arbolado ralo (5,15%), el artificial (1,14%), el arbolado disperso (0,69%) y, por último, el agua (0,49%).

Corine 2006



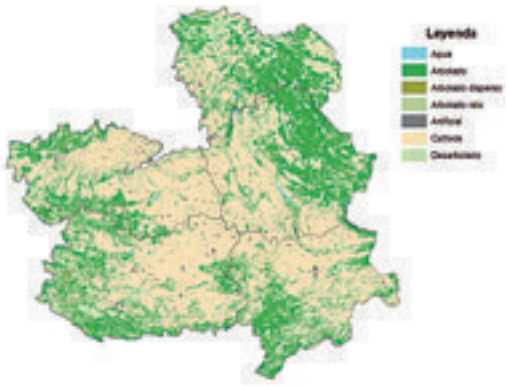
Corine 2012

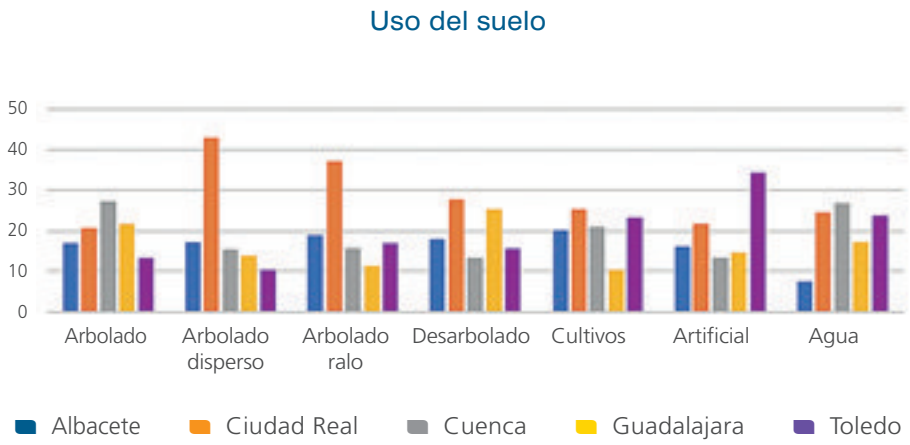


Si analizamos estos usos de suelo por las diferentes categorías, se observa que Guadalajara es la que menor superficie de cultivos presenta (435 mil ha). En cuanto al agua, Albacete es la que tiene menor superficie de este uso (7,63%), mientras que Cuenca es la que tiene una extensión mayor con un 26,72%. Tanto si miramos el arbolado disperso como el arbolado ralo, la provincia que presenta una mayor superficie de estas categorías es Ciudad Real, con una superficie de 23 mil ha para arbolado disperso y de 151 mil ha para arbolado ralo. Sin embargo, Toledo, es la provincia que tiene una mayor superficie de uso artificial con un 34,28%.

A su vez, se ha analizado la extensión de cada uso del suelo en cada provincia, y se observa que,

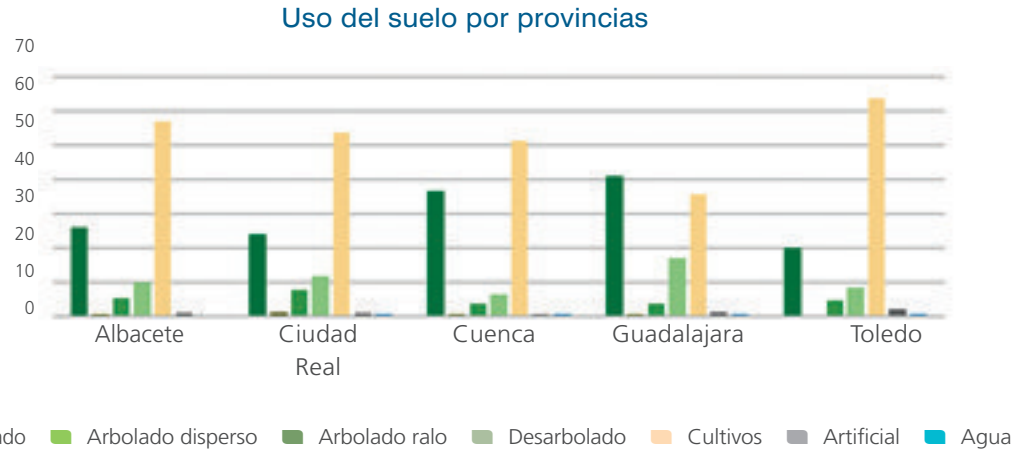
Usos del suelo





en todas las provincias, la mayor extensión es la de cultivos seguida de la extensión de arbolado salvo en Guadalajara, donde la extensión mayor se corresponde con arbolado (40,97%) seguida de cultivos (35,73%). También se puede observar que en todas las provincias es mayor la extensión de desarbolado frente a arbolado ralo y arbolado disperso.

Por su parte, de la superficie total de la comunidad, el 34,73% se corresponde con superficie forestal (coníferas, frondosas y mixtas), perteneciendo el 14,80% a coníferas (1.175.671,11 ha), el 17,06% a frondosas (1.354.665,2 ha) y el 2,87% a mixtas (227.516,6 ha).

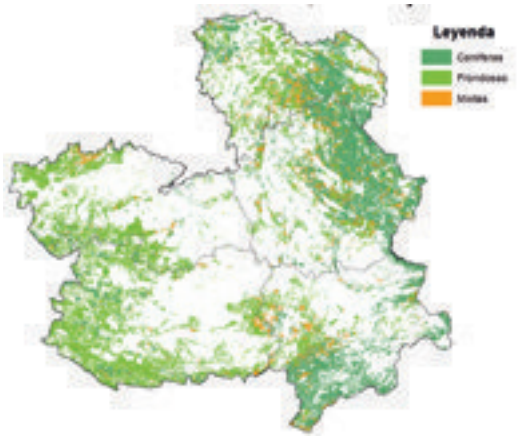


Analizando la superficie de estas especies en todo el territorio de Castilla-La Mancha, se observa que Cuenca presenta la mayor extensión de coníferas (41,62%) y mixtas (33,95%), mientras que Ciudad Real presenta la mayor extensión de frondosas (40,78%) y zonas sin bosque (25,68%). Toledo destaca por ser la provincia con el menor porcentaje de coníferas (3,6%) y mixtas (9,08%), Guadalajara destaca por ser la provincia con los valores más constantes cuando hablamos de estas especies diferentes, mientras que, Albacete, es la provincia con una menor extensión de frondosas (8,10%).

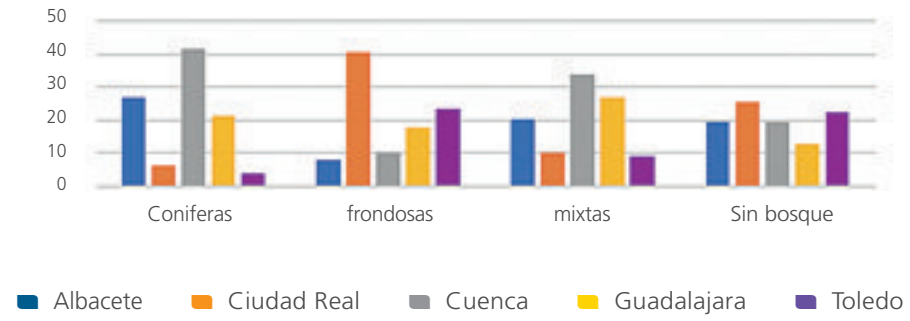
Si analizamos la extensión de estas especies por provincia, se observa que, en todas ellas, la mayor extensión está cubierta con zonas sin bosque, lo cual tiene un significativo sentido, ya que, anteriormente, se indicó que los usos del suelo mayoritarios en Castilla-La Mancha son los cultivos.

Tanto en Albacete como en Cuenca existe más superficie de coníferas que de frondosas, siendo en sentido contrario para Ciudad Real y Toledo. Guadalajara en cambio, presenta unos valores muy similares de coníferas (20,65%) y frondosas (19,70%), además, es la provincia con una mayor extensión de mixtas (5%).

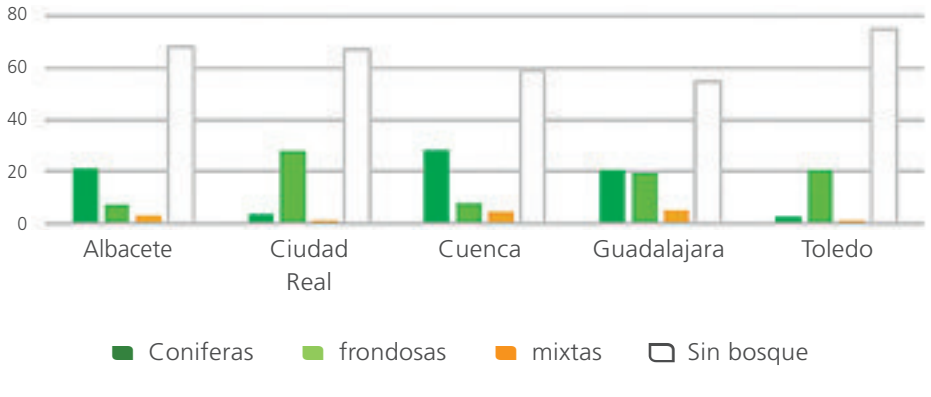
Distribución de coníferas, frondosas y mixtas



Coniferas, frondosas y mixtas



Coniferas, frondosas y mixtas por provincia



Tipo de superficie en Castilla-La Mancha durante el período 2001-2004

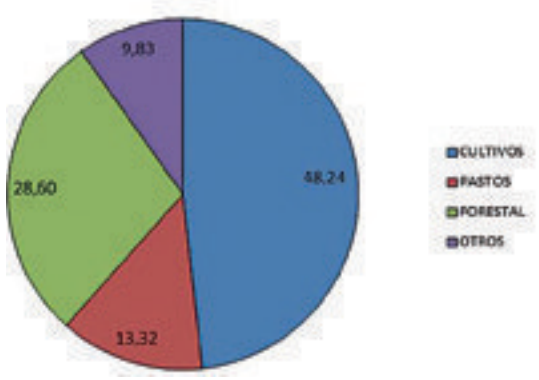
Por otro lado, se plantea la evolución del tipo de superficie en Castilla-La Mancha desde el año 2001 hasta 2014, y cuyos datos han sido recopilados de los anuarios de estadística del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

La superficie total de la comunidad, y según los últimos datos ofrecidos por la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha, se establecía para el periodo 2001- 2014 en 110.695,49 (miles de ha), que se distribuían en grandes categorías de la siguiente forma: un 48.24% a tierras de cultivo; un 13.32% a superficies destinadas a pastos; un 28.60% a terreno forestal y un 9.83% a otras superficies.

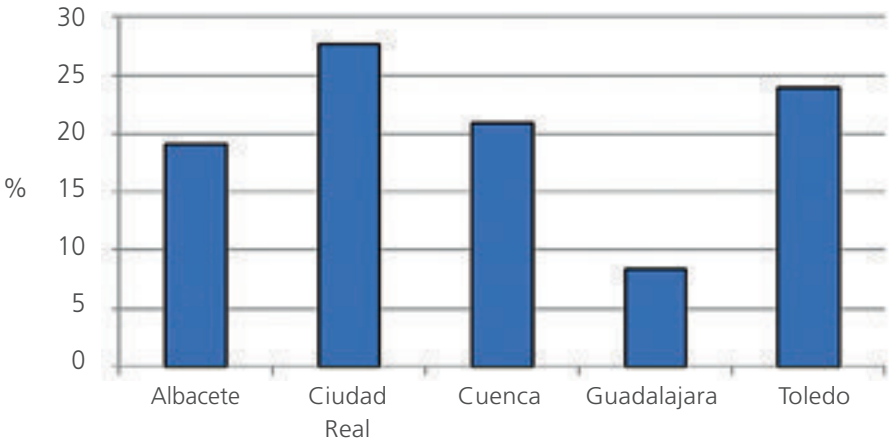
Tierras de cultivo

En Castilla-La Mancha dominan dos de los componentes tradicionales de los cultivos agrícolas mediterráneos, como son el cereal y la vid. Buena prueba de ello lo evidencia la superficie de cultivos que se ocupan en la comunidad, estableciendo en 3,8 millones de ha para este periodo, y siendo ésta, además, casi la mitad del total de la superficie de la comunidad (48,24%). Dentro de los cultivos, cabe diferenciar que la superficie agraria útil es mayoritariamente de secano, pero sin olvidar el rápido auge que está teniendo el regadío desde la década de los años 70-80, contando con los mayores incrementos nacionales en provincias castellano-manchegas, como por ejemplo, Ciudad Real, tal y como muestran los anuarios estadísticos del MAPAMA y la distribución en tanto por ciento de las tierras de cultivo por provincias para la comunidad.

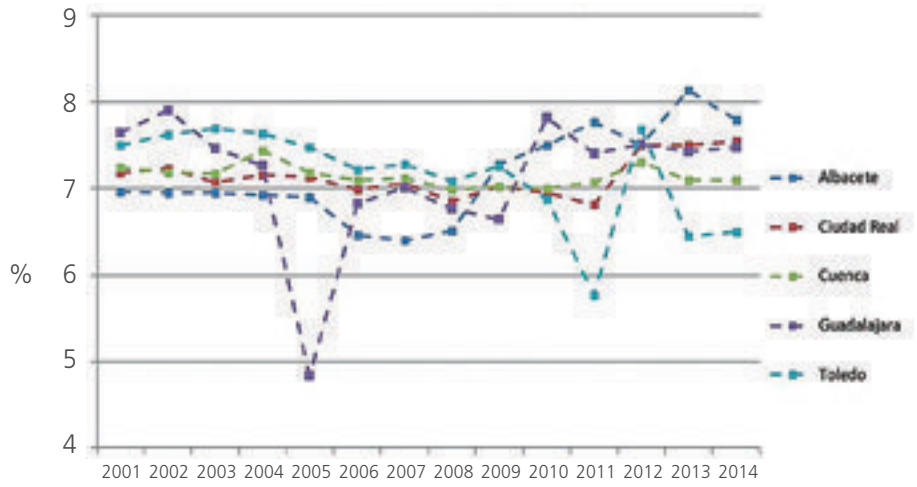
Distribución del tipo de superficie en % en C-LM (período 2001-2014)



Distribución en % de tierras de cultivo por provincia en C-LM (período 2001-2014)



Evolución de las tierras de cultivo por provincia (período 2001-2014)

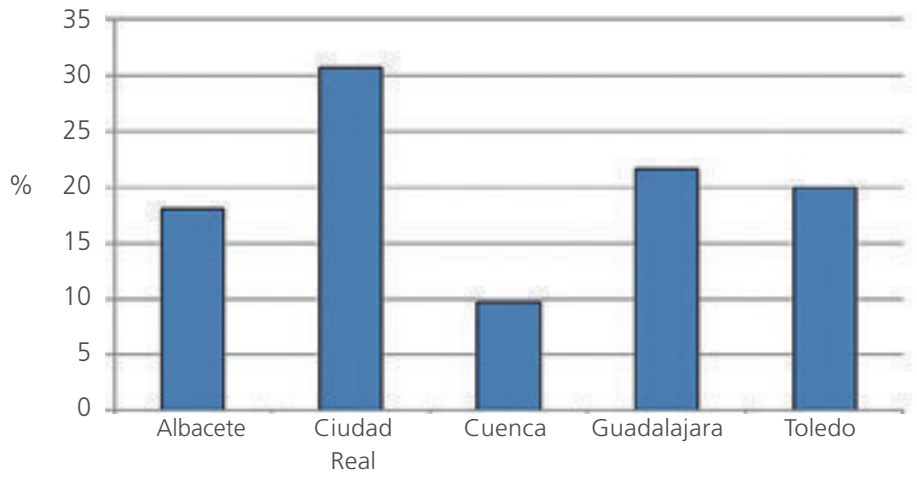


En cuanto a la evolución de las tierras de cultivo en Castilla-La Mancha, y considerando los anuarios de estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente comprendidos entre 2001 y 2014, estas superficies se han mantenido en valores similares. Destacando el gran descenso que se produjo en la provincia de Guadalajara en el año 2005, donde los valores normales se venían estableciendo entorno al 7% del total de tierras del cultivo, pegando un bajón hasta situarse por debajo del 5%.

Superficie de pastos

La superficie destinada a pastos para la comunidad no adquiere un gran porcentaje respecto al total de la superficie de la comunidad, ya que se sitúa en el 13.32%, con casi 15 millones de ha. Por provincias, como muestra el siguiente gráfico, destaca Ciudad Real, liderando otra vez la clasificación por provincias,

Distribución en % de superficie de pastos por provincia en C-LM (período 2001-2014)



como ocurriría en las tierras de cultivo con más del 30% de la superficie, la siguen Guadalajara, Albacete y Toledo con valores entorno al 20%, y quedando descolgada la provincia de Cuenca, con un testimonial 9.70% de superficie para pasto.

En cuanto a la evolución de la superficie de pastos en Castilla-La Mancha para el periodo 2001-2014, se puede hacer una clara distinción por provincias: la provincia de Albacete presenta más de 2,5 millones de ha de superficie de pastos para el periodo citado, con picos significativos entre los años 2006 y 2009, pasando de tener el 7.5% de superficie de pastos hasta más del 15%. Destaca que los pastos de la provincia se corresponden con bosques mixtos, esclerófilas y arbustivas de transición, según el estudio de pastos del MAPAMA para las comunidades autónomas de Andalucía y de Castilla-La Mancha.

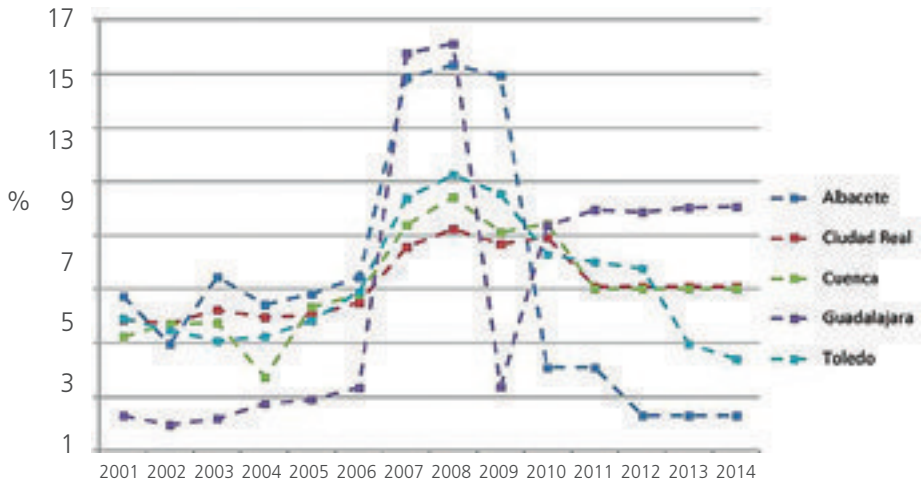
Ciudad Real es la que mayor superficie de pasto aporta a toda la comunidad con más del 30%. Del total de la superficie de pastos con la que cuentan (entorno a los 4.5 millones de ha), algo más de la mitad corresponden a los bosques mixtos, esclerófilas y arbustivas de transición, junto con los sistemas agroforestales localizados en el Valle de Alcudia.

La provincia de Cuenca presenta 1.5 millones de superficie de pastos, lo que supone apenas un 10% de la superficie total de pastos de la comunidad. Destacan, también, como en las otras provincias, los pastos de bosques y formaciones arboladas mixtas, siendo la provincia que más porcentaje presenta de este tipo de pastos.

La provincia de Guadalajara presenta más de 3 millones de ha de superficie de pastos, contribuyendo en más de un 21% a los pastos de la comunidad. En esta extensa superficie de pastos, predominan en esta comarca los bosques mixtos, esclerófilas y arbustivas de transición y los bosques de frondosas. Destacan, además, los significativos aumentos y descensos que se producen entre el año 2006 y el 2009, como se aprecia en el gráfico de evolución de superficies de pastos

Por último, en la provincia de Toledo, los pastos representan el 20% de la totalidad de los mismos en la comunidad, con un total de casi 3 millones de ha. En dichas superficies destacan los bosques mixtos, aunque lo hacen por encima del resto, los sistemas agroforestales y los bosques de frondosas.

Evolución de las superficie de pastos por provincia (período 2001-2014)

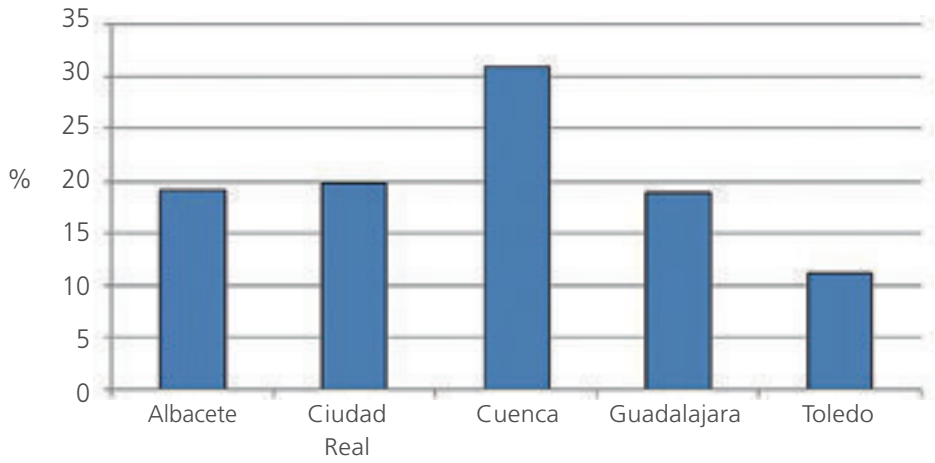


Superficie forestal

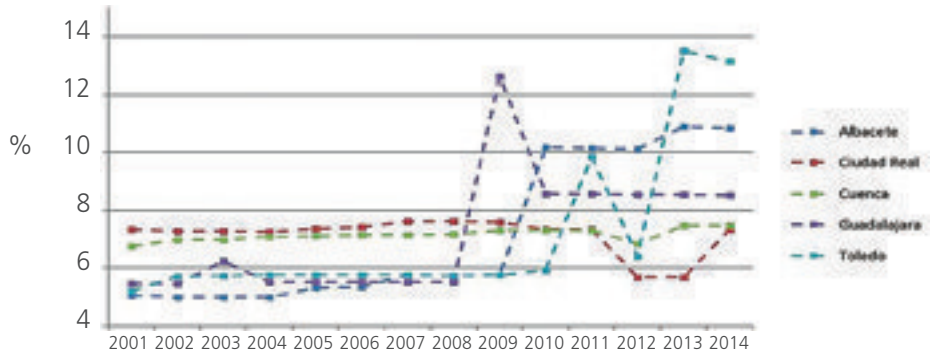
En Castilla-La Mancha existen más de 31.5 millones de ha forestales, las cuales representan casi el 45% de la superficie total de la región y entorno al 13% de la superficie forestal nacional, según datos del MAPAMA. En dicha categoría de superficie se agrupan superficies de aprovechamiento secundario de pastos, también se incluyen los terrenos yermos, roquedos y arenales, así como las construcciones e infraestructuras destinadas al servicio del monte y del ganado. Las provincias con más superficie forestal, como indica el siguiente gráfico, son Cuenca y Ciudad Real, seguidas de cerca por Albacete y Guadalajara, en cambio Toledo, es la provincia con menor superficie forestal en la región, pero, aun así, esta última cuenta con más de 3.5 millones de ha de este uso.

La superficie forestal de la comunidad, según la pertenencia y régimen de tierra, puede clasificarse en cuatro grandes grupos: los Montes del Estado transferidos o no a la Junta de Comunidades, los Montes de Entidades Locales de Utilidad Pública, los Montes de particulares, consorciados y convenidos, y los Montes de particulares no consorciados o convenidos. Aunque son los montes de particulares los que dominan con más del 70%.

Distribución en % de superficie forestal por provincia en C-LM (período 2001-2014)



Evolución de la superficie forestal por provincia (período 2001-2014)



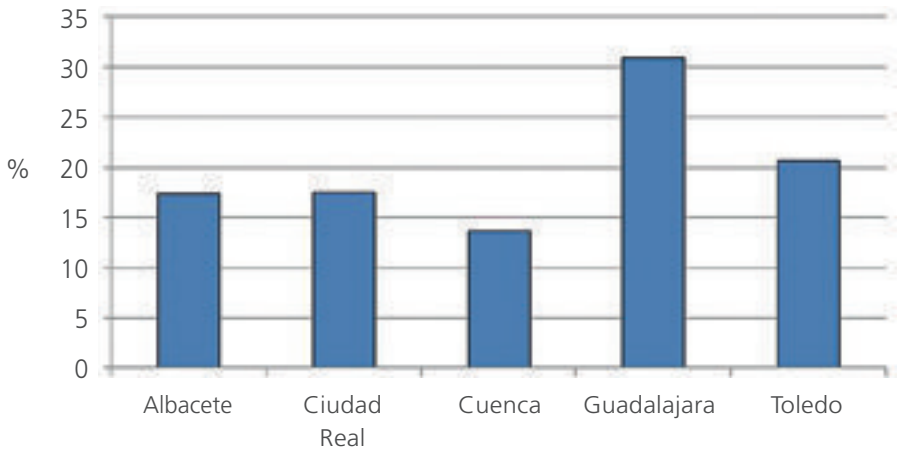
Su evolución a grandes rasgos no presenta muchas alteraciones, manteniéndose valores similares a lo largo de toda la serie durante el periodo de estudio, si bien, destacan las provincias de Guadalajara, Albacete y Toledo, donde, como se puede apreciar en el gráfico de evolución, hay acusados picos de crecimiento y decrecimiento de superficie forestal a partir del año 2008.

Otras superficies

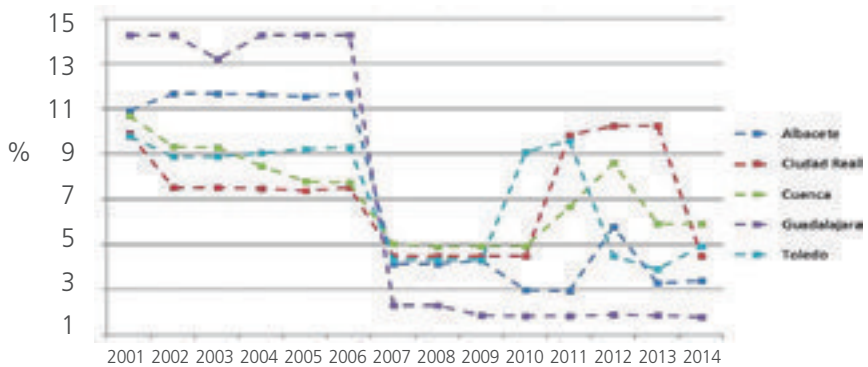
Esta categoría incluye, principalmente, superficie de uso urbano, además de otros usos artificiales, tales como vías de comunicación, industrias, minerías, aguas, humedales, etc, y donde Castilla-La Mancha recuenta un total de casi 11 millones de ha destinadas a este uso. En su distribución provincial destaca Guadalajara con más del 30% de otras superficies, lo que se traduce a más de 3.3 millones de ha, quedándose el resto de provincias en valores similares entre el 14 y 20%.

En cuanto a la evolución de este tipo de superficie destaca por los acusados altibajos que presenta. Y es que, a partir de finales del año 2006, presenta bruscas caídas que van desde más del 14% de superficie hasta poco más del 2%, como ocurre, por ejemplo, en la provincia de Guadalajara. Aunque también son acusados estos descensos en el resto de provincias de la comunidad.

Distribución en % de otras superficie por provincia en C-LM (período 2001-2014)



Evolución de otras superficie por provincia (período 2001-2014)

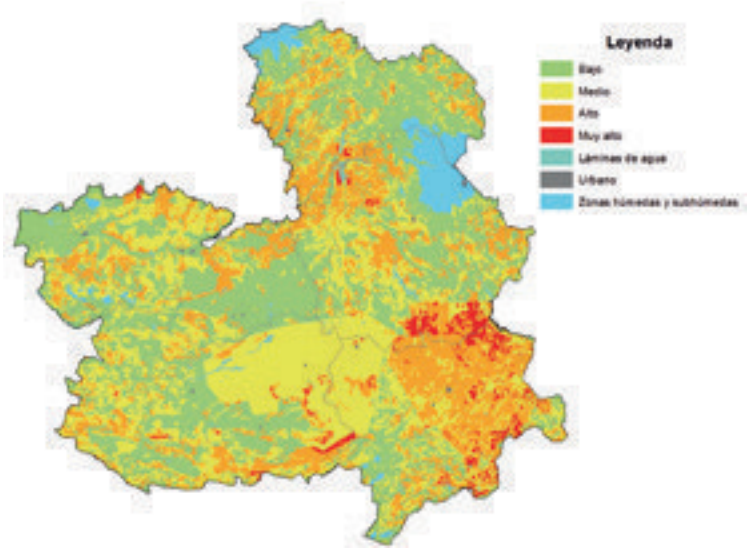


Como se puede observar de esta evolución, las tierras de cultivo se han mantenido constantes en su superficie con alguna variación en Toledo y Guadalajara. Los pastos han sufrido muchas variaciones a lo largo del tiempo en todas las provincias, mientras que, la superficie forestal tiene una tendencia a aumentar la superficie, y, en otras superficies de cultivo, sufre una gran disminución del año 2006 al 2007 en todas las provincias.

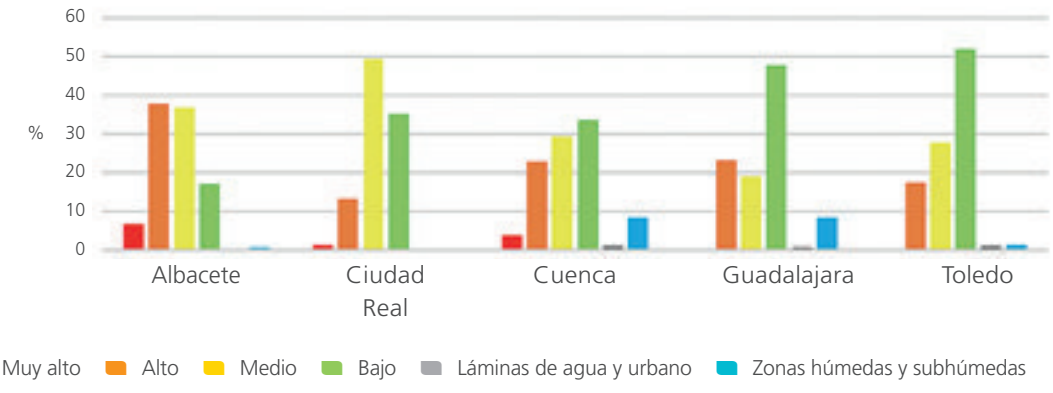
En 2008, se realizó el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND) cuyo objetivo principal es contribuir al logro del desarrollo sostenible de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas del territorio nacional y, en particular, la prevención o la reducción de la degradación de las tierras, la rehabilitación de tierras parcialmente degradadas y la recuperación de tierras desertificadas.

Analizando los datos proporcionados por el PAND, se observa que el 36,71% del territorio de Castilla-La Mancha se encuentra con un riesgo de desertificación bajo, seguido de un 33,98% con un riesgo medio, y estando sólo el 2,60% de su extensión con un riesgo muy alto de desertificación. Las zonas húmedas y subhúmedas presentan el 3,56% del territorio.

Riesgo de Desertificación



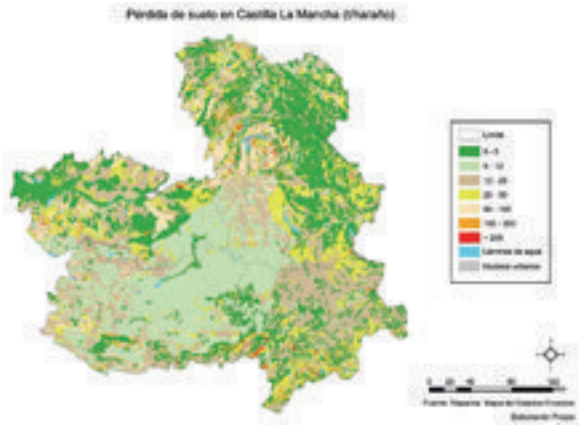
Riesgo de Desertificación



Examinando los datos proporcionados por el PAND, se observa que la provincia de Albacete, al igual que mostraba la UNEP en el Atlas Mundial de Desertificación (1992), es la que presenta una mayor extensión de su territorio con un riesgo de desertificación muy alto (6,88 %) y alto (37,94 %). Por otro lado, Toledo es la que presenta un menor porcentaje de su extensión con riesgo muy alto (0,24 %) y la que mayor extensión tiene con riesgo bajo (51,99 %). Cuenca y Guadalajara, por su parte, son las provincias que mayor extensión poseen de zonas húmedas y subhúmedas. Y, Ciudad Real, es la provincia que posee un mayor porcentaje de su territorio con un riesgo de desertificación medio (49,54 %).

Por último, se muestra un mapa con las pérdidas de suelo de España elaborado por el Banco de Datos de la Naturaleza. En él se observa que, la zona sur de Castilla-La Mancha, es la que ofrece unas mayores pérdidas de suelo (>100 t/ha/año), mientras que, la zona noroeste de Cuenca, presenta unas pérdidas de 50-100 t/ha/año. La zona centro de la comunidad, por su parte, es la que tiene una menor cantidad de pérdidas de suelo al año correspondiente a menos de 12 t/ha/año.





Conclusiones

Una vez se han tenido en cuenta todos los factores comentados a lo largo de este capítulo (pendiente, usos del suelo, evolución de los cultivos y el Programa de Acción Nacional contra la desertificación), se puede concluir que, aunque las pendientes suelen ser un factor determinante para la erosión del suelo, en este caso no se corresponden en su totalidad con las zonas con mayores pérdidas de suelo. Si bien es cierto, que la zona centro de la comunidad que tiene una menor pendiente, también es la que presenta un menor riesgo de desertificación y unas menores pérdidas de suelo.

También se debe destacar la importancia de tener un adecuado uso del suelo y cuáles son los cultivos o bosques más adecuados para proteger de una manera más óptima el suelo ya que el suelo desnudo es el que tiene una mayor probabilidad de sufrir erosión debido a la escorrentía, por lo tanto, hay que tener prestar atención al uso del suelo, o bien, tener una infraestructura adecuada para prevenir riesgos como deslizamientos de ladera.

Precipitaciones más concentradas en el tiempo, como veíamos en el capítulo 1, contribuirán a la pérdida de suelo, pero es que además se podrán dar después de periodos muy secos en los que las partículas de suelo no están compactadas y son más fácilmente arrastrables. Incendios forestales más extensos, dejarán al descubierto las capas superficiales del suelo, sometiéndolo a una mayor erosión, otro factor que deberá tenerse en cuenta.

Es importante entender la realidad climática que se dará en los próximos años y las relaciones que tendrá con nuevos escenarios de erosión de suelo. En algunos observatorios se ha constatado que el número de días con precipitaciones por encima de los 30mm está aumentando, lo que producirá lavado de suelos y decapitación de los horizontes más superficiales.

A continuación, puede verse con detalle el mapa de pérdidas de suelo potenciales en la región.

Bibliografía

PILAR GARCÍA RODRÍGUEZ Y M.ª EUGENIA PÉREZ GONZÁLEZ (2005): Degradación de suelos en Castilla-La Mancha: Estudio de áreas piloto mediante teledetección. Observatorio Medioambiental, núm. 8, 55-71.

MA DÍEZ ROJO, JA LÓPEZ PÉREZ, P URBANO TERRÓN, A BELLO PÉREZ (2010): Biodesinfección de suelos y manejo agronómico. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. España.

MARÍA ROSA GONZÁLEZ LÓPEZ, MIGUEL ÁNGEL DÍEZ ROJO, CONCEPCIÓN IGLESIAS GONZÁLEZ, JOSÉ ANTONIO LÓPEZ PÉREZ, ANTONIO BELLO PÉREZ (2011): Valor de los Subproductos Vitivinícolas en la Mejora y Biodesinfección de Suelos. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. España.

PROGRAMA DE AUDITORÍAS DE SOSTENIBILIDAD – Agenda 21 Local de la Diputación de Albacete: Planeamiento Urbanístico y Usos del Suelo.

GARCÍA, M. P. Y PÉREZ, M. E. (2003): Calidad de suelo en La Mancha: cartografía de unidades salinas mediante imágenes TM. En Teledetección y Desarrollo Regional (Pérez y Martínez, coord.):13-16 pp.

MELIA, J. F.; MARTÍN DE SANTA OLALLA, F. Y BRASA, A. (1994): Desertificación en Castilla-La Mancha. En Los proyectos sobre medio ambiente en la CE. El proyecto EFEDA: objetivos y desarrollo. Univ. Castilla-La Mancha. Albacete; 15-25.

MAPAMA: http://www.mapama.gob.es

CORINE LAND COVER

MAPA FORESTAL DE ESPAÑA

PROGRAMA DE ACCION NATURAL CONTRA LA DESERTIFICACION (PAND)

Los humedales y el cambio climático en Castilla-La Mancha

Máximo Florín Beltrán, Rafael Ubaldo Gosálvez Rey, Ángel Velasco García, Celia Laguna Mora, Josefina Penélope Falomir Esteve, Álvaro Chicote Díaz y Elena María Muñoz Espinosa

Sección de Humedales, Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha

Introducción

Castilla-La Mancha es la región de España donde los tipos de clima son más diversos a lo largo y ancho de su territorio, en la que más varía el tiempo atmosférico con el paso de los días, de las estaciones y de los años, y también la más heterogénea en cuanto al relieve y a la naturaleza de las rocas y sedimentos que lo conforman.

Por eso, no es extraño que todo el paisaje castellano-manchego esté salpicado por los humedales más diversos de la Península Ibérica, que aparecen arracimados con la densidad más alta de España, en complejos tan singulares en el ámbito mundial como son, por ejemplo, las lagunas de las rañas de Guadalajara, las torcas de Cuenca, las lagunas volcánicas del Campo de Calatrava, los bonales de Montes de Toledo, las llanuras de inundación y vegas de los ríos Cigüela, Záncara, Guadiana y otros, las lagunas salinas y saladares de Albacete, las Lagunas de Ruidera, el Arquillo, Ojos de Villaverde, el Tobar y otras muchas lagunas kársticas, las Tablas de Daimiel, las colas de todos los embalses y, sobre todo, los humedales de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda en general, única de Castilla-La Mancha y primera de España declarada en un ámbito regional de humedales, más allá de un único espacio natural.

Precisamente, la Red Mundial de Reservas de la Biosfera, junto con el Programa del Hombre y la Biosfera de la UNESCO que la acompaña, sirve de Observatorio Global para la Mitigación y la Adaptación al Cambio Climático. Como tal, tiene un valor añadido por dos motivos principales: i) para la lucha contra el cambio climático, promoviendo la monitorización integrada, los enfoques multidisciplinares y la participación pública que sostienen la gestión del cambio climático, y ii) para las actividades de demostración de los impactos del cambio climático y las posibles soluciones relacionadas.

Evaluación del cambio climático en y con los humedales.

De acuerdo con datos de la Sección de Humedales del Centro Regional de Estudios del Agua de la Universidad de Castilla-La Mancha (CREA-UCLM), la superficie natural estimada de humedales de que se tiene noticia a través de la cartografía y la fotografía aérea ascendía a 18.597 has en toda la región, de las que sólo quedan 4.908 has en distinto estado de conservación; es decir, se ha perdido casi el 75% de la superficie de humedales de la región.

La desaparición de humedales y el empeoramiento del estado de los existentes están relacionados con el cambio climático, pero es indisociable de otros factores de degradación por causa de las actividades humanas, por lo que es más apropiado hablar de cambio global, refiriéndonos al conjunto de cambios relacionados con el cambio climático y con esos otros impactos antrópicos.

Por otro lado, los diversos impactos que constituyen el cambio global no tienen un simple efecto acumulativo, aritmético, sino más bien sinérgico, multiplicativo. Así, los periodos secos pueden dar lugar a una "alienación hidrológica" de la población, que puede llegar a perder la memoria histórica del funcionamiento de los humedales de su entorno y hasta de su simple presencia física (Gráfico 1).

Por ejemplo, los periodos de mayor degradación de la Laguna de la Inesperada (Pozuelo de Calatrava, Ciudad Real), identificables mediante las fotografías aéreas disponibles, corresponden a periodos secos precedentes a la fecha de toma de dichas imágenes (Gráfico 1).

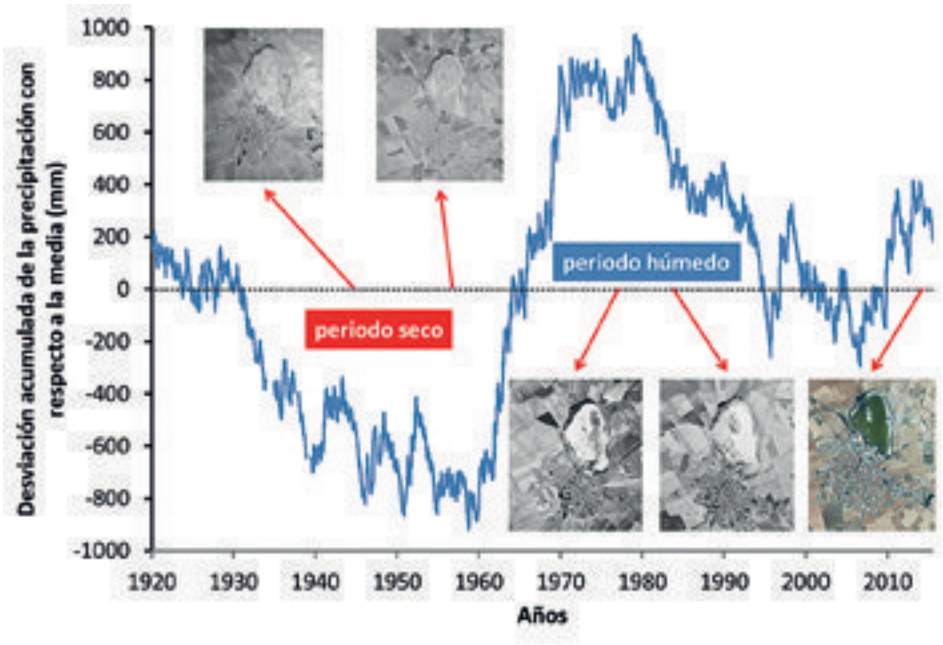
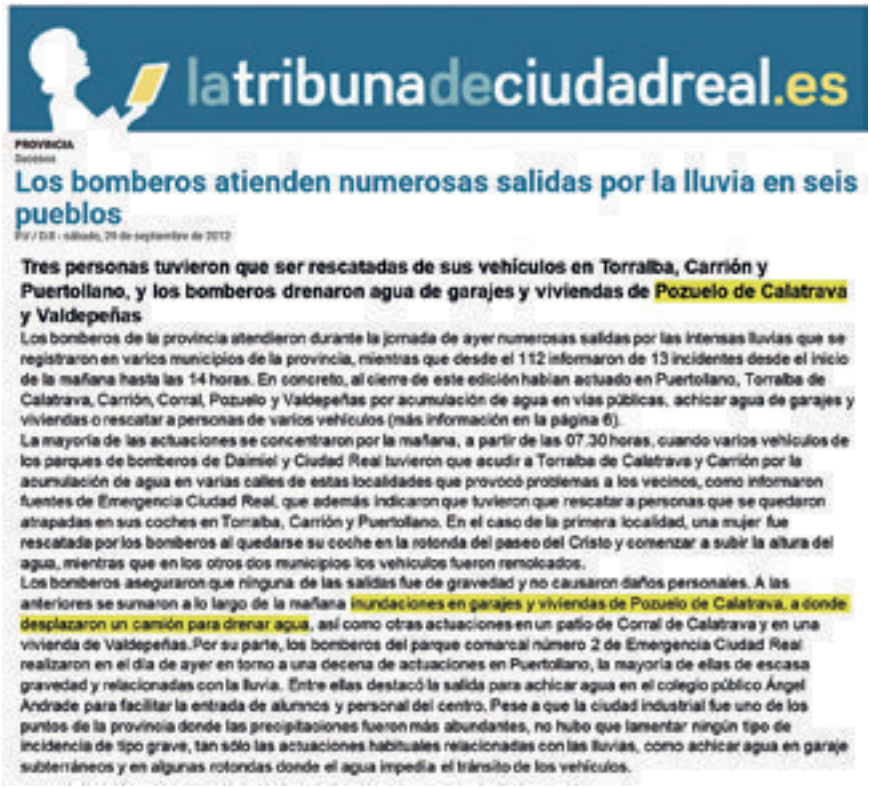


Gráfico 1: Evolución de la desviación acumulada con respecto a la media de los datos de precipitación en Ciudad Real (1920-2015), y fotos aéreas disponibles de la Laguna de la Inesperada o del Prado (Pozuelo de Calatrava, Ciudad Real), mostrando la sincronía entre periodos secos y pulsos de crecimiento urbano de la población aledaña, hasta ocupar un quinto de la superficie del humedal. *Fuente: Elaboración Propia*

En el caso de este humedal (el único Sitio Ramsar de Máxima Importancia Internacional del complejo de lagunas volcánicas del Campo de Calatrava) las fotos aéreas de los años 1970s y de la segunda década del siglo actual muestran que se había producido un periodo de intensificación de la urbanización de su cubeta. Todo ello sucedió tras sendos periodos durante los cuales se registraron menos lluvias con respecto a la media 1920-2015. Además se llegó a urbanizar el 20% de la superficie original de la laguna, tras colmatarse con escombros, debido al crecimiento del casco urbano de la población aledaña, que ahora tiene su polígono industrial, plaza de toros, polideportivo y hasta algunos bloques de viviendas en lo que antes era parte de la laguna.

No siempre es el cambio climático el que agrava otros impactos de actividades humanas sobre los humedales, sino a la inversa. Así, sin dejar nuestro caso de estudio de la Laguna de la Inesperada (Pozuelo de Calatrava), la urbanización de 1/5 de su superficie no evita que, en los cada vez más frecuentes e intensos episodios de tormentas previsibles en cualquier escenario de cambio climático, las aguas de escorrentía reclamen las escrituras de propiedad de los terrenos que les son propios y, de acuerdo con el Principio de Arquímedes, busquen salidas a la ocupación de la cubeta de los humedales, inundando viviendas y/o vías públicas (Imagen 1).

Esto ocurre en todos los humedales castellano-manchegos adyacentes a poblaciones, hasta el punto de ocasionar la urbanización total de la cubeta, como es el caso de la Laguna Chica o Vega (Miguel Esteban, Toledo), del Pozo de la Puerta (El Toboso, Toledo) y de uno de los navajos de Balbacil (Guadalajara), por ejemplo. O parcial, como la Laguna del Pueblo (Pedro Muñoz, Ciudad Real) y la Laguna del Salobral (La Villa de Don Fadrique, Toledo), por ejemplo, a la vez que la inundación recurrente de la parte del casco urbano que ocupa la cubeta lagunar.



latribunadeciudadreal.es

PROVINCIA

Los bomberos atienden numerosas salidas por la lluvia en seis pueblos

Tres personas tuvieron que ser rescatadas de sus vehículos en Torralba, Carrión y Puertollano, y los bomberos drenaron agua de garajes y viviendas de Pozuelo de Calatrava y Valdepeñas

Los bomberos de la provincia atendieron durante la jornada de ayer numerosas salidas por las intensas lluvias que se registraron en varios municipios de la provincia, mientras que desde el 112 informaron de 13 incidentes desde el inicio de la mañana hasta las 14 horas. En concreto, al cierre de esta edición habían actuado en Puertollano, Torralba de Calatrava, Carrión, Corral, Pozuelo y Valdepeñas por acumulación de agua en vías públicas, achicar agua de garajes y viviendas o rescatar a personas de varios vehículos (más información en la página 6).

La mayoría de las actuaciones se concentraron por la mañana, a partir de las 07.30 horas, cuando varios vehículos de los parques de bomberos de Daimiel y Ciudad Real tuvieron que acudir a Torralba de Calatrava y Carrión por la acumulación de agua en varias calles de estas localidades que provocó problemas a los vecinos, como informaron fuentes de Emergencia Ciudad Real, que además indicaron que tuvieron que rescatar a personas que se quedaron atrapadas en sus coches en Torralba, Carrión y Puertollano. En el caso de la primera localidad, una mujer fue rescatada por los bomberos al quedarse su coche en la rotonda del paseo del Cristo y comenzar a subir la altura del agua, mientras que en los otros dos municipios los vehículos fueron remolcados.

Los bomberos aseguraron que ninguna de las salidas fue de gravedad y no causaron daños personales. A las anteriores se sumaron a lo largo de la mañana inundaciones en garajes y viviendas de Pozuelo de Calatrava, a donde desplazaron un camión para drenar agua, así como otras actuaciones en un patio de Corral de Calatrava y en una vivienda de Valdepeñas. Por su parte, los bomberos del parque comarcal número 2 de Emergencia Ciudad Real realizaron en el día de ayer en torno a una decena de actuaciones en Puertollano, la mayoría de ellas de escasa gravedad y relacionadas con la lluvia. Entre ellas destacó la salida para achicar agua en el colegio público Ángel Andrade para facilitar la entrada de alumnos y personal del centro. Pese a que la ciudad industrial fue uno de los puntos de la provincia donde las precipitaciones fueron más abundantes, no hubo que lamentar ningún tipo de incidencia de tipo grave, tan sólo las actuaciones habituales relacionadas con las lluvias, como achicar agua en garaje subterráneos y en algunas rotondas donde el agua impedía el tránsito de los vehículos.

Imagen 1: Captura de pantalla de la noticia publicada en La Tribuna de Ciudad Real el 29 de septiembre de 2012, informando de la inundación de garajes y viviendas de Pozuelo de Calatrava, problema recurrente con ocasión de episodios lluviosos en la parte del casco urbano que ha usurpado parte de la cubeta de la laguna.

A pesar del indudable impacto de las inundaciones asociadas al cambio global en los humedales, el mayor de todos es la desecación de la superficie húmeda. Aunque Castilla-La Mancha es la región de España donde mejor se conservan las vegas fluviales y llanuras de inundación, se puede calcular que el 90% de su superficie original ha sido desecada desde el siglo XIX, fundamentalmente tras su drenaje y el encauzamiento, rectificación y dragado de los ríos correspondientes. Dichas afecciones son compartidas por muchas lagunas que ocupan terrenos de los que se esperaba sacar rentabilidad agrícola, la cual ha terminado por ser negativa o muy baja, debido a la vocación encharcadiza de los mismos y/o a la salinización del suelo sobre el que se asientan.

La privación de agua a los humedales por drenaje y canalización trasciende cuantitativamente, y mucho, de la simple evacuación del agua superficial que, a menudo, sólo de manera episódica y efímera ocupa toda la superficie inundable. La principal función de la inundación de estos sistemas no es tanto el almacenamiento de agua superficial, sino la infiltración y recarga de los acuíferos subyacentes, en particular del acuífero aluvial, que es una fina manta que cubre y alimenta, la espesa esponja de los acuíferos regionales infrayacentes a lo largo de los corredores fluviales y, en su caso, el lecho de las lagunas sin drenaje superficial. Dicho de otra manera, cuando se drena un humedal y se canaliza el río de una llanura de inundación, se acelera el flujo de agua hacia el mar, desconectando los recursos hídricos superficiales de los subterráneos y, por lo tanto, privando al ciclo hidrológico de Castilla-La Mancha de uno de sus aportes más importantes.

Para tener una idea de lo que supone la fina manta de un acuífero aluvial como el del tramo de las Tablas de Daimiel, basta decir que su capacidad mínima de almacenamiento de agua asciende a 1 hm^3 al año, lo que

supone el 20% de las extracciones para riego autorizadas por la Confederación Hidrográfica del Guadiana a partir del Embalse del Vicario, situado aguas abajo de dicho tramo de llanura de inundación, en un año seco como 2017. Es decir, el 20% del agua que podría haber servido para paliar la actual sequía en esa zona regable ha sido enviada directamente al mar, sin permitírsele antes recargar los embalses subterráneos.

La alienación hidrológica de algunos terratenientes que sucedió al periodo seco ilustrado en el Gráfico 1 causó probablemente la intensificación de la desecación de vegas fluviales y llanuras de inundación en el tercer cuarto del siglo XX. Este proceso, descrito por el genial periodista Luis Carandell como el "Rapto del Guadiana" (Imagen 2) es anterior a la explotación intensiva y sobreexplotación de acuíferos en La Mancha, y muy posiblemente una de sus causas: muchas pequeñas explotaciones regadas con pozos de noria, privadas de la recarga anual de agua que aportaban los ríos, una vez canalizados, pasaron a depender exclusivamente del acuífero regional, más profundo y con una tasa de renovación mucho más larga que los acuíferos aluviales de vegas fluviales y llanuras de inundación.

Humedales al servicio de mitigar el cambio climático.

Los servicios asociados a la disponibilidad de agua son sólo uno de los variados tipos de los servicios que los humedales de Castilla-La Mancha ofrecen para mitigar el cambio global, por exceso o por defecto. Además del abastecimiento, los otros dos tipos principales de servicios de los humedales de la región son los de regulación y los culturales.

Los principales servicios que los humedales ofrecen a la sociedad castellano-manchega para mitigar el cambio global se relacionan en las Tablas 1 a 3. Las columnas de las mismas identifican el tipo y la categoría de los servicios por grupos, al tiempo que se relacionan las principales características de cada uno de ellos y se selecciona un ejemplo. La clave de colores pone de manifiesto el estado que presentan en la actualidad (Imagen 3).


EL RAPTO DEL GUADIANA

Imagen 2: Copia digital de la primera página del reportaje publicado por Luis Carandell en la revista "Cuadernos para el Diálogo" el 24 de diciembre de 1977, en el que relata el conflicto desatado tras la canalización de los ríos Cigüela y Guadiana.

Servicios de abastecimiento

Dentro de los servicios de abastecimiento, uno de los más importantes corresponde con la provisión de alimentos. Aunque se trata de un recurso renovable, se ha apreciado una tendencia a disminuir, como consecuencia de la alteración de la estructura y funcionamiento de los humedales. Entre estos servicios cabe reseñar, por ejemplo, los cultivos de regadío en vegas fluviales y llanuras de inundación desecadas, el ganado que aprovecha los pastos húmedos de estos terrenos, la pesca y recolección de cangrejos, la acuicultura y, finalmente, con una repercusión casi anecdótica, la recolección de vegetales silvestres y la caza para alimentación, principalmente de aves.

El cultivo de especies como el maíz, que requieren importantes aportes hídricos, suele ubicarse en muchas llanuras de inundación transformadas. La mayor parte del cultivo en Castilla-La Mancha se realiza en regadío, constituyendo una de las mayores extensiones de este cultivo en la Península. En el esce-

nario actual de cambio climático, el sinsentido de regar decenas de miles de hectáreas en La Mancha para cultivos que exigen mucha agua, como el maíz (especialmente en zonas semiáridas de dicha región), es la principal causa de la enorme degradación hídrica de humedales de extraordinario valor, como los incluidos en la Reserva de la Biosfera de La Macha Húmeda y el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.

La importancia de los servicios se ha evidenciado con los siguientes colores:

Color		Color	
	Alta		Baja
	Alta-media		No aplicable
	Media-baja		

Imagen 3: Clave de colores para poner de manifiesto la importancia de los servicios de los humedales a la sociedad de Castilla-La Mancha afectados por el cambio global, relacionados en las Tablas 1 a 3. *Fuente: Elaboración Propia*

TIPO	Servicios	Categoría	Definición	Ejemplos e importancia
Abastecimiento	Alimentación	Producción agrícola	Productos derivados de los ecosistemas y la biodiversidad que son consumidas por los seres humanos para obtener principios nutritivos, que les proveen materia y energía	Arroz, algodón
		Ganado		Pasto
		Pesca/Marisqueo		Pescados, bivalvos, crustaceos y otros
		Acuicultura		Pescados, crustaceos
		Alimentos vegetales silvestres		Forrajes, pasto
		Caza para la alimentación		Aves
	Agua		Agua de calidad	Agua para consumo humano, limpieza, recreo, producción de cosechas, procesos industriales
	Materias primas de origen biológico		Materiales extraídos de los seres vivos y que se transforman para elaborar bienes de consumo	Fibra textil, caña, mimbre, madera
	Materias primas de origen mineral		Materiales de origen mineral extraídos del subsuelo que se transforman para elaborar bienes de consumo	Sal, turba, rocas ornamentales
	Energías renovables		Energía derivada de la hidrodinámica propia de los humedales	Energía hidroeléctrica y mareomotriz
	Acervo genético		Diversidad genética de una especie o población. Variedad de genes entre y dentro de las poblaciones	Especies autóctonas, genes o información genética usada en biotecnología
	Medicinas naturales y principios activos		Productos biológicos utilizados con fines terapéuticos	Plantas medicinas, homeopatía

Tabla 1: Servicios de abastecimiento proporcionados por los humedales españoles, que incluyen los afectados por el cambio global en Castilla-La Mancha. Clave de colores de acuerdo con la Imagen 3. *Fuente: Elaboración Propia*

TIPO	Servicios	Categoría	Definición	Ejemplos e importancia
Regulación	Regulación climática local y regional. Almacenamiento de carbono	Global	Influencia de los ecosistemas y biodiversidad sobre el clima a escala global y local emitiendo o absorviendo gases invernadero e interviniendo en la generación de flujos de calor e hídricos	Captura y almacenamiento de carbono, arrozales emitiendo metano
		Regional y local	Influencia de los cambios de usos del suelo en el régimen de temperatura y precipitación	Regulación de la amplitud térmico, regulación de la humedad relativa del aire, liberación de dimetisulfuros
	Regulación de la calidad del aire		Los ecosistemas tienen un efecto sobre la calidad del aire extrayendo contaminantes	Desnitrificación, producción y consumo de oxígeno y de anhídrico carbónico
	Regulación hídrica (cantidad y calidad)		Los cambios en los usos de suelo tienen gran impacto en la regulación del ciclo del agua en el contexto de las cuencas hidrográficas afectando al hidroperiodo, la escorrentía, y el almacenamiento de agua en general, así como a la calidad del agua	Reducción de contenido en materia orgánica, sólidos en suspensión y metales en el agua, eliminación de N en forma de biomasa. Almacenamiento de N y P en sedimentos, acumulación de agua, interacción con los acuíferos
	Regulación morfosedimentaria		Balance morfogénesis-edafogénesis	Sumidero de sedimentos, amortiguación perturbaciones
	Formación y fertilidad del suelo		La fertilidad del suelo es esencial para el crecimiento de la vegetación silvestre y la agricultura	Mantenimiento de suelos con nutrientes para el crecimiento de las plantas y las cosechas
	Regulación de las perturbaciones		Los ecosistemas amortiguan los efectos de las pertubaciones naturales, fundamentalmente las ligadas al clima	Los ecosistemas reducen el efecto de los grandes temporales, las llanuras de inudación y otros humedales reducen los picos de crecida haciendo menos necesarias las infraestructuras de control, disponibilidad hídrica en momentos de sequía
	Control biológico		Los ecosistemas regulan plagas y vectores de enfermedades para humanos, cosechas y ganado	
	Polinización		Las especies polinizadoras son esenciales para la producción de frutos, vegetales, semillas	

Tabla 2: Servicios de regulación proporcionados por los humedales españoles, que incluyen los afectados por el cambio global en Castilla-La Mancha. Clave de colores de acuerdo con la Imagen 3. *Fuente: Elaboración Propia*

TIPO	Servicios	Categoría	Definición	Ejemplos e importancia
Culturales	Conocimiento científico		Generación de acervo científico en su estudio	Publicaciones científicas, proyectos de investigación, inversión púlica en investigación
	Conocimiento ecológico local		Cultura local que se asocia a la relación sostenible ser humano-naturaleza	Usos tradicionales, aprovechamientos de variedades locales de plantas animales y aprovechamiento sostenible
	Identidad cultural y sentido de pertenencia		Identificación con lugares naturales y sus usaos tradicionales	Lugares míticos y legendarios, tradiciones artesanales, romerías
	Valor espiritual y religioso		Intangibles que forman parte de los valores de las personas	Lugares de culto, amor por la naturaleza
	Paisaje disfrute estético		Calidad paisajística que genera binestar	Disfrute estético, calidad visual
	Actividades recreativas y ecoturismo		Ocio y salud derivado del disfrute de los valores	Turismo de naturaleza, baño, recreativo, termalismo. Salinoterapia
	Eduación ambiental		generación de valores éticos de aprecio por la naturaleza	Centros de visitantes, infraestructuras de uso público, programas de educación ambientall

Tabla 3: Servicios culturales proporcionados por los humedales españoles, que incluyen los afectados por el cambio global en Castilla-La Mancha. Clave de colores de acuerdo con la Imagen 3. *Fuente: Elaboración Propia*

El uso más importante al que se destina el agua proporcionada por los lagos y humedales lo constituye el riego agrícola. De acuerdo con datos de 2013 del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Castilla-La Mancha es la segunda región española con más regadíos (13,93% del total nacional), pero alcanza más del 50% de los cultivos españoles mediante riego por aspersión, técnica que maximiza las pérdidas por evaporación en el clima mediterráneo continental semiárido de la mayor parte de las zonas cultivadas en la región.

A pesar de ocupar tan sólo el 15% de la superficie cultivable, los riegos agrícolas consumen el 80% de los recursos hídricos que se obtienen de los ríos, acuíferos y humedales. Estimaciones del periodo seco de la primera década del siglo XXI señalan que sólo en La Mancha, la cifra de pozos se había multiplicado exponencialmente desde los años 1960s, alrededor de 1.500, hasta los aproximadamente 70.000 de 2006, (aunque nadie sabe la cifra exacta, porque la mayoría son ilegales). El resultado es que cada año se extraían más de 400 hm^3, el doble del agua que llegaba, según el entonces Director del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, Manuel Carrasco. Así en el último cuarto del siglo XX, el nivel del acuífero bajó 20 metros, el equivalente a 2.500 hm^3, según un estudio del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Aunque estas tendencias mejoraron coyunturalmente durante el periodo húmedo registrado entre 2010 y 2013, la sequía de 2017 arrojó datos igual de alarmantes que los de diez años atrás.

La provisión de biodiversidad por los humedales de la región es apabullante. En lenguaje técnico, todos los humedales castellano-manchegos son "hot-spots" para la biodiversidad (puntos o manchas calientes) (*Florín & Montes, 1999*). Sólo los enclaves de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda integran cinco Sitios Ramsar de Máxima Importancia Internacional. Uno de ellos, las Tablas de Daimiel, también es el único humedal interior de España declarado Parque Nacional.

Estas distinciones internacionales y figuras de protección no reflejan la singularidad europea del paisaje y socioeconomía asociadas a los humedales de la región, ni la ocurrencia de raros procesos diagenéticos de formación de minerales descritos por primera vez en el mundo en nuestros humedales, por ejemplo.

Sí quedan, en cambio, mejor reflejadas, las especies de los humedales de la Mancha Húmeda incluidas en varias disposiciones internacionales de obligado cumplimiento, a saber: la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (nueve especies), el Convenio de Berna para la Conservación de la Vida Silvestre y el Medio Natural (16 especies), la Directiva de Aves de la Unión Europea (UE) (10 especies), o la Directiva de Hábitats de la UE (6 especies).

Sin embargo, las listas rojas y los convenios internacionales dejan fuera otros servicios de los humedales manchegos asociados a la biodiversidad. Es el caso, por ejemplo, de la rara hierba acuática *Althenia orientalis* (*Zannichelliaceae*), una especie con una distribución geográfica muy restringida en el mundo, recolectada por miembros de la Sección de Humedales del CREA-UCLM en humedales de la Mancha Húmeda desde 1986, así como la fauna de escarabajos carábidos de las orillas de los humedales, que incluyen el endemismo ibérico *Orthomus expansus* (*Pterostichidae*) y dos especies vicariantes con una distribución ibero-norteafricana, *Cicindela maroccana* (*Cicindelidae*) y *Harpalus microthorax* (*Harpalidae*), o el atrapamoscas (*Drosera rotundifolia*) de los bonales de Montes de Toledo, una fascinante planta insectívora amenazada que tiene usos medicinales (Imagen 4).

Los humedales de Castilla-La Mancha no sólo son importantes para la conservación de especies aisladas, sino también para la de hábitats y comunidades. Es el caso, por ejemplo, de seis tipos de hábitat declarados de interés por la UE. Sin embargo, otras de sus valiosísimas comunidades ausentes de las disposiciones internacionales, las de crustáceos acuáticos, son reconocidas por los especialistas como únicas en Europa Occidental, y comparables sólo a las de otros complejos de humedales del mundo, situados en zonas tan lejanas como Asia central. Esto mismo se aplica a las comunidades de tapetes microbianos dominadas por la cianobacteria filamentosa *Coleofasciculus chtonoplastes*, las comuni-

dades de plantas sumergidas dominadas por *Ruppia drepanensis* (*Potamogetonaceae*), la comunidad de crustáceos acuáticos *Arctodiaptometum salini*, y las comunidades de escarabajos carábidos de las orillas de las lagunas manchegas.

La afinidad de todas estas y otras especies, comunidades y hábitats por condiciones ambientales específicas convierten a los humedales de Castilla-La Mancha en refugios de biodiversidad mundial frente al cambio global y, a la vez, tienen un interés fundamental para la evaluación de este en la región, como lamentablemente hemos podido observar a través de su extinción local o menor presencia en los enclaves desaparecidos o más degradados.

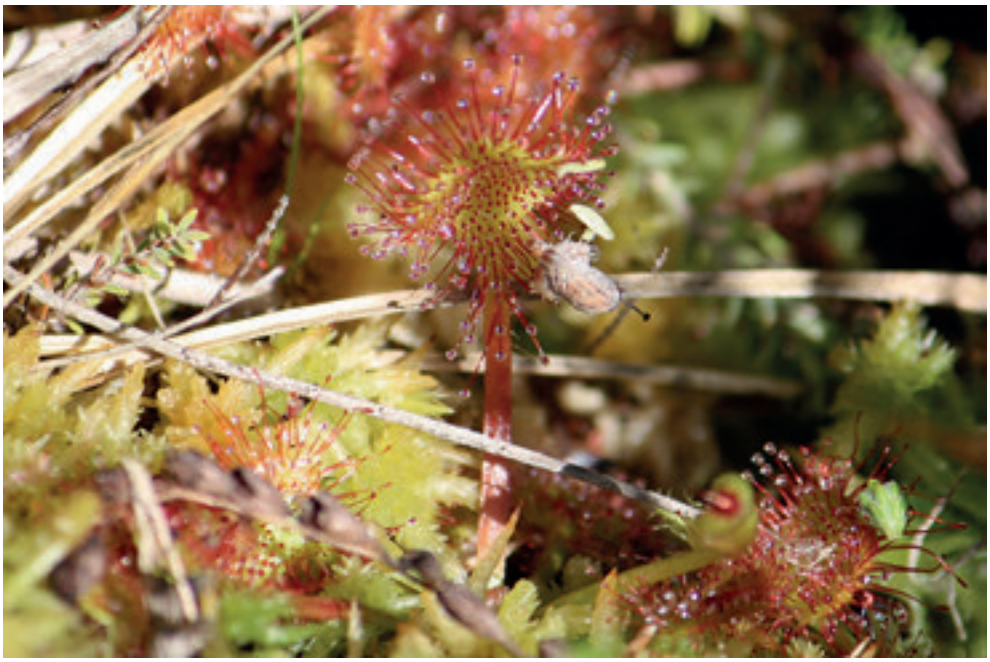


Imagen 4: ejemplares de atrapamoscas (*Drosera rotundifolia*) encontrados en uno de los bonales de Montes de Toledo, una planta insectívora amenazada que tiene uso medicinal. *Fuente: Sergio González*

Servicios de regulación

Los humedales castellano-manchegos cumplen un importante servicio de regulación climática a corto plazo, por las cantidades de vapor de agua liberadas a la atmósfera a partir de la evaporación directa y, especialmente, a través de la evapotranspiración, contribuyendo al mantenimiento de la humedad ambiental, lo cual se traduce en la aparición de microclimas locales que atenúan la sequedad del aire del entorno. El efecto de la evapotranspiración por la vegetación acuática también modera la amplitud térmica localmente, suavizándola, lo que genera condiciones locales más amistosas para la vida que el entorno mediterráneo continental semiárido dominante en la región.

A más largo plazo, los humedales prestan importantes servicios asociados al ciclo global del carbono, pues contienen entre el 10 y el 20% del carbono del territorio de Castilla-La Mancha. Esto se debe a la lenta tasa de descomposición de la materia orgánica que se acumula en los humedales tras la muerte de

sus organismos, en las condiciones de falta de oxígeno propias del embebimiento en agua del lecho de estos sistemas acuáticos. Por otro lado, los humedales pueden ser fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (como CO_2) cuando se desecan y se airean los sedimentos y se descompone mejor la materia orgánica, y en ciertas circunstancias de inundación que favorecen la liberación de metano.

En el caso de las Tablas de Daimiel, por ejemplo, se ha comprobado que funcionan más como un sumidero que como una fuente de carbono atmosférico, hasta el punto de almacenar alrededor de una tonelada de carbono por hectárea y año. Este valor es superior al registrado en humedales de zonas templadas frías (0,08-0,6 Tm C ha^{-1} $año^{-1}$) e incluso a los de la Amazonia (0,5 Tm C ha^{-1} $año^{-1}$). Por el contrario, la destrucción de humedales ejerce el efecto contrario, liberando a la atmósfera importantes volúmenes de C, que se podrían cifrar hasta en un 8% del total de emisiones de CO_2 de la región. Por ejemplo ,en el caso de un drenaje de los humedales castellano-manchegos que fuera proporcional al que está teniendo lugar en el sureste de Asia, por lo que contribuirían a aumentar el efecto invernadero.

En cuanto a la calidad del agua, los servicios de regulación que proporcionan los humedales de Castilla-La Mancha son los que se encuentran en peores condiciones. La contaminación del agua es, por orden de importancia, el quinto impulsor directo del cambio experimentado por los humedales (el tercero, si agrupamos los directamente relacionados con alteraciones del régimen hídrico), habiendo afectado a más de un 11% de los humedales en el siglo XX.

Por encima de los vertidos, la agricultura se ha convertido en el principal foco generalizado de contaminación difusa para las aguas subterráneas, e indirectamente para los humedales que dependen de ellas, además de recibir directamente aportes de los cultivos circundantes. Esta contaminación procede de los fertilizantes agrícolas, principalmente nitratos, que se utilizan en cantidades muy elevadas que rondan una media de 121 kg por hectárea y año. Igualmente, la utilización de pesticidas en la agricultura, que ha aumentado un 70% entre 1995 y 2005, genera importantes alteraciones en la calidad de las aguas de este tipo ecosistemas, además de afectar directamente a su biodiversidad, alcanzando una media de 3 kg por hectárea y año. Y, lo que es peor, no sólo ha aumentado el uso de pesticidas en la agricultura, sino también su toxicidad.

Los vertidos de aguas residuales domésticas e industriales, mejor o peor tratadas, o sin tratar, constituyen el otro gran foco de contaminación de los humedales de la región, constituyéndose en el mayor impacto para algunos enclaves. A pesar de que la aplicación de la Directiva Europea 91/271/CEE sobre el tratamiento de aguas residuales, que impone la depuración de este tipo de aguas, antes de ser vertidas al medio receptor, en municipios con una población superior a los 2.000 habitantes, en 2005 todavía un 10% de las aguas residuales en Castilla-La Mancha no se depuraba.

En el Gráfico 2 se exploran las posibles causas de esta insuficiencia. Así, a pesar de que el volumen de aguas tratadas no ha cesado de aumentar entre 1996 y 2013, la tendencia de la eliminación media de contaminantes es estable o decrece ligeramente (y eso sin contar los episodios puntuales de contaminación que aportan mucha contaminación al balance de masas, pero tienen poco peso a la media) (Grafico 2a).

Por otro lado, el importe total de las cuotas de saneamiento y depuración ha aumentado casi exponencialmente en el mismo periodo, mientras la inversión en recogida y tratamiento de aguas residuales sólo ha aumentado de manera discreta (Gráfico 2b).

La razón de este desajuste entre necesidades de depuración y recursos disponibles parece deberse al drástico aumento de los costes de la energía eléctrica para el segmento de potencia correspondiente al de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) (Gráfico 3c), lo que coincide con los resultados de consultas de miembros de la Sección de Humedales del CREA-UCLM con jefes de planta y responsables de municipios que tienen que hacerse cargo de los costes de mantenimiento de EDAR de Castilla-La Mancha.

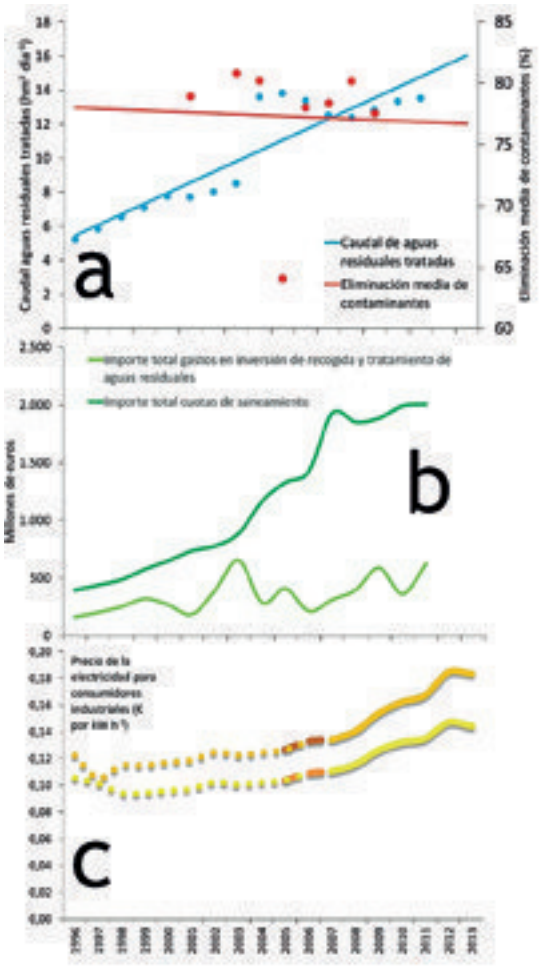


Gráfico 2: Evolución en España entre 1996 y 2013 de a) El caudal de aguas residuales tratadas y la eficiencia media de la depuración (INE), b) El importe total de las cuotas de saneamiento y de los gastos de inversión en recogida y tratamiento de aguas residuales (INE), y c) El precio de la electricidad para consumidores industriales con consumos anuales de entre 20 y 500 MW, antes y después de impuestos (EuroStat). *Fuente: Elaboración Propia*

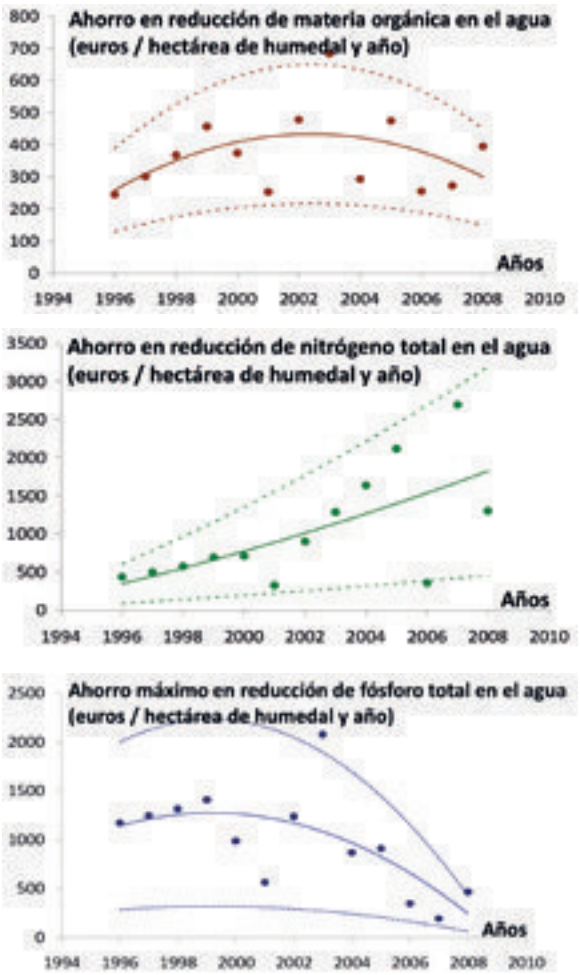


Gráfico 3: Evolución entre 1994 y 2010 del ahorro estimado en depuración del agua gracias a la reducción natural de materia orgánica, nitrógeno y fósforo que tiene lugar en los humedales. *Fuente: Elaboración Propia*

Indirectamente, esta limitación ha tenido repercusiones en los servicios de regulación de la calidad del agua por los humedales de la región, que reciben más vertidos y en peores condiciones. Así, la depuración natural por los humedales de Castilla-La Mancha del agua que les llega supuso en 2010 un ahorro equivalente de hasta 1.500 euros por hectárea de humedal y año en la reducción de nitrógeno, más de 300 euros por hectárea y año en la reducción de materia orgánica, y unos 250 euros por hectárea y año en la reducción de fósforo (Gráfico 4).

En conjunto, la autodepuración natural por los humedales del agua que les llega superó en 2010 los 10 millones de euros al año de ahorro para Castilla-La Mancha, teniendo en cuenta solamente la reducción de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Originalmente, esta cifra podría haber superado los 100 millones de euros de ahorro para la región, gracias a la reducción experimentada por estos tres mismos contaminantes.

La evolución entre 1994 y 2010 del ahorro en depuración que supone la reducción natural de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el agua que llega a los humedales varía según el contaminante de que se trate (Gráfico 4).

Así, el ahorro gracias a la reducción natural de materia orgánica alcanzó un valor máximo de casi 700 euros por hectárea de humedal y año en 2002.

Sin embargo, el ahorro en depuración gracias a la reducción natural de nitrógeno en el agua que llega a los humedales continuó aumentando durante todo el periodo, hasta alcanzar un valor máximo de más de 2.500 euros por hectárea y año en 2010.

En cambio, el ahorro en depuración gracias a la reducción natural de fósforo en el agua que llega a los humedales ha descendido hasta 2007, alcanzando un valor mínimo de poco más de 200 euros por hectárea y año, repuntando ligeramente en 2008.

Servicios culturales

El proceso creciente de despoblamiento del campo al que se ha asistido en Castilla-La Mancha en las últimas décadas, sumado al envejecimiento de la población rural, han provocado una progresiva e imparable pérdida de conocimientos y saberes tradicionales acerca de la flora y fauna local, así como de los aprovechamientos de los ecosistemas de los humedales.

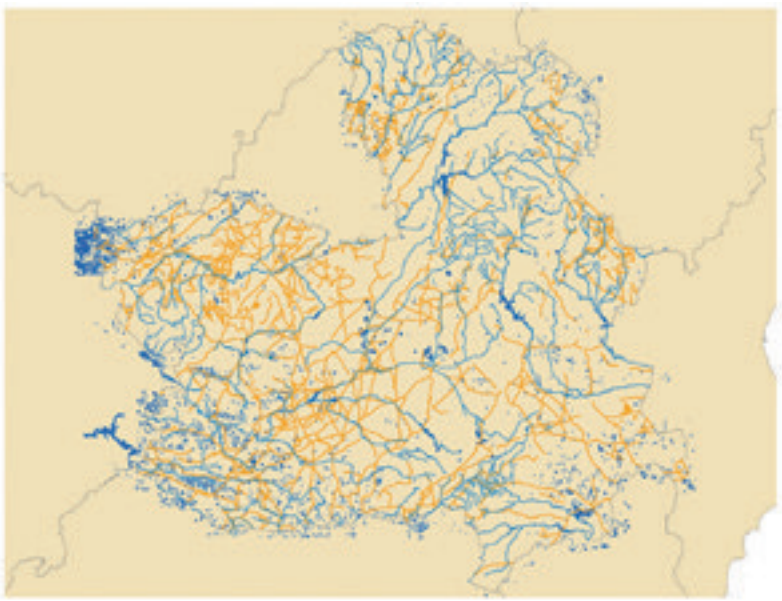


Imagen 5: Mapa de las vías pecuarias (ocre) y red hidrográfica principal y humedales (azul) inventariados en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. *Fuente: Elaboración propia*

La desaparición, por ejemplo, de la trashumancia y los cambios en las explotaciones ganaderas han privado de funcionalidad a la extensa red de cañadas en la región. Éstas servían de corredores ecológicos entre islas húmedas en un paisaje seco, que constituyen los humedales, en los que a menudo aparecen pastos naturales y afloramientos de agua subterránea que servían de abrevadero al ganado. En la Imagen 5 puede observarse cómo la red de vías pecuarias de Castilla-La Mancha enlaza entre sí los complejos de humedales de las áreas de montaña (Serranía de Cuenca, Montes de Toledo y Sierra Morena), corriendo paralelamente a las vegas y llanuras de inundación fluviales, e incluso enlazando también con los humedales de las partes bajas de la cuenca. Por esta red de cañadas no sólo se transportaban propágulos de plantas y animales adheridos al pelaje del ganado, sino también el conocimiento recogido durante milenios por los pastores, que constituían verdaderas enciclopedias errantes.

Este oficio era el depositario de un saber empírico que abarcaba desde el funcionamiento hidrológico de los humedales hasta su patrimonio botánico y farmacológico, de los que dependían animales y seres humanos para su propia supervivencia en las solitarias travesías en busca de pastos y agua. A ellos recurrían los científicos en busca de explicación de fenómenos insólitos, o para corroborar hipótesis, como observadores perpetuos del medio natural que complementan la siempre fragmentaria visión del investigador. Sin embargo, la transformación de la ganadería y el fugaz hiperdesarrollo socioeconómico de principios del siglo XXI han supuesto la práctica desaparición de esta fuente de conocimientos. Hoy en día resulta hasta difícil comunicarse con el menguado número de pastores que, cada vez menos y con menor intensidad, frecuentan el campo, originarios, en el mejor de los casos, de algún país de Europa del Este, cuando no del Norte de África y, en cualquier caso, apenas conocedores de lo acontecido durante unos pocos meses en el espacio de unas pocas hectáreas.

Procesos de este tipo están detrás de la alienación cultural, desconocimiento ecológico local y desarraigo con respecto a nuestros humedales. Con el cambio de usos, la deslocalización de la población y la rarefacción de oficios, se ha perdido la consciencia de la profunda impronta del uso humano que ha modelado directa o indirectamente comunidades, ciclos biogeoquímicos, suelos, hidrología y hasta los genotipos de muchos organismos que consideramos salvajes. No sorprende, pues, la ingenuidad demostrada por administraciones, científicos y particulares en la gestión, conservación y restauración de humedales, cuando interpretan la pretendida naturalidad del funcionamiento de estos ecosistemas.

No obstante, no todo son sombras en cuanto al potencial de mitigación del cambio global que tienen los servicios culturales de los humedales de Castilla-La Mancha. El número de visitantes que acuden a espacios naturales protegidos que incluyen humedales ha experimentado un crecimiento notable en las últimas décadas. Por ejemplo, las Tablas de Daimiel recibió 100.666 visitantes en 2006, pero en un año húmedo como 2010 recibió 216.715 visitantes sólo hasta el mes abril, de los cuales unos 80.000 se recibieron en tan sólo una semana. En paralelo, la democratización de la tecnología y las redes sociales acercan los "acontecimientos" naturales, y también los episodios de degradación, a amplios sectores de la población que hasta el siglo XXI permanecían ignorantes de información y actualidad que estaban reservadas para apenas un grupo selecto de especialistas y aficionados, a través de publicaciones impresas con escasísima difusión.

Adaptación al cambio climático en y con los humedales.

Los humedales de Castilla-La Mancha son y han sido muy sensibles al cambio global. Por ello no sólo se ven y se han visto afectados por diversas expresiones del cambio climático, sino que han contribuido y pueden seguir contribuyendo al mismo, mitigándolo y/o agravándolo, fundamentalmente según la gestión que de ellos se haga. Además de la constatación y análisis de las interacciónes pasadas, presentes y futuras entre los humedales castellano-manchegos y el cambio global, es muy relevante explicitar cómo pueden adaptarse estos ecosistemas, sus comunidades, especies y, por supuesto, la sociedad de la región, a escenarios de cambio global irreversibles, tanto si son previsibles como si son imprevisibles, en cuanto a

la variación de las precipitaciones, el aumento de la temperatura y la inestabilidad climática, que podrían estar causando ya perturbaciones en la dinámica natural de los humedales de Castilla-La Mancha, modificando los ciclos de materia, las redes alimentarias y las poblaciones de organismos, a veces originadas en zonas alejadas, incluso fuera del continente europeo.

Los resultados de investigaciones de miembros de la Sección de Humedales del CREA-UCLM, durante los últimos 30 años, en lagunas, llanuras de inundación y embalses de Castilla-La Mancha, permiten apreciar las adaptaciones al cambio global de estos ecosistemas y de sus comunidades, poblaciones, especies y la propia sociedad regional.

Las escalas de espacio y tiempo de las perturbaciones a las que ha sido preciso adaptarse son muy variadas, desde las transcontinentales a las microscópicas, y desde las décadas a los días, de cada una de las cuales se describe un modelo a continuación.

Un ejemplo de perturbaciones a gran escala es la sufrida por las poblaciones de flamenco común (*Phoenicopterus roseus*), el ave de mayor tamaño de los humedales de Castilla-La Mancha, con hasta 150 cm de altura, y un periodo reproductivo superior a los cuatro meses, incluyendo el cortejo, la construcción del nido, la puesta del huevo, su incubación, y el periodo necesario para que los pollos puedan volar.

Aunque existen registros de la presencia de individuos de flamenco común en nuestras lagunas desde hace siglos, la especie siempre ha sido esporádica en la región. Sus cuarteles de invierno son grandes lagos africanos, desde donde salen varias rutas migratorias a Europa, la más occidental de las cuales acaba en las marismas de la Camarga francesa, pasando por las marismas de Doñana, la Laguna de Fuente de Piedra (Málaga), y los humedales y salinas costeros del arco mediterráneo español. Las diferencias entre los humedales de la región y las localidades tradicionales para el flamenco son muy grandes: la extensión inundada, la profundidad del agua, la duración de la inundación, la disponibilidad de alimento y la estabilidad meteorológica son muy inferiores en los humedales de Castilla-La Mancha.

Sin embargo, las poblaciones de flamenco común en nuestra región no han dejado de aumentar desde los años 80 (Gráfico 4). Dada la falta de idoneidad del hábitat de los humedales castellano-manchegos para el flamenco, son varios los factores que han posibilitado esta situación, pero la causa principal es el cambio climático. En efecto, los especialistas han demostrado que las poblaciones de flamenco de grandes lagos africanos están en franco declive, por dos razones: i) directamente, por la pérdida de volumen debido al descenso de los aportes de agua y el aumento de la temperatura, que tiene un efecto multiplicativo en la disminución de perímetro inundado y, por lo tanto, de la disponibilidad de hábitat para el flamenco, y ii) indirectamente, a través de enfermedades y epidemias que diezman la población, favorecidas por el aumento de la densidad poblacional y de la escasez de recursos, y por la pérdida y degradación de la calidad del hábitat, derivados de i).

Lo curioso del caso es que la presencia del flamenco común sigue siendo testimonial en casi todos los humedales de Castilla-La Mancha, y se concentra en los que reciben vertidos de aguas residuales depuradas o sin depurar, como los del Gráfico 4, excepto la Laguna de Mermejuela (Miguel Esteban, Toledo), también recrecida artificialmente, pero por excedentes de riego ricos en nutrientes por los fertilizantes agrícolas. Estos vertidos garantizan valores de profundidad del agua, duración de la inundación y disponibilidad de "alimento" incrementados artificialmente, aunque todo ello supone un impacto para el resto de especies, comunidades y ecosistemas afectados, i) directamente, por la propia contaminación, e ii) indirectamente, al aumentar mortandades debidas a agentes patógenos tóxicos y, al alimentarse el flamenco común destruyendo el hábitat de muchos organismos de los humedales, dragando cráteres de dos metros de diámetro en el lecho de las lagunas con ayuda de sus largas patas, resuspendiendo el cieno, filtrando las partículas alimenticias con ayuda de su pico especializado, y separando el alimento con su lengua, proverbialmente musculosa.

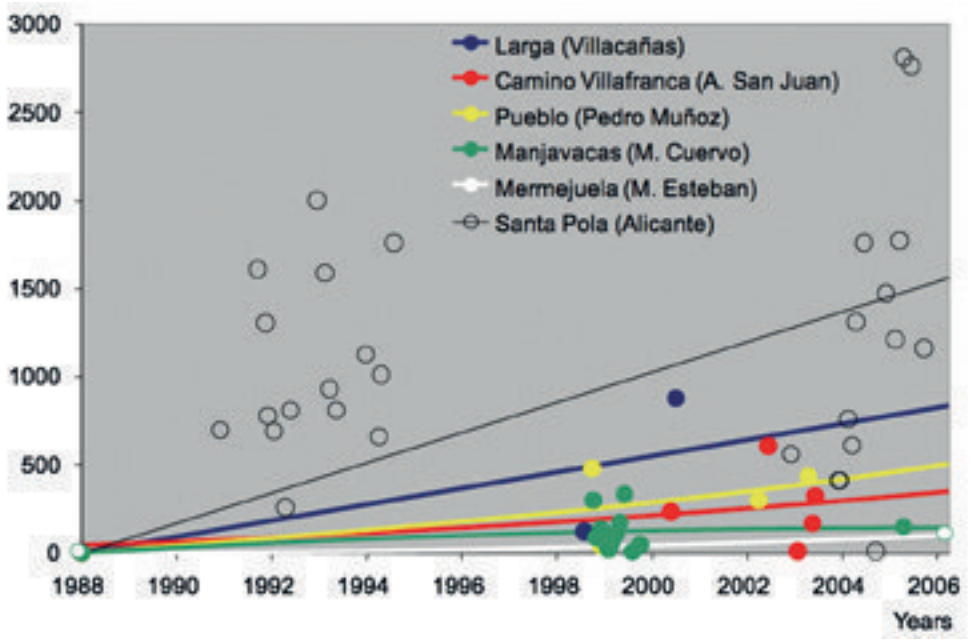


Gráfico 4: Evolución entre 1988 y 2006 de las poblaciones de flamenco común (*Phoenicopterus roseus*) en sus principales localidades de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda, en comparación con las de una de sus localidades tradicionales en España (las Salinas de Santa Pola, en Alicante). *Fuente: Elaboración Propia*

La situación es tal, que algunas poblaciones, como la de la Laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo, Cuenca) se han "animado" a criar algunos años, con resultados catastróficos, ya que la incertidumbre natural del hidroperiodo de estos humedales no puede contrarrestarse por los aportes de aguas residuales, y en años secos pueden descender la profundad y la superficie de inundación por debajo del umbral de los requerimientos de hábitat por el flamenco, a pesar del mantenimiento de los vertidos, arruinando puestas y/u ocasionando la muerte de los pollos.

Pero ésta no es la única amenaza de la incertidumbre meteorológica propia del clima de Castilla-La Mancha para la adaptación de la población global del flamenco común al cambio climático. Otra amenaza significativa son las tormentas de pedrisco, una de las cuales mató, en agosto de 2015, 300 adultos y pollos en la Laguna de Pétrola (Albacete), una de las mayores poblaciones de flamenco común de la región, además de herir a otros muchos. Estos episodios son habituales en los humedales de Castilla-La Mancha, y ya en 2010 fueron 80 los individuos muertos por otra granizada en la misma laguna.

Otra expresión del fenómeno es la alienación natural que grandes poblaciones de un ave tan conspicua provocan entre la población, en esta era de aprecio creciente por "lo natural" y el turismo verde, sólo comparable a la alienación cultural que representa nuestra adopción de celebraciones de origen anglosajón. Así, se han erigido monumentos en espacios públicos de varios pueblos, dedicados sorprendentemente al flamenco común (Imagen 6), proliferan muñecos de peluche o flotadores representando flamencos. Pero lo que es más grave, se adoptan medidas para conservar esta especie con presupuestos públicos, como ha ocurrido en marismas del Guadalquivir restauradas con parámetros de verdaderas "granjas" de flamenco, y cuyas consecuencias sufrimos en Castilla-La Mancha, pues el radio de vuelo diario de los jóvenes flamencos, que exploran ávidamente nuevas localidades, alcanza los 400-600 km

de distancia que separan las localidades tradicionales para el flamenco común en España del corazón de la Mancha Húmeda.

A escala microscópica es interesante fijarse en las comunidades de tapetes microbianos de la Laguna de Alcahozo (Pedro Muñoz, Ciudad Real), que se inunda temporalmente y cuya agua llega a alcanzar valores de salinidad superiores a los del agua de mar (hipersalina). Al menos entre 1985 y 1993, la laguna estaba dominada por una comunidad representada por un singular tapete microbiano caracterizado por la cianobacteria *Coleofasciculus chtonoplastes*, que cubría la totalidad de la superficie inundable de la laguna, sin acompañamiento de ningún tipo de macrófitas ni fitoplancton. Prácticamente no había fauna macroscópica, excepto una población de crustáceos branquiópodos con un efímero ciclo de vida, limitado a un corto intervalo de tiempo tras la inundación de la laguna. Desde 1996, los tapetes han desaparecido totalmente y la comunidad de productores primarios de la laguna ha sufrido un cambio radical, consistiendo exclusivamente en un herbazal sumergido común de *Ruppia drepanensis*, de escasa densidad. Además se han encontrado comunidades de animales acuáticos de muy pequeño tamaño (zooplancton) con una mayor diversidad, y es frecuente encontrar aves acuáticas.



Imagen 6: Escultura de bronce representando un flamenco levantando el vuelo en la fuente que ocupa una de las rotondas del acceso sur a Alcázar de San juan (Ciudad Real). *Fuente: Elaboración propia*



Imagen 7: Corte transversal de una comunidad de tapetes microbianos de unos 4 cm de grosor, estudiada por la Sección de Humedales del CREA-UCLM con financiación de la JCCM, mostrando la característica estructura multicapa de distintos colores, cada uno de ellos correspondiente a un grupo funcional de microbios. *Fuente: Elaboración propia.*

Financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM), un proyecto realizado por miembros de la Sección de Humedales del CREA-UCLM investigó las causas de este cambio tan drástico, analizando muestras de sedimento e la laguna de hasta 40 cm de profundidad, datos de la química del agua de varias épocas desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, la evolución hidrológica y de la dinámica de sedimentos, y los cambios de usos del suelo en la cuenca entre 1990 y 2000, lo que permitió apreciar un fenómeno sorprendente.

A mediados de siglo XX, la laguna tenía aguas menos salinas, con predominancia de carbonatos de calcio, como las de los pozos de la zona. Se han encontrado restos también de tallos de plantas acuáticas de 1

mm de diámetro y conchas de moluscos gasterópodos en el registro sedimentario que parecen corresponder a esa época y sería incompatible con aguas hipersalinas. La estructura multicapa característica de los tapetes microbianos, alternando color verde, negro y otros, sólo aparece en un par de decenas de centímetros subsuperficiales, mientras que los entre 5 y 10 centímetros más superficiales de sedimento se caracterizan por una estructura puramente granular.

El análisis de la hidrología superficial y subterránea de la laguna muestra que hacia mediados de siglo XX, la laguna recibía aportes de un manantial situado en una de las suaves laderas de su cubeta kárstica, pero este manantial está seco al menos desde 1985. Sin embargo, y (que se tenga constancia) al menos hasta 1993, la laguna seguía recibiendo aportes temporales de una surgencia de agua subterránea procedente de un pozo excavado para servir de abrevadero al ganado, situado en una de sus orillas. Con todo, lo más destacable es que el alto porcentaje de materia orgánica y de humedad de sus sedimentos era el más estable y menos variable de las lagunas temporales de la Mancha Húmeda y otras lagunas temporales españolas y del resto del mundo, incluso en la época de desecación superficial, lo que parece coherente con la dominancia de la comunidad de tapetes en ese periodo. Por otro lado, el análisis de las series de precipitación en 24 h muestra que entre 1993 y 1996 ocurrieron 5 episodios de intensas lluvias de entre 32 y 56 mm.

Finalmente, los cambios de usos del suelo en la cuenca entre 1990 y 2000 se limitan a la transformación de una pequeña superficie de viñedo en tierra arable.

Las conclusiones del análisis de las causas de la drástica perturbación sufrida por la laguna es que la conjunción de cambios de usos del suelo y de episodios de tormentas puede haber ocasionado una fuerte pérdida de suelo que ha ido a parar a la laguna y ha enterrado los tapetes debajo de una capa de entre 5 y 10 cm de sedimentos. Sin embargo, se realizó un experimento de laboratorio con mesocosmos (reproducciones a escala de las comunidades y procesos de la laguna, que son sometidos a distintos tratamientos) para contrastar si este proceso fue más o menos importante que la pérdida de aportes de agua subterránea a la laguna, que podría haber provocado un aumento de la inestabilidad del medio sedimentario y hacer inviable el mantenimiento de tapetes microbianos.

El experimento, se realizó en una cámara climática con sedimentos de la laguna sometidos a dos tratamientos: 1) Sedimentos actuales vs. sedimentos de la época de los tapetes, y 2) Inundación corta vs. inundación larga. En cada réplica se realizaron mediciones de microperfiles verticales (medidas en serie a varios intervalos de profundidad, medidos en micras) de oxígeno y pH, cuantificando el metabolismo de oxígeno (como subproducto de la fotosíntesis y, por lo tanto, de la mejor organización de las comunidades del tapete), a lo largo de varias semanas.

Los resultados mostraron que, en las condiciones favorables de cultivo (ausencia de viento, temperatura óptima para el crecimiento y estable, buena iluminación, suministro de agua y nutrientes, etc.), aunque las réplicas de todos los tratamientos desarrollaron comunidades de tapetes microbianos, sólo las réplicas de tapetes "enterrados" y puestos a cultivar desarrollaron comunidades bien organizadas, gruesas y muy activas, independientemente del hidroperiodo al que fueron sometidas, y muy por encima de las réplicas con el actual sedimento superficial de la laguna.

Este caso de estudio ilustra, además de una profunda perturbación territorial y paisajística debida al cambio global, un modelo de adaptación ecosistémica al mismo. En efecto, la Laguna de Alcahozo ha sobrevivido a décadas de una combinación de impactos derivados del cambio climático, de los cambios de usos y de la sobreexplotación de acuíferos, transformando sus comunidades. Sin embargo, los propios sedimentos de la laguna conservan el germen necesario para la reversión de dichos cambios, mediante actuaciones mínimas sobre sus causas directas.

Otro modelo de adaptación al cambio climático es el que representan perturbaciones a una escala temporal de días, en lugar de décadas o años, como en los casos de estudio anteriores. Es el caso, por ejemplo,

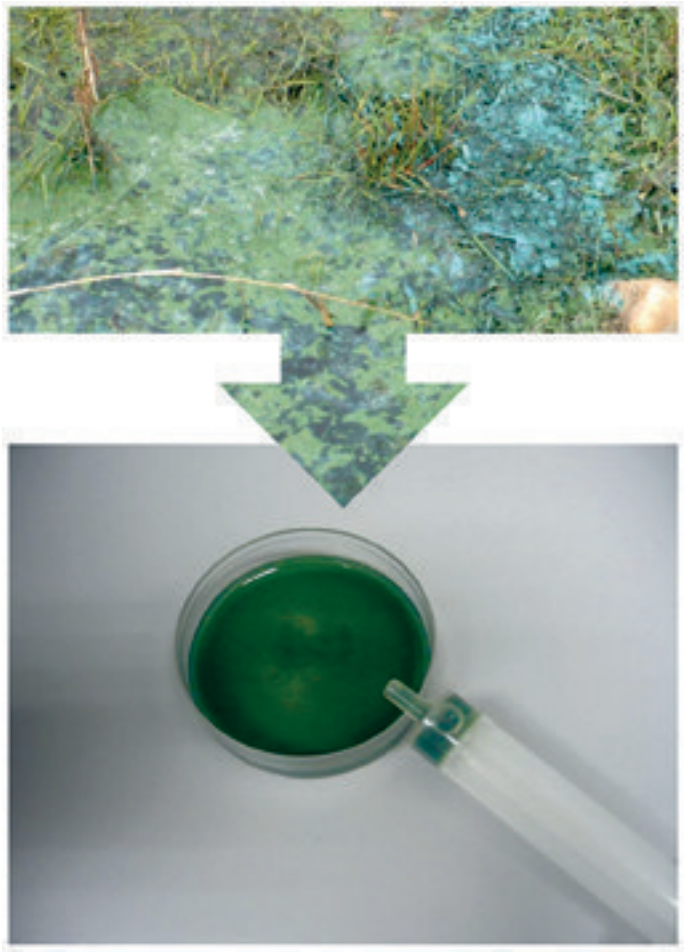


Imagen 8: Detalles del bloom de la cianobacteria *Aphanizomenon flos-aquae* registrado en 2011 en el Embalse de Gasset (Ciudad Real), mostrando la característica coloración verdeazulada y la densa nata flotante que forma la población de la especie. *Fuente: Elaboración propia.*

de las explosiones demográficas (blooms) de cianobacterias del fitoplancton (algas microscópicas que viven en la columna del agua) de humedales y embalses (Imagen 8). Estas explosiones demográficas son comunes en aguas eutrofizadas de toda Castilla-La Mancha (ricas en nutrientes y/o materia orgánica), normalmente contaminadas, y siempre en la estación cálida, y pueden ir seguidas, en algunos casos, de la segregación de cianotoxinas por los microorganismos responsables del bloom, compuestos naturales que pueden tener efectos neurotóxicos, hepatotóxicos, gastrointestinales, dermatológicos y otros para las personas y animales. Lo que es raro, incluso en el resto del mundo, es que un bloom de cianobacterias ocurra en pleno invierno, en aguas mesotróficas, como las de algunos embalses de abastecimiento de agua, y esté protagonizado por especies exóticas.

Aunque los protocolos de potabilización de aguas incluyen determinar la concentración de toxinas en el agua de embalses, no abarcan todas ellas, son inespecíficos y/o se aplican arbitrariamente. En este sentido, la predicción, seguimiento y control de la fitotoxicidad se beneficiarán de la caracterización de las condiciones ambientales óptimas en las que este fenómeno tiene lugar cuando ocurre un bloom de cianobacterias.

En el caso que nos ocupa, el Servicio de Calidad de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Guadiana ha acometido el reconocimiento intensivo del estado de las masas de agua de embalses de abastecimiento y uso recreativo desde 2006. Ello permitió a miembros de la Sección de Humedales del CREA-UCLM registrar las condiciones ambientales durante sendos blooms singulares de cianobacterias en los embalses polimícticos de Gasset y El Vicario (Ciudad Real, España).

El primero de ellos, mesotrófico, se ubica aguas arriba del segundo y se usa para abastecimiento, riego, abrevadero y pesca recreativa. En el invierno de 2010-2011 ocurrió en Gasset un bloom dominado por *Aphanizomenon flos-aquae*, especie que sufre colapsos poblacionales que se han relacionado con fotoxidación y toxicidad por O_2, psicrófila (amante del frío, capaz de vivir por debajo de 5 **ºC**) y alelopática incluso en su forma no tóxica (excreta compuestos que excluyen la competencia por otras algas). El Vicario varía entre eutrófico e hipereutrófico, y se usa para riego y pesca recreativa. A finales de verano de 2009 sufrió un bloom con prevalencia de *Cylindrospermopsis raciborskii*, especie cada vez más frecuente en aguas templadas, aunque se consideraba propia de aguas subtropicales. Ambas especies pueden producir cianotoxinas que los protocolos de seguimiento no consideran. Otra singularidad es que ambos embalses sufren con cierta frecuencia mortandades masivas de peces, fundamentalmente carpín (*Carassius auratus*). Uno de estos episodios ocurrió tras el bloom de cianobacterias descrito en El Vicario, llegándose a recoger 80 toneladas de peces muertos, lo que equivale a la producción de una piscifactoría de ciprínidos, contada desde el anterior episodio de mortandad masiva de peces, ocurrido dos años antes.

Las condiciones meteorológicas antes, durante y después de uno y otro bloom diferían radicalmente, como es obvio entre invierno y verano en el clima mediterráneo continental. Sin embargo, el inicio de cada bloom y su colapso fueron antecedidos de súbitos cambios en la radiación solar, y ambos blooms ocurrieron tras un periodo de estabilidad atmosférica, incluyendo tres episodios de heladas en Gasset, resiliente a una serie de episodios tormentosos. También en ambos casos, la tasa de renovación fue virtualmente inexistente en un largo periodo previo, con un tiempo de residencia de casi 4 años en Gasset, debido a la dotación para abastecimiento, y muy superior en El Vicario.

En estas condiciones se produjo en ambos casos el afloramiento de aguas profundas, con una respuesta desigual en cada caso, pues mientras en Gasset la oxigenación de la columna de agua aumentó hasta el colapso del bloom, en paralelo al aumento de la concentración de nutrientes (nitrato, nitrito y amonio, el primero de ellos en un orden de magnitud – 6 mg/l, frente a una media anual de 0.4 mg/l –), la explosión de crecimiento de *C. raciborskii* en El Vicario estuvo acompañada de anoxia en la columna de agua y de un aumento tal de la concentración de ácido sulfhídrico, que el olor a huevos podridos era patente a kilómetros de distancia de este embalse, en la litología de cuya extensa cuenca abundan yesos y margas yesíferas, frente a la litología cuarcítica de la modesta cuenca de Gasset.

Desde el punto de vista de la gestión, fases críticas de episodios como los aquí documentados hubieran pasado desapercibidos hasta detectarse las espectaculares acumulaciones de nata verdeazulada inmediatamente anteriores al colapso del bloom, cuando ya es tarde para evitar los efectos hepatotóxicos, neurotóxicos, carcinogénicos y otros de las cianotoxinas eventualmente producidas. Por lo tanto, nuestra adaptación a estos procesos derivados del cambio climático requiere seguir financiando las redes de seguimiento del estado de nuestras masas de agua, en lugar de tener que hacer cuantiosas inversiones en actuaciones de emergencia, tratando los síntomas, no las causas. Además, el seguimiento no puede detenerse tras los episodios de aguas claras que suceden al colapso de los blooms, puesto que una vez que aparecen, las poblaciones de especies como las aquí documentadas permanecen en aguas profundas, hasta que se dan las condiciones óptimas para el siguiente bloom.

Síntesis, perspectivas y conclusiones.

La primera conclusión que cabe deducir de las experiencias de la Sección de Humedales del CREA-UCLM desde hace más de 30 años, es la necesidad de financiar de manera continuada una monitorización

a largo plazo de las interacciónes entre los humedales, el territorio en que se encuentran, y el cambio climático. De otra manera, no sólo ignoraríamos la incidencia del mismo en los humedales de la región, despreciando lo establecido en el Programa MAB de la UNESCO, sino que careceríamos de una estrategia de mitigación de sus efectos y de adaptación al mismo, al faltar la comprensión de los procesos correspondientes y de las posibles respuestas a los mismos.

La evaluación del cambio global en los humedales de Castilla-La Mancha permite afirmar que la destrucción y degradación de muchos de ellos, fundamentalmente a lo largo del siglo XX, ha supuesto el incremento del 6% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la región. La buena noticia es que la restauración ecológica de humedales puede revertir esa situación.

Algunos de los impactos derivados del cambio global, como la urbanización de la cubeta de los humedales, pueden parecer irreversibles e inviables tanto técnica como económicamente, pero hay que tener en cuenta las pérdidas que regularmente ocasionan episodios de precipitaciones en las áreas urbanas que usurpan estos terrenos húmedos, además de las perspectivas de aumento de la frecuencia y de la intensidad de dichos episodios, según los escenarios de cambio climático universalmente admitidos.

Siguiendo con los criterios económicos, los humedales se han revelado como herramientas trascendentales de mitigación del cambio climático, considerando tanto sus servicios de abastecimiento (por ejemplo, aumentando en un 20% la dotación de agua para riego en una situación de sequía en zonas regables situadas aguas debajo de una llanura de inundación sin desecar) o de regulación (por ejemplo, suponiendo un ahorro mínimo en depuración del agua equivalente a 10 millones de euros por hectárea y año, cifra que podría multiplicarse por 10 si se recuperara la superficie perdida de humedales en Castilla-La Mancha), a lo que habría que añadir la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero por el aumento de la superficie húmeda y por la disminución en el uso de energía para la depuración).

Pero además de los beneficios económicos frente a las perturbaciones del cambio climático, los humedales de la región son depositarios de un patrimonio natural y cultural únicos en el mundo, como prueba la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda declarada por la UNESCO en 1980, pero no limitados a la misma. En realidad, los diversos complejos de humedales castellano-manchegos, sus comunidades y poblaciones de organismos, especies y acervo cultural tradicional y contemporáneo se estructuran en redes de humedales interconectados por flujos de agua, genéticos y de información, cuya integridad ecológica y cultural es la única garantía para una percepción plena por las gentes de Castilla-La Mancha del cambio climático y de la necesidad de responder al mismo, frente a la alienación hidrológica y natural que ha empezado a afectarnos, y cuyo resultado seguro es el desacierto en la lucha contra el cambio climático.

En este sentido, la adaptación al cambio climático en Castilla-La Mancha puede beneficiarse de multitud de historias de éxito, buenas prácticas a seguir, pero también de fracaso, que se refieren a los humedales, como ecosistemas muy sensibles al cambio climático a distintas escalas de espacio, tiempo y nivel de organización, y en los que ya se han apreciado abundantes ejemplos de estrategias a seguir para paliar los efectos del cambio global que no sea posible mitigar.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos CLIMAWET "Mitigación y adaptación al cambio climático en los principales tipos de humedales mediterráneos ibéricos: balances de carbono y modelos de respuesta de especies y hábitats, CGL2015-69557-R" (IP Antonio Camacho – Universidad de Valencia) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER "Una manera de hacer Europa", y MAT "Amenazas y oportunidades del cambio global para la Mancha Húmeda. Biodiversidad, restauración y aplicaciones de los tapetes microbianos, PEI-2014-005-P" (IP Máximo Florín – Universidad de Castilla-

La Mancha), financiado por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, y por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER "Una manera de hacer Europa".

Bibliografía:

FLORÍN M (1999) Funciones y valores de los humedales manchegos. Quercus 163: 10-18.

FLORÍN M (2013) Saline lakes. En: Salem Press (ed) Biomes and Ecosystems: An Encyclopedia, ISBN 978-1-4298-3813-9: 81-86.

FLORÍN M (2013) Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EME) y los Humedales Esteparios. En: Aguirre, E.; del Río, A.; Espiñeira, J. y Fernández, F. (eds). Encuentro Internacional de Expertos en Humedales y Estepas Salinas. Conclusiones. Proyecto LIFE 10NAT000563: 14-15.

FLORÍN M, GOSÁLVEZ RU, MUÑOZ EM, CHICOTE Á & LAGUNA C (2014) Advances in high water modelling to improve climate change adaptation, flood risk reduction and stormwater management. En: Sáez, F.J.; Jiménez, E.; Sánchez, L. (eds) E2KW 2014 - Proceedings of the Energy and Environment Knowledge Week 2014, ISBN 978-84-697-1162-0: 115-117.

FLORÍN M & MONTES C (1999) Functional analysis and restoration of Mediterranean lagunas in the Mancha Húmeda Biosphere Reserve (Central Spain). Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst. 9: 97–109.

Humedales de tratamiento y reutilización de aguas residuales

David Sánchez Ramos, Gema Sánchez Emeterio, Máximo Florín Beltrán
Sección de Humedales del Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha

Los humedales son uno de los ecosistemas cuya interacción con las poblaciones humanas ha sido y es ejemplo histórico y actual de sostenibilidad, mucho antes de que se acuñara este concepto. En el futuro, el creciente volumen de aguas residuales que se tendrán que tratar, la insuficiente calidad de los efluentes de los sistemas convencionales de depuración y la inviabilidad económica y energética de las tecnologías de depuración debido al alto consumo energético, convertirán a los humedales de nuevo en una solución para varios problemas. En efecto, las perspectivas de cambio global exigen respuestas en forma de evaluación, de mitigación y de adaptación al mismo, y la creación de humedales artificiales aborda las tres. Concretamente, la Mancha Húmeda tiene la atribución, como Reserva de la Biosfera que es, la realización de experiencias piloto sobre estas respuestas al cambio climático. Además, los humedales concretamente son ecosistemas que sirven de excelentes indicadores de la salud de sus cuencas, a la vez que, por su carácter fluctuante, expresan mejor que ningún otro las variaciones debidas al cambio global. Por otro lado, cierto tipo de humedales tienen una capacidad acreditada para inmovilizar carbono atmosférico, por lo que desempeñan una labor fundamental en la disminución de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero, a la vez que amortiguan las inclemencias meteorológicas, generan micro y mesoclimas, y regulan otros efectos adversos del cambio climático, como la invasión de especies exóticas. Por último, los humedales tienen un potencial demostrado para inmovilizar todo tipo de contaminantes, por lo que la creación de ecosistemas autoorganizados de humedales se está utilizando ya en varios países para abordar los problemas derivados de la gestión convencional de las aguas residuales y del cambio climático de manera conjunta, convirtiéndolos en una solución. A continuación, se resume qué características deben tener estos ecosistemas creados y se muestra el potencial de reutilización de las aguas residuales tratadas en estos humedales.

Marco conceptual

Los humedales de tratamiento o humedales artificiales son una biotecnología para el tratamiento de agua cuya eficacia ha sido constatada en numerosas experiencias en todo el planeta (Kadlec y Wallace, 2009), bajo circunstancias muy diversas de clima, tipo de agua a tratar o nivel de intervención sobre el tratamiento. Generalmente, están basados en los principios de la ingeniería ecológica (Mitsch y Jørgensen, 2004), aprovechando los complejos procesos físicos, químicos y biológicos que se dan de forma natural en estos ecosistemas por el papel de la vegetación (especies de macrófitas como el carrizo, junco o enea), el sustrato poroso en el que estas enraízan (arenas o gravas) y los microorganismos que se desarrollan en el humedal. En humedales con flujo superficial, también pueden participar en estos procesos otras especies de fauna como los peces o aves que colonizan el ecosistema.

Básicamente, el agua sufre una serie de procesos al atravesar estas masas de agua de flujo lento, como la filtración y sedimentación de sólidos en suspensión, la absorción de nutrientes por parte de las plantas o la degradación de materia orgánica por parte de los microorganismos, lo que supone una reducción de la carga contaminante del agua y la mejora de su calidad. La fuente energética para este tratamiento es la luz solar, que permite el crecimiento de las plantas y otros organismos autótrofos y supone el aporte de oxígeno al agua mediante la fotosíntesis. Si se diseña correctamente un tratamiento mediante humedales, este puede funcionar sin más aporte energético que el necesario para dar forma al humedal: movimientos de tierra, dispositivos hidráulicos para la entrada y salida de agua, y siembra o plantación de plantas macrófitas. De este modo, se trata de diseñar sistemas autosostenibles que no requieran apenas de operación ni mantenimiento durante su vida útil.

Los humedales de tratamiento se presentan como una alternativa o un complemento a los sistemas de tratamiento convencionales, como las plantas depuradoras basadas en lodos activados o en lechos bacterianos. Estos sistemas convencionales se consideran de tipo intensivo ya que requieren de grandes cantidades de energía y recursos para su funcionamiento, por ejemplo para forzar la aireación del agua y su bombeo, o por el uso de reactivos (cloro, ozono, coagulantes y floculantes, etc.). Por ese motivo, estos sistemas de tratamiento resultan costosos, poco adaptados a determinadas circunstancias, y problemáticos desde el punto de vista socioeconómico y ambiental. El previsible encarecimiento de la energía por efecto del agotamiento de los combustibles fósiles y del cambio climático no hace sino acentuar estas problemáticas.

La principal ventaja de los tratamientos convencionales es que requieren de una superficie de tratamiento mucho menor que la de los humedales, que se engloban dentro de las tecnologías de tratamiento extensivo. Sin embargo, en comparación con las tecnologías intensivas clásicas, los humedales representan un tratamiento con menores requerimientos energéticos, económicos y de personal cualificado (Shelef et al., 2011). Además, esta biotecnología consigue el objetivo de tratamiento del agua con un menor impacto ambiental negativo e incluso con varios impactos positivos, por su integración paisajística en el territorio y la posible creación de hábitats para la fauna. Los humedales están entre los ecosistemas más valiosos y productivos, proporcionando numerosos beneficios ambientales como la mejora de la calidad del agua y la amortiguación de avenidas al reducir su fuerza (Melesse, 1993).

De hecho, al funcionar con una superficie de tratamiento relativamente alta (o dicho de otro modo, con elevados tiempos de retención hidráulica), los humedales tienen una alta capacidad de amortiguación de puntas de caudal o de contaminación, laminándolas mediante la dilución en el resto del agua almacenada en el humedal. También pueden funcionar sin excesivos problemas con caudales bajos, ya que la vegetación propia de los humedales de tratamiento es muy resistente al estrés hídrico. Todo esto confiere una alta resiliencia al tratamiento con humedales, mucho mayor que la de las tecnologías intensivas convencionales, que le permiten afrontar con mayores garantías escenarios propios del cambio climático como sequías, intensificación de episodios de lluvias o aumento de temperaturas.

Los usos principales que se ha hecho de los humedales de tratamiento han sido como post-tratamiento del efluente de un sistema convencional, o bien como único tratamiento de aguas residuales de pequeñas poblaciones o de aguas residuales industriales en zonas aisladas. En el primer caso, los humedales permiten alcanzar unos niveles de depuración muy altos que serían muy difíciles de conseguir (o muy costoso) mediante el tratamiento intensivo, complementándose muy bien ambas técnicas. Además, el post-tratamiento mediante humedales dota al sistema de capacidad de amortiguación de las puntas de caudal o contaminación que resultan tan problemáticas a las depuradoras. Esto resulta especialmente conveniente para evitar o reducir la contaminación de los medios receptores de los vertidos por el by-pass de aguas residuales generadas en episodios de lluvias intensas, lo cual puede ser un problema cada vez más frecuente por los efectos del cambio climático.

En cuanto al uso de humedales como único tratamiento del agua, su uso principal es para pequeñas poblaciones en las cuales resulta poco viable (desde el punto de vista económico, técnico y ambiental) la construcción de depuradoras convencionales. Facilitando el funcionamiento de los humedales con algún pretratamiento básico, es posible obtener rendimientos más que aceptables, consiguiendo así tratamientos descentralizados y con una mejor integración paisajística en entornos rurales. Este planteamiento también es válido para el tratamiento de aguas residuales industriales (como por ejemplo las aguas de bodega, o los lixiviados de vertederos) generadas en zonas aisladas de los núcleos de población, en los que resulta más conveniente dotar de un tratamiento propio a la industria en lugar de tener que conducir y eventualmente bombear grandes cantidades de agua.

Reutilización de aguas residuales

El tratamiento del agua con humedales permite la reutilización de los recursos hídricos, cada vez más demandados y presionados por efectos de contaminación. De hecho, los escenarios previstos por el cambio climático pronostican una falta de disponibilidad de agua por la disminución de las lluvias, con sequías cada vez más frecuentes e intensas. Ante este panorama, resulta crucial cerrar el ciclo del agua con un tratamiento adecuado de las aguas residuales que permita la devolución de este recurso con buena calidad a los medios acuáticos receptores, o bien su reutilización con fines urbanos (por ejemplo, para el riego de zonas verdes), agrícolas, industriales o ambientales.

Una posibilidad que ya se está desarrollando en varias zonas del planeta es la recarga de acuíferos con aguas residuales tras su tratamiento en humedales. En estos casos, realizar un correcto tratamiento resulta fundamental para no producir la contaminación de las aguas subterráneas, muy difíciles de tratar una vez que la contaminación ha alcanzado el acuífero. Así, los humedales pueden desempeñar un doble papel al mejorar la calidad del agua y simultáneamente permitir su infiltración hacia el acuífero, si no se realiza la impermeabilización del terreno sobre el que se ubica el humedal.

En cuanto a la reutilización de aguas tratadas para su uso agrícola o para el riego de zonas verdes, resulta perfectamente viable siempre que se alcance un determinado nivel de depuración del agua que no ponga en riesgo la salud de las personas, por el posible contacto con gérmenes patógenos presentes en las aguas residuales. Los humedales también contribuyen a la reducción de esta contaminación biológica, por una parte por sus elevados tiempos de retención hidráulica (en un medio que resulta hostil a estos patógenos) y, en el caso particular de los humedales de flujo superficial, por la radiación solar que produce la muerte de los patógenos.

En lo que respecta a la reutilización del agua con fines ambientales, los humedales constituyen una técnica especialmente apropiada por su mejor integración ambiental. Así, puede plantearse el tratamiento de aguas mediante la formación de humedales en zonas húmedas desecadas o degradadas, devolviéndoles un funcionamiento cercano al que tendrían naturalmente. Este planteamiento de tratamiento y restauración ambiental produce múltiples sinergias: facilita la autosostenibilidad del tratamiento al realizarse de un modo cercano al que tendría de modo natural, incluso puede suceder que el terreno ya tenga una forma de cubeta apropiada para la formación de un humedal, y además consigue una mejor integración paisajística y la posible formación de hábitat de fauna. Esto es especialmente importante en zonas semiáridas como España o Castilla-La Mancha en particular, que cuentan con una gran proporción de suelo susceptible de degradarse por efecto de la desertización (acelerada por el cambio climático). De hecho, se estima que el 74% del suelo español está en proceso de desertización, con importantes impactos sobre los ecosistemas y las actividades agropecuarias. Además, el cambio climático produce que ecosistemas acuáticos continentales que eran permanentes pasen a ser estacionales, reduciéndose así los hábitats de fauna y su biodiversidad. De este modo, el tratamiento con humedales permite crear o recuperar zonas húmedas con potencial de acoger fauna que sufre la pérdida de sus hábitats naturales.

Reutilización de aguas residuales con fines ambientales

Un ejemplo paradigmático de la reutilización de aguas residuales con fines ambientales tras su tratamiento en humedales es la planteada en la tesis doctoral de Sánchez Ramos (2013). En ella, se analizó la viabilidad de reutilizar las aguas residuales de varios municipios de la Cuenca Alta del Guadiana para mejorar la situación de déficit hídrico que se da en la zona. Tras hacer un análisis de lo que supondría utilizar estas aguas tratadas para la recarga de las masas de agua subterráneas de la Mancha Occidental, se vio que los volúmenes disponibles eran muy inferiores al déficit existente en estas masas, en las que la reducción de los niveles piezométricos ha superado los 30 metros en algunas zonas. Por tanto,

el estudio se centró en reutilizar las aguas residuales tratadas en masas de agua superficiales con problemas de agua, y más particularmente en la recarga al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel en situaciones de emergencia por sequía.

Las Tablas de Daimiel es un extenso humedal fluvial (1928 ha) de gran valor ecológico formado por el desbordamiento de los ríos Gigüela y Guadiana, que fue drenado en la década de 1960. Poco después, en 1973, se declaró el Parque Nacional y empezaron a plantearse medidas para su recuperación. A pesar de las muchas medidas realizadas (represamientos, trasvases, bombeos de aguas subterráneas, etc.), ninguna ha conseguido paliar significativamente la situación de déficit hídrico y contaminación que sufren. Además de la contaminación difusa procedente de la agricultura de la Llanura Manchega, ocasionalmente llegan hasta las Tablas vertidos contaminantes desde las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales que vierten a canales afluentes a las Tablas, por la imposibilidad de tratar la cantidad de agua que llega a planta (situación de tormentas) o por no tener capacidad para conseguir unos niveles de depuración aceptables. Además, la sobreexplotación de las aguas subterráneas que alimentaban a las Tablas y las frecuentes sequías han puesto en serio peligro este ecosistema, que llegó a sufrir un episodio de autocombustión de turbas en 2009.

En estas circunstancias, se estudió la viabilidad de usar humedales para el tratamiento de los efluentes de las depuradoras del entorno de las Tablas de Daimiel (ver figura 1). Este tratamiento extensivo podría complementar al ya realizado por las depuradoras, de modo que el agua tras su paso por el humedal tuviese una calidad adecuada para el medio receptor en el que se vierten. El agua tratada podría reutilizarse para el mantenimiento de una cierta superficie inundada en las Tablas en situaciones de emergencia por sequía



Figura 1: Estaciones depuradoras consideradas, representadas con una simbología por tamaños proporcional al caudal de sus efluentes. Fuente: Sánchez Ramos, 2013.

extrema, para la pervivencia del ecosistema acuático. Para ello, se analizaron los requerimientos de calidad que imponía este sensible medio receptor, y se dimensionó en consecuencia la superficie de humedales de tratamiento necesarios para conseguir que el agua contase con calidad suficiente.

Las grandes superficies de tratamiento que eran necesarias para conseguir un agua con la calidad requerida por un medio tan sensible y alterado como son las Tablas de Daimiel, podían resultar problemáticas para el objetivo de reutilización de las aguas tratadas, ya que se producirían elevadas pérdidas por evapotranspiración e infiltración, especialmente durante el estiaje. Para evitar esto y tratar de optimizar el tratamiento, en función del objetivo a priorizar en cada momento (calidad o cantidad de agua efluente), se realizó la modelización de los humedales para poder simular su funcionamiento. Esto permitió mejorar el conocimiento sobre los procesos bioquímicos e hidrológicos que ocurren en su interior, lo que resulta de gran utilidad para plantear una adecuada gestión del tratamiento.

El estudio de viabilidad mostró la capacidad de los humedales para realizar un tratamiento de alto nivel de depuración, mediante un diseño basado en los principios de la ingeniería ecológica, sin grandes necesidades de construcción, operación ni mantenimiento. Esta biotecnología consigue además una buena integración ambiental e incluso la creación o restauración de hábitats acuáticos, mostrándose como una alternativa de tratamiento de aguas viable y útil en los previsibles escenarios de cambio climático.

Bibliografía

KADLEC, R.H. Y WALLACE, S. 2009. Treatment wetlands, Second edition. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL.

MELESSE, A.M., OBERG, J., NANGIA, V., BEERI, O. Y BAUMGARTNER, D. 1993. Spatiotemporal dynamics of evapotranspiration at the Glacial Ridge prairie restoration in northwestern Minnesota. Hidrological Processes, 20: 1451-1464.

MITSCH, W.J., JORGENSEN, S.E. 2004. Ecological Engineering and Ecosystem Restoration. John Wiley & Sons, Inc., New York. 411 pp.

SÁNCHEZ RAMOS, DAVID. 2013. Diseño y modelización de humedales para el tratamiento de efluentes de depuradora. Aplicación en el entorno del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha.

SHELEF, O., GOLAN-GOLDHIRSH, A., GENDLER, T., RACHMILEVITCH, S. 2011. Physiological parameters of plants as indicators of water quality in a constructed wetland. Environmental Science and Pollution Research International, 18(7): 1234-1242.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Cambio climático en los humedales. Ocurrencia de supercélula en Salicor

Gema Sánchez Emeterio, Rafael Ubaldo Gosálvez Rey, David Sánchez Ramos, Álvaro Chicote Díaz y Máximo Florín Beltrán
Sección de Humedales del Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha

Introducción

Debido a los reajustes meteorológicos ocasionados por el aumento de las temperaturas globales a lo largo de las últimas décadas, los episodios de lluvias extremas son cada vez más habituales e intensos. Estos episodios extremos han afectado de forma manifiesta a algunos humedales de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda, entre los que cabe destacar la Laguna de Salicor.

Los humedales salinos temporales suponen el grupo más numeroso de los Espacios Naturales Protegidos de Castilla-La Mancha, y son a la vez los más vulnerables frente al cambio climático. La Laguna de Salicor es una laguna salina temporal, cuyo funcionamiento hidrológico estacional está ligado a las fluctuaciones propias del clima mediterráneo continental semiárido en el que se ubica. Debido a ello, se trata de un humedal con alta variabilidad en la fluctuación de sus niveles de agua, tanto interanual como de un año para otro, siendo frecuente que permanezca sin agua durante periodos de estiaje. Dichas fluctuaciones también afectan a la composición hidroquímica del agua, tanto a los iones mayoritarios como a los nutrientes, además de modificar su superficie inundada y, con ello, los hábitats disponibles, lo cual repercute en las comunidades de flora y fauna asociadas a sus aguas. Esto último sin duda es clave ya que, según Moreno (2005) el cambio climático afectará especialmente a la biodiversidad.

De este modo, los elementos del clima son agentes que condicionan la distribución de especies, y por ello es esencial el conocimiento de cómo las alteraciones climáticas provocan cambios en los ecosistemas y especies sensibles y vulnerables, como son los humedales salinos de interior y los individuos que en ellos se encuentran.

Situación actual

La laguna de Salicor es un humedal salino de interior situado en la Submeseta Sur Ibérica, en la cuenca Alta del Río Guadiana. Se encuentra en la localidad de Campo de Criptana, en la provincia de Ciudad Real (coordenadas X 484695 e Y 4368329), a 668 m s.n.m. Su cubeta ocupa una extensión de 59 ha, mientras su cuenca abarca 200 ha. Dentro de su cubeta, la mayor profundidad calculada es de 125 cm. La capacidad máxima de almacenaje de agua de su cubeta, sin que ésta llegue a desbordarse, es de unos 477.000 m^3.

La laguna de Salicor se sitúa en el interfluvio entre las subcuencas de los cursos bajos de ríos Cigüela y Záncara, en una meseta relativamente elevada, al pie de afloramientos de calizas. Su cubeta es de origen mixto, tectónico y kárstico, y su alimentación hídrica es igualmente mixta, por aguas superficiales y subterráneas, siendo las primeras proporcionalmente más importantes en los periodos húmedos, y las segundas, durante los secos.

Características climáticas

Salicor pertenece al dominio climático mediterráneo continental semiárido, caracterizado por veranos calurosos e inviernos fríos. Las precipitaciones anuales en la zona no sobrepasan los 400 mm, con una distribución muy irregular a lo largo del año y un régimen I-POV. La temperatura media anual es de unos 17,5 °C, distribuida también de forma irregular a lo largo del año, que oscila entre los 22,5-25

°C en verano, entre 12,5-15 °C en otoño, entre 10-12,5 °C en primavera y, finalmente, entre 5,5-7,5 °C en invierno (Trujillo, 2004).

Características hidrológicas

El origen del humedal, junto a los factores hidroclimáticos, responde a factores geológicos. Así, las lagunas de la Mancha Húmeda están directamente relacionadas con una de las mayores cuencas continentales terciarias de la Península Ibérica, la cuenca del Guadiana. Se trata de una región caracterizada por una amplia planicie, donde las descargas de aguas subterráneas en áreas bajas, unidas a la estacionalidad de las descargas de algunos ríos, dan lugar a humedales de llanuras de inundación. Estas características, junto a unos materiales muy permeables, hacen que hidrogeológicamente la Cuenca Alta del Guadiana sea una zona en la que se establece una gran conexión entre las aguas subterráneas y superficiales. Sin embargo, en las últimas décadas se ha producido una importante alteración del balance hídrico que difiere mucho de lo que sería su estado natural.

Un caso singular es el de la laguna de Salicor, ya que, aunque su cuenca se sitúa en la Unidad Hidrogeológica de Sierra de Altomira, la zona de estudio se corresponde con acuíferos descolgados de las principales masas de agua subterráneas. Según la Red piezométrica del Ministerio de Medio Ambiente, Salicor no está sobre ninguna masa de agua subterránea de interés para ser explotada. Lo que sí puede afirmarse, como resultado de la modelización de su balance hidrológico, es la existencia de flujos subterráneos de carácter local o medio, apoyados por las evidencias paisajísticas de descargas de agua subterránea.

En cuanto a aportes de agua superficial, es importante destacar los del arroyo de San Marcos, cuando la escorrentía lo permite. Se trata de un arroyo de 4,5 km de recorrido, cuyas aguas desembocan en laguna de Salicor.

Efectos constatados

La hidrología de los humedales, principal fuerza impulsora que determina la ecología, el desarrollo y la persistencia de los humedales, es todavía poco conocida (Carter, 1986).

Episodios de precipitaciones extremas se producen con frecuencia, como ya ocurrió en la Laguna de Albardiosa (Lillo, Toledo), en los años hidrológicos 1991-1992 y 1992-1993.

La zona de Alcázar de San Juan es una de las zonas con mayor riesgo de inundación en la provincia, catalogada como zona de riesgo alto (Trujillo, 2004). Las inundaciones históricas más significativas que se han dado en la zona muestran como estas suelen ser relativamente frecuentes. En el año 1991 se dieron en Pedro Muñoz el 09/01 y 06/09. En 1995, sólo 4 años después, hubo inundaciones en Alcázar de San Juan el 10/08 y en Pedro Muñoz el 10/08 y el 01/09, con fuertes tormentas en toda la provincia (también en forma de nieve). Además, en el año 1995 hubo inundaciones el 11/11 y en 1997 se produjeron el 01, 02 y 03/01 y el 17 y 18/12, con fuertes lluvias por toda la provincia. En el año 1998 de nuevo se dan tormentas por toda la provincia de Ciudad Real: en mayo, el día 18, y en la zona de Alcázar de San Juan además el 04/06. En el año 1999 se producen concretamente en Campo de Criptana el día 13/06, y este mismo año a finales de junio se originan tormentas generalizas en la provincia. Ya en el año 2001, vuelven a inundarse zonas de Alcázar de San Juan el 18/05. En 2003, a finales de agosto se producen de nuevo fuertes lluvias por toda la provincia.

De estos datos se desprende que las inundaciones son bastante frecuentes, especialmente en la zona que afecta a la laguna de Salicor, en el entorno de Alcázar de San Juan, por lo que episodios de desbordamiento de la laguna (como el que aquí se presenta) no son tan infrecuentes en la Cuenca Alta del Guadiana. A ello también es necesario prestar atención en la gestión de estas zonas húmedas, ya que, como es bien sabido, la hidrología es un elemento clave a tener en cuenta en la gestión de humedales.

Uno de estos sucesos meteorológicos con importante trascendencia ambiental en el funcionamiento de la laguna de Salicor tuvo lugar en la semana del 20 al 26 de mayo de 2007, cuando el Campo de San Juan

se vio afectado por una tormenta de tipo "supercélula". Se trata de un fenómeno meteorológico poco frecuente, que descargó una precipitación máxima de 240 mm en 24 horas (al sur del término municipal de Alcázar de San Juan), registrándose unos 130 mm en el observatorio meteorológico de Alcázar de San Juan y unos 100 mm en el de Herencia. Esto ocasionó importantes cambios hidrológicos, especialmente en las lagunas de Alcázar de San Juan, Quero y Salicor.

Vulnerabilidad y exposición

Como consecuencia de la precipitación ocasionada por la supercélula, se produjeron grandes cambios tanto en la cantidad como en la calidad de agua (tabla 2). Salicor pasó de tener 16,6 cm de profundidad en el mes de mayo de 2007, a tener 220 cm en junio, cambiando así su tendencia a la desecación durante el verano. Esta perturbación tuvo un efecto inmediato sobre la conductividad eléctrica del agua, pasando de ser una laguna hipersalina con 90000 µS/m de conductividad, a ser de agua hiposalina, con una conductividad eléctrica de 2440 µS/m. Su superficie inundada incrementó de forma tan notable que el agua desbordó la cubeta (Figuras 1 y 2).

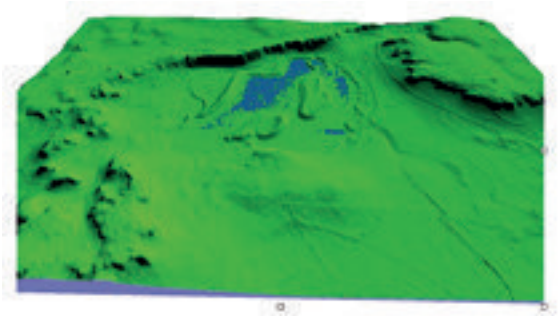


Figura 1: Lámina de agua en la laguna de Salicor (Mayo 2007) con 16,5cm de profundidad. Fuente: Elaboración propia con Global Mapper.

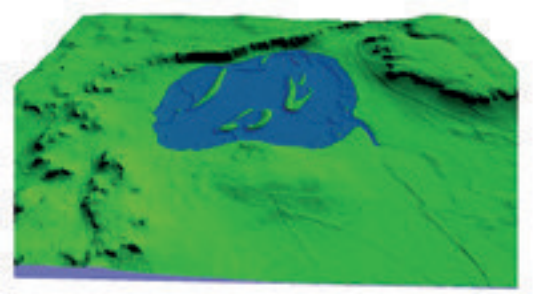


Figura 2: Lámina de agua en la laguna de Salicor (junio 2007) con 220cm de profundidad. Fuente: Elaboración propia con Global Mapper.

Asociados a la fluctuación de agua se produjeron otros muchos cambios que transformaron el hábitat del humedal. Los cambios tróficos e hidroquímicos pueden verse reflejados en las tablas 2 y 3.

Durante su fase de llenado, Salicor, se ha comportado como una laguna sulfatada-clorurado magnésica, pero en la evolución hacia su desecación se ha ido transformado en una laguna clorurada magnésica. Esta tendencia se invierte tras la perturbación meteorológica, pasando de predominio magnésico a predominio sódico. La respuesta de los diferentes iones ha sido distinta; los cloruros han respondido de forma más rápida que la de otros iones, pasando de 873,4 meq/l antes de la misma a 2,2 meq/l tras su llenado, mientras la disolución de sulfato fue de 50,8 meq/l a 14,3 meq/l, y la del magnesio, de 643,3 meq/l a 6,2 meq/l, respectivamente. La respuesta de los iones no predominantes al efecto de la supercélula también fue muy significativa; de 14 meq/l a 1 meq/l en el caso de la alcalinidad total, de 47 meq/l a 0,65 meq/l de potasio, de 404 meq/l a 4,3 meq/l de sodio, y de 960 meq/l a 13,3 meq/l en el caso del calcio (Tabla 2).

	Mayo (2007)	Junio (2007)
Profundidad máxima de la laguna (cm)	16.5	220
Superficie inundada (ha)	14.6	80.4
Volúmen de agua (m3)	15779	990674
Conductividad (µS/m)	90000	2440
Ph	8.7	8.84
Temperatura (°C)	19.1	24.4

Tabla 1.: Principales características, antes y después de una fluctuación climática extrema, en la laguna de Salicor. Fuente: Elaboración Propia.

Iones mayoritarios	Mayo (2007)	Junio (2007)
Ca2+ (meq)	960	13.3
Mg2+ (meq)	642.34	6.25
Na+ (meq)	404.35	4.28
K+ (meq)	46.98	0.65
Alctot (meq)	14.28	1.43
HCO3- (meq)	13.40	1.02
CO32- (meq)	0.63	0.07
SO42- (meq)	50.1	14.31
Cl-1 (meq)	873.44	2.20

Tabla 2.: Principales cambios iónicos después de una fluctuación climática extrema en la laguna de Salicor. Fuente: Elaboración propia.

Nutrientes	Mayo (2007)	Junio (2007)
P-PO4 (mg/l)	0.030	0.004
N-NH4(mg/l)	0.376	0.090
N-NO2(mg/l)	0.0007	0.0117
N-NO3(mg/l)	0.017	0.215
SIO2(mg/l)	0.468	6.345

Tabla 3.: Estado trófico antes y después de una fluctuación climática extrema en la laguna de Salicor. Fuente: Elaboración Propia

Los principales cambios en la composición de aves antes y después de la fluctuación extrema de la laguna de Salicor aparecen en las figuras 3 y 4.

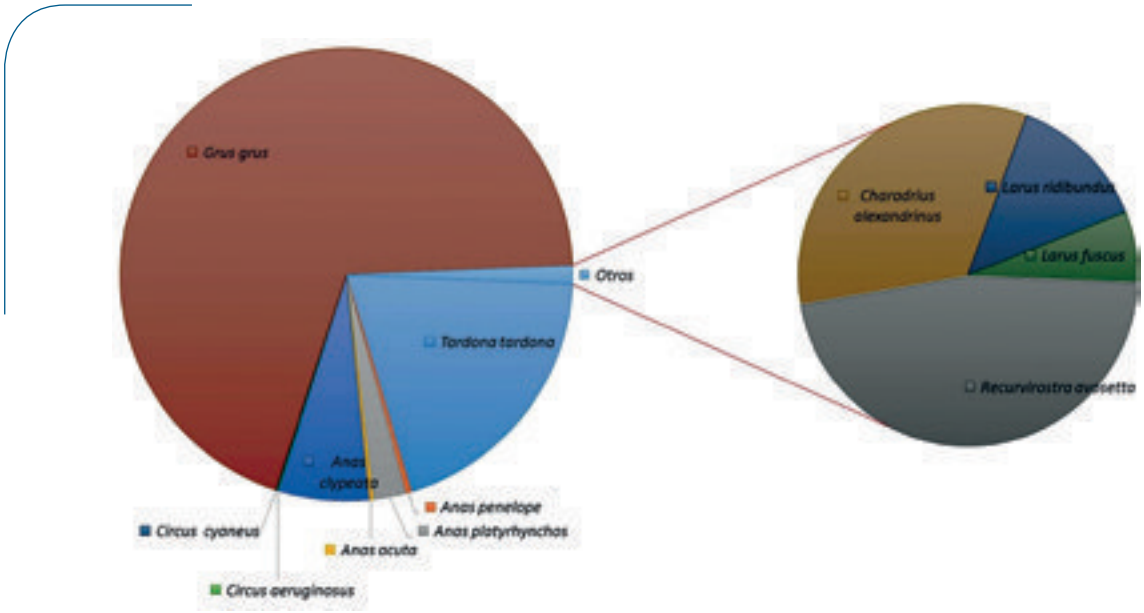


Figura 3.: Composición de la avifauna en la laguna de Salicor antes (enero-abril 2017) de una fluctuación climática extrema. Fuente: Elaboración Propia.

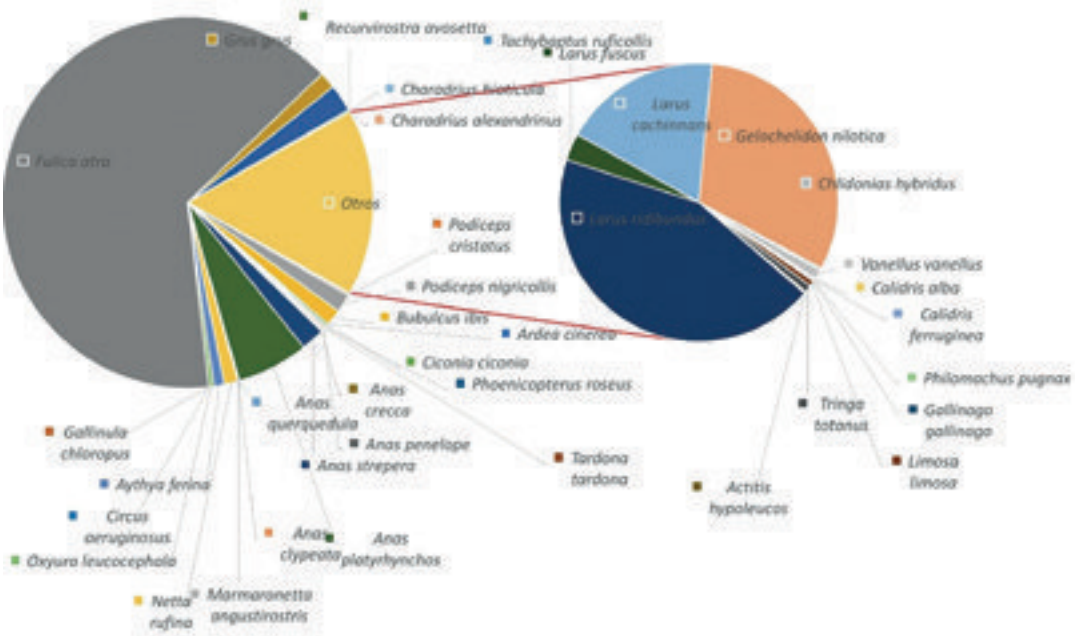


Figura 4.: Composición de la avifauna en la laguna de Salicor después (junio-diciembre 2017) de una fluctuación climática extrema. Fuente: Elaboración Propia.

En los censos realizados en el año 2007 anteriores a la inundación de la laguna, las especies que se encontraron fueron grullas (*Grus grus*), tarros blancos (*Tadorna tadorna*) y avocetas (*Recurvirostra avosetta)*, especies que prefieren aguas salobres y poco profundas, salvo la grulla.

Después de la inundación de Salicor, aumentó el número de especies censadas, destacando la focha (*Fulica atra*), gaviotas (*Larus ridibundus, L. fuscus y L. cachinans*), pato cuchara (*Anas platyrhinchos*), pagaza piconegra (*Gelochelidon nilotica*), cigüeñuela (*Himantopus himantopus*), garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*) y ánade friso (*Anas strepera*), seguidos por grupos de especies algo menos numerosas, compuestos por individuos dispersos de zampullines (*Podiceps nigricollis* y, en menor medida, *P. cristatus*), pato colorado (*Netta rufina*), porrón (*Aythya ferina*) y malvasía (*Oxyura leucocephala*), y un bajo número de cigüeñas (*Ciconia ciconia*), avefrías (*Vanellus vanellus*), tarros blancos (*Tadorna tadorna*), zampullines (*Tachybaptus ruficollis*) y silbones europeos (*Anas penelope*), junto a un grupo de grullas *(G. grus)* en el mes de diciembre.

Reflexión y conclusiones.

En un escenario climático de reducción de las precipitaciones, aumento de las temperaturas y de la frecuencia de episodios extremos de precipitación, algunos humedales podrían cambiar sus características y, con ello, su funcionamiento ecosistémico. Así, la región geográfica perdería la singularidad de espacios y especies y, con ello, una merma de su biodiversidad. Además, hay que tener en cuenta que las inundaciones pueden ser más breves e irregulares, salvo episodios extremos.

Junto a la reducción de la cantidad de agua disponible se reduce la calidad de esta, aumentando la salinización debido a la menor disponibilidad de agua, aumentan los periodos de sequía y, con ello, la disminución de la disponibilidad de hábitats. También aumentaría la temperatura del agua.

Es importante tener en cuenta que, en los escenarios de agricultura en los que el regadío va en aumento, frente a las previsiones de una mayor escasez de agua, la sobreexplotación de aguas subterráneas modificará el funcionamiento hidrológico de muchos humedales.

Los planes de gestión de los humedales de Castilla-La Mancha deben contar con instrumentos y herramientas que concreten las medidas de actuación adaptativas encaminadas a la mitigación de los impactos negativos presentes y futuros originados por el cambio climático. Para ello, se hace necesario desarrollar un programa de investigación sobre la multiplicidad y las relaciones de los impactos del cambio climático en los procesos a nivel ecosistémico en los humedales, donde, partiendo de esta base, se diseñen planes de gestión y seguimiento a escala regional, fijando objetivos de gestión a nivel de red, y donde la educación ambiental tenga un protagonismo clave como divulgador de conocimiento y propiciador competencial en la conservación.

Bibliografía

CARTER V (1986) An overview of the hydrologic concerns related to wetlands in the United States. Canadian Journal of Botany, 364-374.

MORENO JM (ED) (2005) Evaluación preliminar de los impactos del cambio climático en España. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

TRUJILLO M (2004) Inundaciones históricas en la provincia de Ciudad Real. Ciudad Real: Imprenta provincial de Ciudad Real.

El botulismo aviar: una amenaza añadida para los humedales castellano-manchegos ante el cambio climático

Rafael Mateo
Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), CSIC-UCLM- JCCM,

Introducción

Las amenazas que sufren los humedales por la presión del ser humano son numerosas, e incluyen algunas tan directas como la desecación por drenaje, la sobreexplotación de acuíferos, las modificaciones por construcción de infraestructuras o la contaminación. A eso se suman amenazas indirectas, como las relacionadas con el cambio climático, que además de contribuir en la desecación de los humedales en nuestras latitudes debido a la reducción de precipitaciones y el aumento de la evaporación, también contribuye alterando las condiciones ecológicas del humedal. Estos cambios ambientales pueden contribuir en la expansión de especies exóticas e invasoras o, como vamos a tratar en estas líneas, favorecer la aparición de enfermedades como el botulismo aviar (Green et al. 2017).



Imagen 1.: Tarro blanco (*Tadorna tadorna*) muerto al final del verano en la laguna de Pedro Muñoz. Un cadáver como este puede ser el inicio de un brote de botulismo al ser el medio de cultivo ideal de *Clostridium botulinum*.

¿Qué es el botulismo aviar?

El botulismo es una intoxicación causada por la ingestión de una toxina formada por la bacteria *Clostridium botulinum*. La intoxicación en las aves se produce al ingerir invertebrados (principalmente larvas de mosca) que se han estado alimentando de cadáveres en descomposición en los que se dan las condiciones perfectas para el crecimiento de *C. botulinum* (Imagen 1). La toxina que más afecta a las aves en Europa es la del tipo C/D, estando presente en aves desde Escandinavia hasta los humedales castellano-manchegos (Anza et al., 2014a). Las aves intoxicadas presentan una parálisis flácida que les impide moverse y mantener el cuello erguido, de forma que la muerte se produce frecuentemente por ahogamiento. La acción de la toxina en la sinapsis nerviosa es muy persistente, por lo que la recuperación espontanea de las aves es infrecuente.

¿A qué aves afecta?

Son muchas las especies de aves intoxicadas, pero algunas aparecen con más frecuencia que otras en las mortalidades causadas por el botulismo. En los humedales manchegos hemos podido observar que fochas, patos, gaviotas y limícolas son bastante sensibles, mientras que los zampullines o los flamencos raramente resultan afectados (Gráfico 1). Especies como fochas y patos pueden ser además portadores frecuentes de la bacteria en su tracto digestivo, lo que en caso

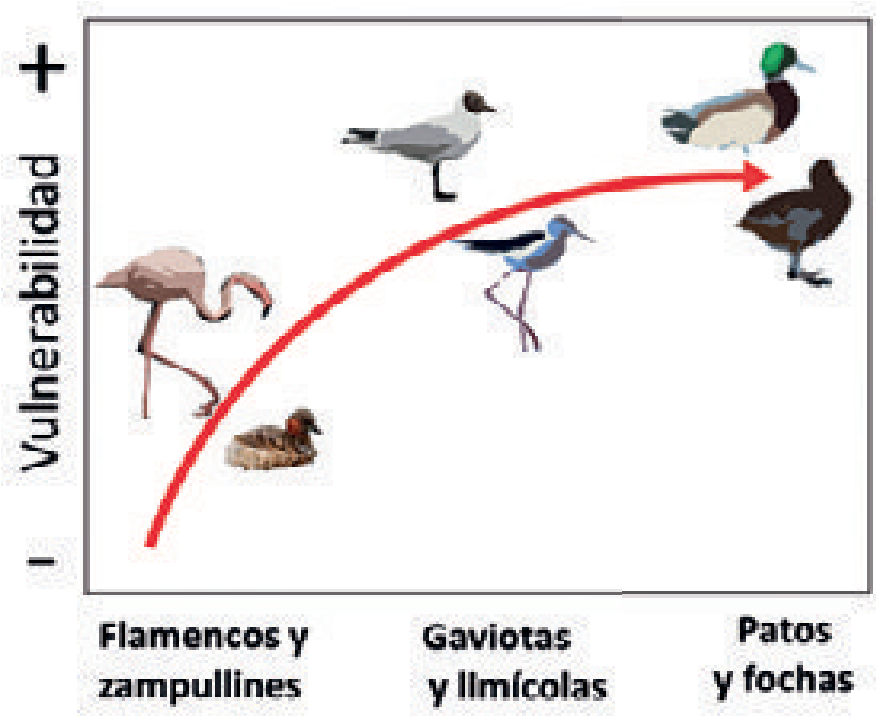


Gráfico 1.: Vulnerabilidad de diferentes grupos de aves acuáticas a los brotes de botulismo en los humedales castellano-manchegos. Los flamencos y zampullines raramente se ven afectados, mientras que los patos y las fochas sufren importantes mortalidades.

morir por cualquier causa ajena al botulismo (infecciones, intoxicaciones, traumatismos), sus cadáveres pueden actuar como iniciadores de nuevos brotes. Además, son especies que pueden dispersar la bacteria con sus heces entre diferentes cadáveres de animales, lo que incrementa el riesgo de propagación de los brotes (Anza et al., 2016).

Una causa importante de mortalidad en la malvasía cabeciblanca

La malvasía cabeciblanca es uno de los patos más amenazados del mundo, con una población global de unas 5000 parejas, y los humedales castellano-manchegos son uno de sus principales refugios en Europa. Son varias las causas que ha llevado a esta especie al borde de la extinción, como la caza, la desecación y contaminación de humedales o el plumbismo, pero también se ha comprobado que un solo brote de botulismo puede causar la muerte del 17% de las aves presentes en algunos de los humedales de Castilla-La Mancha (Anza et al., 2016).

¿Cómo puede contribuir el cambio climático en la propagación de los brotes?

Los brotes suelen aparecer en verano y principios del otoño porque son los meses en los que la elevada temperatura favorece el crecimiento de *C. botulinum* en el medio acuático y en los cadáveres. En la Mancha húmeda se ha podido ver que los brotes ocurren principalmente cuando la temperatura media del mes de julio supera los 26 °C (Vidal et al., 2013). Es decir, ante un escenario de cambio climático en el que las temperaturas estivales se mantengan elevadas se darían unas condiciones idóneas para la aparición de más brotes de botulismo (Gráfico 2). Por otra parte, las temperaturas elevadas pueden terminar

desecando buena parte de los humedales manchegos, como por ejemplo las lagunas más someras. Por el contrario, los humedales que reciben el efluente de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) van a mantener permanentemente un grado de inundación que va a atraer a las aves acuáticas de su entorno durante los meses más secos del año. Aquí entra en juego un segundo aspecto de esta bacteria, que la hace especialmente peligrosa en estos humedales asociados a las EDAR. El *C. botulinum* es un bacilo anaerobio, es decir que necesita un medio sin presencia de oxígeno para poder vivir. Por este motivo, cuando un humedal recibe mucha cantidad de materia orgánica a través de aguas residuales tratadas, las bacterias que la descomponen agotan el oxígeno presente en el agua y el sedimento, creando un ambiente perfecto para que se desarrolle la bacteria (Anza et al. 2015).

Este escenario de anoxia es común en los humedales abastecidos con efluentes de EDAR. Es entonces cuando las aves acuáticas al alimentarse en los sedimentos pueden ingerir esporas de *C. botulinum.* Además, en las lagunas castellano-manchegas se ha podido ver que una especie invasora de caracol acuático resistente en ambientes contaminados es un frecuente portador de la bacteria (Anza et al., 2016). Cuando un ave con esporas de *C. botulinum* en su tracto digestivo muere por cualquier causa (traumatismos, enfermedad infecciosa o intoxicación) puede dar inicio a un brote de botulismo. En el cadáver en descomposición se dan las condiciones perfectas para el crecimiento de esta bacteria, produciéndose entonces la toxina botulínica. Las moscas necrófagas que hacen sus puestas en los cadáveres también pueden transportar la bacteria, pero lo más importante es que sus larvas alimentadas en los cadáveres con *C. botulinum* van a acumular suficiente cantidad de toxina como para matar a cualquier ave que se alimente de ellas (Anza et al. 2014b). A partir de un cadáver contaminado con toxina botulínica se puede producir la intoxicación de numerosas aves, que a su vez serán fuente de intoxicación de muchas más, por lo que los brotes se propagan de forma explosiva. Las aves acuáticas pueden transportar las esporas de *C. botulinum* en su tracto digestivo entre los humedales, de forma que a lo largo de toda su ruta migratoria es posible encontrar esta bacteria en los sedimentos de los humedales (Anza et al., 2014a).

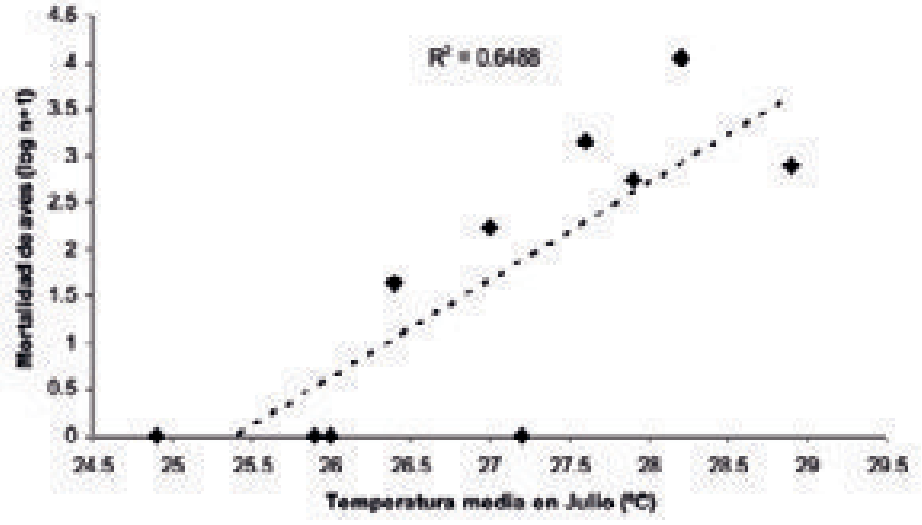


Gráfico 2.: Relación entre la mortalidad de aves en brotes de botulismo y la temperatura media registrada en el mes de julio.

¿Cómo podemos controlar los brotes de botulismo?

Para conseguir detener las nuevas intoxicaciones a partir de los cadáveres de las aves muertas por botulismo es importante retirar a diario todos los animales intoxicados y muertos de los humedales en los que ocurren estos brotes. Las aves enfermas pueden ser tratadas y recuperadas en un porcentaje importante, mientras que las aves muertas deben ser enterradas o incineradas rápidamente para evitar que se alimenten y dispersen invertebrados con una nueva carga letal de toxina botulínica.

¿Qué medidas de adaptación al cambio climático podemos adoptar?

Los aportes de aguas residuales tratadas (y en ocasiones sin tratar) son un factor predisponente para que ocurran brotes de botulismo debido a las condiciones de falta de oxígeno y pobre calidad sanitaria que se producen en los humedales que los reciben. Por este motivo es muy importante mejorar los sistemas de tratamiento de aguas, evitando la sobrecarga de las EDAR. De esta forma aseguraremos que el humedal se encuentre dentro de unos límites conocidos como *espacio operativo seguro* que permita su sostenibilidad (Green et al. 2017).

Bibliografía

ANZA, I., SKARIN, H., VIDAL, D., LINDBERG, A., BÅVERUD, V., MATEO, R. 2014A. The same clade of *Clostridium botulinum* strains is causing avian botulism in southern and northern Europe. Anaerobe 26: 20-23.

ANZA, I., VIDAL, D., FELIU, J., CRESPO, E., MATEO, R. 2016. Differences in the vulnerability of waterbird species to botulism outbreaks in Mediterranean wetlands: an assessment of ecological and physiological factors. Applied and Environmental Microbiology 82:3092-3099.

ANZA, I., VIDAL, D., LAGUNA, C., DÍAZ-SÁNCHEZ, S., SÁNCHEZ, S., CHICOTE, A., FLORÍN, M., MATEO, R. 2015. Eutrophication and bacterial pathogens as risk factors for avian botulism outbreaks in wetlands receiving effluents from urban wastewater treatment plants. Applied and Environmental Microbiology 80: 4251-4259.

ANZA, I., VIDAL, D., MATEO, R. 2014B. New insight in the epidemiology of avian botulism outbreaks: necrophagous flies as vectors of *C. botulinum* type C/D. Environmental Microbiology Reports 6: 738–743.

GREEN, A.J., ALCORLO, P., PEETERS, E.T.H.M., MORRIS, E.P., ESPINAR, J.L., BRAVO, M.A., BUSTAMANTE, J., DÍAZ-DELGADO, R., KOELMANS, A.A., MATEO, R., MOOIJ, W.M., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M., VAN NES, E.H., SCHEFFER, M. 2017. Creating a safe operating space for wetlands in a changing climate. Frontiers in Ecology and the Environment 15: 99–107.

VIDAL, D., ANZA, I., TAGGART, M.A., PÉREZ-RAMÍREZ, E., CRESPO, E., HOFLE, U., MATEO, R. 2013. Environmental factors influencing the prevalence of *Clostridium botulinum* type C/D mosaic strain in non-permanent Mediterranean wetlands. Applied and Environmental Microbiology 79:4264-4271.

Artrópodos y cambio climático en Castilla-La Mancha: una evaluación preliminar

José Luis Yela García
Área de Zoología, Edificio Sabatini, laboratorio 0.4, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Carlos III, s.n.; Campus Real Fábrica de Armas, 45005 Toledo, España

"Si la humanidad desapareciera, el mundo se regeneraría y volvería al rico estado de equilibrio que existió hace diez mil años. Pero si los insectos desaparecieran, el medio natural se colapsaría e iría hacia el caos." Edward O.Wilson.

Resumen

Los artrópodos, objeto de estudio de la Entomología, son un grupo clave tanto en términos de riqueza específica (o biodiversidad) como en lo que se refiere a su función en el medio natural. La historia de la Entomología en España tiene un origen relativamente antiguo, pero un auge muy reciente. De ahí que los estudios sobre conservación de especies o poblaciones de artrópodos no tengan más de dos décadas de antigüedad, y solo se hayan generalizado durante la última década. Un aspecto clave de la conservación de artrópodos es el que trata del influjo del cambio climático sobre ellos. En España, esta es una cuestión que solo acaba de empezar a despertar interés. Además, mientras que se ha reunido ya un cuerpo de datos de cierta entidad sobre ello en áreas como el Sistema Central (Madrid y Castilla-León) o Cataluña, de Castilla-La Mancha apenas existen aún algunas evidencias, casi todas indirectas. En este artículo se resumen los principales hallazgos y las principales vías de investigación abiertas para documentar los efectos del cambio climático en Castilla-La Mancha, destacándose que hasta ahora el único patrón documentado es indirecto y afecta a la fenología de las mariposas en un gradiente altitudinal en la provincia de Cuenca. Las investigaciones en marcha y recién diseñadas pueden ayudar a ofrecer una perspectiva de conjunto más amplia en un futuro próximo, hacia principios de la década que viene.

Introducción

De toda la diversidad de organismos descrita de la Tierra (alrededor de un millón y medio de especies, de acuerdo con Costello *et al.*, 2012), aproximadamente un 65 % corresponde a animales del phylum Arthropoda (arácnidos, miriápodos, crustáceos, insectos y otros grupos menos conocidos), que representa además sobre el 80 % de las especies animales. Estimaciones actuales cifran la riqueza específica global de artrópodos en alrededor de 5 a 10 millones de especies, de artrópodos terrestres en unos 4,5 millones de especies (con un rango de variación según estimaciones de entre 1,1 y 7,8 millones) y de insectos en unos 3,5 millones de especies (rango 1-7,8 millones) (Costello *et al.*, 2012; Stork *et al.*, 2015), para una biodiversidad específica estimada total de entre 6.250.000 y 12.500.000 especies de organismos, con todas las salvedades que se pueden tener en cuenta en relación con el concepto de especie y con los métodos de estimación. En todo caso, el papel de los artrópodos como componente primordial de la biodiversidad no admite discusión. Asimismo, su papel funcional en los ecosistemas es fundamental (Costanza *et al.*, 1997; Gallai *et al.*, 2009; Birch *et al.*, 2011; Johnson & Jones, 2017). En este sentido, el principio de utilidad y dependencia para la persistencia humana es esgrimido por Samways (2005) para documentar la importancia de la conservación de la entomofauna, la cual no está basada solo en el compromiso ético de mantener la diversidad entomológica a todas sus escalas de organización en la Tierra. A pesar de ello, el secular grado de desconocimiento de aspectos clave sobre los artrópodos, como son sus identidades taxonómicas ("limitación linneana") o sus rangos de distri-

bución ("limitación wallaceana"; Lomolino, 2004), han dificultado mucho el avance de la comprensión de su ecología y evolución (Asociación Española de Entomología, 1996; Lobo, 2000; Yela, 2000), y no digamos ya nada de su conservación.

La Entomología, o estudio científico de los Artrópodos, tiene una larga tradición en España, remontándose a los inicios del siglo XIX (García de Viedma, 1971; Asociación Española de Entomología, 1996). Sin embargo, y aunque con altibajos (García de Viedma, 1971; Gomis, 2014; Bach & Compte, 1997), la mayor parte de los esfuerzos entomológicos se dedicaron históricamente a la taxonomía, es decir, al estudio de la identificación y clasificación de los artrópodos. Esto era de esperar en un área, como la ibérica, muy rica en especies y endemismos (Blondel & Aronson, 1999), en la cual deben habitar entre 40.000 y 50.000 especies de artrópodos (Ortuño & Martínez-Pérez, 2011; Lobo, 2015). Aun así, la Entomología ibérica ha adolecido secularmente de obstáculos de diferente naturaleza (Asociación Española de Entomología, 1996; Nieto Nafría, 1995; Melic, 1999; Lobo, 2000; Yela, 2000) que han conducido a que su desarrollo haya sido lento en relación con el de la de otros países de nuestro entorno. En realidad, el despegue de la Entomología española ha venido de la mano del cambio de siglo, de manera que durante las dos últimas décadas se han organizado grupos de investigación cada vez más dinámicos, se han propuesto y desarrollado cada vez más proyectos sugerentes, se han organizado grupos de entomólogos aficionados cada vez más activos en torno a sociedades entomológicas o iniciativas en red y se han empezado a ver publicaciones del máximo nivel en todo tipo de revistas. La Conservación Biológica, la ciencia pluridisciplinar que trata de diagnosticar las causas de la crisis de declive y extinción de biodiversidad actual para proponer criterios eficaces y operativos para preservar la máxima proporción posible de ésta, nació como rama diferenciada del saber científico a finales de la década de los 70 del siglo pasado (Soulé & Wilcox, 1980). Se comprende, pues, que los estudios sobre conservación de poblaciones y especies de artrópodos solo comenzaran a desarrollarse en España de manera sistemática una vez empezado el siglo XXI, aunque existan precedentes aislados. Una de las causas próximas del declive y extinción de poblaciones y especies actual es el cambio climático, como se reconoce en todos los tratados; el cambio climático se ha unido a las otras cuatro grandes causas próximas de pérdida de biodiversidad, tal como habían sido identificadas desde el nacimiento de la disciplina: deterioro (fragmentación y contaminación) del hábitat, sobreexplotación, efecto de especies invasoras y efecto de las cadenas de extinción (Soulé & Wilcox, 1980; Diamond, 1984). Los efectos del cambio climático sobre los artrópodos han empezado a evaluarse en España muy recientemente, y todavía el cuerpo de datos es llamativamente reducido. No es de extrañar, pues, que de Castilla-La Mancha solo exista una información muy exigua, basada en evidencias indirectas o circunstanciales y en observaciones no publicadas todavía.

Estado de la cuestión en Castilla-La Mancha

El cambio climático puede afectar a los artrópodos de diferentes maneras (Wilson *et al.*, 2005; Johnson & Jones, 2017), habiéndose documentado ya efectos sobre los rangos de distribución, la fenología, la fisiología, la ecología trófica y las relaciones interespecíficas (véase Arribas *et al.*, 2017), y puede afectar también a las diferentes escalas de organización de su materia viviente, desde los genes que contienen hasta el paisaje en el que viven (Johnson & Jones, 2017). Quizá los aspectos más estudiados son los cambios fenológicos, o cambios en el momento de aparición de las fases del ciclo vital, en respuesta al calentamiento climático (Parmesan & Yohe, 2003; Root *et al.*, 2003), así como los cambios en las áreas de distribución (Thuiller *et al.*, 2008; Araújo *et al.*, 2011). En este sentido, las mariposas destacan como uno de los grupos más populares de indicadores del cambio climático, como documentan en el área ibérica Stefanescu *et al.* (2003), Wilson *et al.* (2005), Ashton *et al.* (2009), Arce Crespo & Gutiérrez (2011), Gutiérrez Illán *et al.* (2012), Romo *et al.* (2013) y García-Barros *et al.* (2017), puesto que son abundantes y relativamente fáciles de reconocer. Ya que, de acuerdo con el IPCC (2014), la tendencia en la parte mediterránea de la península ibérica (que incluye todo el centro de España) es al aumento de las temperaturas medias, junto a

una aridez progresivamente mayor, es de esperar que por un lado las fechas de aparición de los individuos activos tras el invierno se adelanten (Stefanescu *et al.*, 2003; Arce Crespo & Gutiérrez, 2011; Gutiérrez Illán *et al.*, 2012), así como que los límites de distribución de la mayor parte de especies suban en latitud y en altitud (Thomas *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2005; Ashton *et al.*, 2009; Romo *et al.*, 2013; García-Barros *et al.*, 2017). De hecho, como lo revela la literatura citada, esto es lo que se está encontrando en lugares como el sistema Central y Cataluña, y es lo que debe estar ocurriendo también de manera general en Castilla-La Mancha. Así, Arce Crespo y Gutiérrez (2011), usando datos de las mariposas encontradas en 2006 a lo largo de un gradiente altitudinal (900-1680 m; tasa estimada de bajada altitudinal de temperatura = -6.6 ° C/km) en la Serranía de Cuenca (centro de España), determinaron la respuesta fenológica tanto de especies individuales como del conjunto de éstas, como un sustituto para el estudio del desfase fenológico en ausencia de registros temporales de una cierta duración (sustitución "espacio por tiempo"). De esta manera, se pueden cuantificar y proyectar los cambios esperados en la fenología asociados con el calentamiento del clima. Estudiaron el momento de aparición de los adultos y la duración del período de vuelo, y comprobaron que en una buena parte de las especies no divagantes el período de vuelo fue más tardío para poblaciones coespecíficas encontradas a altitudes elevadas que a bajas altitudes. Registraron una tendencia similar para el conjunto de las especies. Lo interesante y singular de este estudio, en comparación con otros similares (Wilson *et al.*, 2005; Gutiérrez Illán *et al.*, 2012), es que hubo algunas excepciones al patrón general, registrándose sincronía fenológica entre poblaciones coespecíficas que viven a diferentes alturas, sugiriéndose la intervención de adaptaciones locales al clima regional (ya que un intercambio de individuos entre poblaciones a diferentes alturas no es probable en especies poco móviles, como son las mariposas no divagantes ni migradoras). En general, como era de esperar, se encontró que la duración del periodo de vuelo fue más corta a mayor altura cuando se consideraban los conjuntos de especies, pero no cuando se consideraban especies individuales. Los resultados respaldan en parte la pertinencia de la sustitución "espacio por tiempo" cuando se evalúa el efecto potencial del cambio climático sobre las fenofases tales como el período de vuelo, pero los autores recomiendan precaución extrema al extrapolar los resultados en ausencia de información sobre la manera en que difieren las respuestas de distintas poblaciones.

Otro buen indicador de respuesta al cambio climático lo puede proporcionar el comportamiento de una conocida plaga, la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Hódar *et al.*, 2014; Battisti *et al.*, 2015). Aunque no existe información publicada específicamente para Castilla-La Mancha, en general cabe señalar que, al igual que la mayor parte de las especies plaga, ésta se va a ver favorecida por un aumento de las temperaturas (Ladanyi & Horvath; 2010; Hódar *et al.*, 2012). La procesionaria depende críticamente de la temperatura para su desarrollo y, siendo sus larvas invernales, temperaturas suaves durante dicha fase del año pueden adelantar el momento de la pupación de manera significativa, de forma semejante a lo que ocurre con la aparición de los adultos si las temperaturas de la primavera son suficientemente altas. Por tanto, existe un ajuste importante entre clima y defoliaciones, y además sus poblaciones se están expandiendo en la España mediterránea en altitud y latitud (Hódar *et al.*, 2012). Esta información ha de ser tenida muy en cuenta a la hora de gestionar de manera sostenible las masas forestales de pino.

En general, cabe indicarse que el incremento en las temperaturas puede afectar tanto a los insectos defoliadores como a sus plantas hospedadoras, al adelantarse la fenología y acelerarse el desarrollo. El problema surge cuando la respuesta al cambio climático no es sincrónica en ambos participantes de la interacción, lo que es bastante común. Esta asincronía podría estar en la base del declive poblacional de muchas especies de insectos herbívoros (en combinación con otras variables), aunque otras podrían circunvenirla si su respuesta es suficientemente plástica desde el punto de vista ecológico (Ladanyi & Horvath, 2010; Singer & Parmesan, 2010). Estos procesos tienen que ser generales también en Castilla-La Mancha, si bien todavía no se han estudiado con detalle.

Como se deduce de lo anterior y mencionan explícitamente Arribas *et al.* (2012), el cambio climático global en curso plantea serios desafíos para la Conservación Biológica. Esto obliga a revisar los conceptos y los métodos en relación a las formas en que especies o poblaciones pueden responder a las nuevas condiciones climáticas. Estos autores evaluaron las causas de la vulnerabilidad al cambio climático en tres especies de escarabajos acuáticos endémicos ibéricos, *Ochthebius glaber* (Montes & Soler, 1988), *Nebrioporus baeticus* (Schaum, 1864) y *Enochrus falcarius* (Hebauer, 1991), pertenecientes a las familias Hydraenidae, Dytiscidae e Hydrophilidae, respectivamente, que habitan corrientes interiores salinizadas y que mantienen alguna población hacia la parte nororiental de Albacete, en Castilla-La Mancha. Para ello emplearon fundamentos de fisiología térmica comparativa, modelos de distribución de especies y estimaciones de la capacidad de dispersión de especies. De esta forma, fueron capaces de proponer estrategias de conservación para cada una en función de su capacidad diferencial para persistir en el lugar donde se encuentra ahora mismo o para cambiar su rango de distribución en respuesta al calentamiento global. Mostraron que diferentes especies pueden verse afectadas de manera muy diferente por el cambio climático, a pesar de tener rasgos ecológicos y biogeográficos muy similares. El marco propuesto por estos autores proporciona un complemento eficaz a las evaluaciónes convencionales de vulnerabilidad de especies, y podría inspirar el desarrollo de nuevas estrategias de conservación ante el calentamiento global.

Un aspecto que tiene interés práctico mencionar es la posible ampliación del rango de distribución de especies de artrópodos meridionales hacia el norte que representen vectores de enfermedades, tanto para el ganado como para el ser humano. Así, en 1985 se confirmó la presencia en el área ibérica de *Culicoides imicola* Kieffer, 1913 (Diptera: Ceratopogonidae) (Mellor *et al.*, 1985), un mosquito portador del reovirus causante del síndrome de la lengua azul en el ganado doméstico, que procede del norte de África (Peters *et al.*, 2014). Durante los últimos 20 años, este mosquito ha ido desplazándose cada vez más al norte, de manera que hoy día es frecuente en algunas provincias de Castilla-La Mancha, como Ciudad Real y Toledo, aunque se ha registrado ya en las restantes (Peters *et al.*, 2014). Éste es solo un ejemplo, ya constatado, de lo que puede llegar a ocurrir si la tendencia actual hacia el aumento de temperaturas medias sigue su curso.

Recientemente, García-Barros Saura *et al.* (2017) han calculado las riquezas específicas de mariposas en las cuadrículas UTM de 50 km de lado y su relación con las variables climáticas (temperatura, precipitación), teniendo en cuenta la superficie de las unidades geográficas y la intensidad de los estudios faunísticos realizados. Para ello emplearon una recopilación actualizada de la distribución de las especies de Papilionoidea ibero-baleares, contenida en la plataforma GeoBrink (geobrink.uclm.es). A continuación, los resultados se extrapolaron para un escenario plausible a medio plazo (50 años), con objeto de estimar el posible cambio en la distribución predicha del número de especies. Al jugar la temperatura media un papel importante en la distribución actual de la riqueza, pero con signo negativo, la predicción es la de una disminución del número de especies en todo el territorio, incluida Castilla-La Mancha.

Con respecto a la ampliación hacia el norte de los límites septentrionales de distribución por efecto del cambio climático, interesa resaltar que, en ocasiones, puede haber artefactos que conduzcan al planteamiento de hipótesis erróneas. En particular, la confusión de una especie con otra puede hacernos pensar que una especie dada esté ampliando rápidamente sus límites de distribución, cuando ya se conocía previamente de las áreas en cuestión pero bajo otro nombre. Así, y sobre la base de un adulto recolectado en Toledo en julio de 2007 e identificado como *Earias albovenosana* (Oberthür, 1917) (Lepidoptera: Nolidae: Chloephorinae: Eariadina), especie que sólo se conocía hasta entonces de Argelia, Marruecos y Sicilia, se especuló con la posibilidad de que hubiera colonizado rápidamente la mitad sur peninsular, favorecida por el calentamiento climático. Sin embargo, un estudio detenido de numeroso material reunido permitió referir esta especie a un número considerable de localidades ibéricas, tanto de España como de Portugal. Se examinaron a continuación los patrones de distribución geográfica ibérica de *Earias albovenosana* y *E. vernana* (Fabricius, 1787), la especie hermana y con la que se la había confundido anteriormente: *E.*

albovenosana ocupa aproximadamente los dos tercios meridionales de la Península Ibérica, mientras que *E. vernana* ocupa únicamente el ángulo nororiental (Navarra y Cataluña). Existen algunos registros ibéricos de *E. albovenosana* del primer tercio del siglo XX de localidades relativamente septentrionales (en los que se mencionó como *E. vernana*); además, no se ha puesto de relieve ninguna tendencia que relacione registros más recientes con localidades más septentrionales. Por lo tanto, se descartó la hipótesis de una colonización reciente de la Península Ibérica desde el área magrebí. Como conclusión, se resaltó la conveniencia de llevar a cabo seguimientos continuos con objeto de poder relacionar la presencia de especies concretas con sus causas, sean éstas el calentamiento global u otras, y se insistió en la importancia clave de los estudios taxonómicos (Triviño *et al.*, 2009, 2010).

Líneas de trabajo en marcha

En Castilla-La Mancha están abiertas en este momento al menos cuatro líneas de investigación tendentes, entre otros objetivos, a evaluar efectos del cambio climático sobre artrópodos a corto y medio plazo. Todos ellos se desarrollan en la Universidad pública regional, la UCLM, y algunos en colaboración de algunas sociedades entomológicas (como SEACAM, la Sociedad Entomológica y Ambiental de Castilla-La Mancha).

Por un lado, en 2002 se describió una especie de polilla vicariante de otra europea, *Coranarta restricta* Yela, 2002 (Lepidoptera: Noctuidae: Noctuinae: Hadenini), que es endémica del área ibérica, relicta de tiempos más fríos y habitante de biótopos turbosos o semiturbosos donde vegeta la gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi*). De momento, se conoce de unas pocas localidades de las provincias de Guadalajara y Teruel, pero por el tipo de hábitat donde se ha encontrado, es probable que se halle también por la Serranía de Cuenca. Esta especie es candidata a ser recogida en el Libro Rojo de los Invertebrados de España y de Castilla-La Mancha (éste último, en proyecto), dada su extrema localización y carácter relicto. Además, habría que estudiar si los lugares donde aparece, o apareciese, deberían declararse microrreservas. La localidad tipo, Buenfuente del Sistal (Guadalajara), está incluida en el Parque Natural del Algo Tajo. Se está modelizando el efecto de diferentes escenarios de cambio climático sobre su probabilidad de persistencia, aunque probablemente sea una firme candidata a la extinción inminente.

Por otro lado, gracias a la financiación de la JCCM al proyecto BANDENCO (POII-2014-018-P), se ha podido poner a punto una plataforma (GeoBrink) libre e interactiva para el almacenamiento masivo de datos faunísticos de artrópodos de Castilla-La Mancha, para la representación y modelización de su distribución geográfica y para el análisis de los sesgos de muestreo. GeoBrink va a permitir no solo la modelización del caso recién comentado, sino la propuesta de mapas de distribución potencial bien fundamentados para las especies de los grupos entomológicos con los que se trabaja, de forma que se pueda evaluar con rigor hasta qué punto la red de Espacios Naturales Protegidos (ENPs) de Castilla-La Mancha cubre razonablemente bien parte de las áreas de distribución de las especies tratadas, sobre todo aquellas que están más amenazadas. Se tiene como objetivo también examinar cuál sería el grado de cobertura de los ENPs bajo varias condiciones generales de cambio climático.

Como es natural, las respuestas al cambio climático de las diferentes especies de artrópodos no dependen solo de la variación paulatina de las condiciones climáticas y de la modificación subsiguiente del rango de distribución, sino también de su propia capacidad de acomodo o adaptación a nuevas situaciones (véase Arribas *et al.*, 2012, mencionado arriba). En este sentido, otra línea de investigación abierta en la UCLM pretende evaluar la capacidad de respuesta al cambio climático de diferentes especies de coleópteros, usando para ello especies de ambientes térmicos altamente estables (como son las cuevas) y sometiendo a un cierto número de individuos a situaciones térmicas contrastantes, a través de su cría en cámaras de condiciones controladas.

Por último, el estudio detallado de los registros faunísticos almacenados en GeoBrink ha dado pie a discutir el avance hacia el norte de los límites septentrionales de distribución de innumerables especies de

noctuoideos cuadrifinos (Euteliidae, Erebidae, Nolidae y Noctuidae), de manera que se está documentando no solo aquellos casos de especies que proceden del norte de África, sino también cómo es el patrón de dispersión hacia el centro de la península de todas aquellas especies que son capaces de colonizarlo.

Todos estos proyectos habrán dado su fruto a finales de la década presente o a principios de la próxima, momento en que será conveniente llevar a cabo una nueva síntesis. Confiemos en que para entonces la humanidad haya tomado verdadera consciencia del peligro que supone el cambio climático, y en general todos los factores causantes de la crisis de biodiversidad actual, no solo para la salud ambiental, sino para nuestra propia supervivencia como especie en unas condiciones aceptables para todos.

Agradecimiento

Agradezco a Jonathan Gómez Cantero su deferencia al invitarme a presentar este artículo. Carlo Polidori y David Sánchez (ICAM, UCLM) proporcionaron información relevante e hicieron comentarios de interés. Cualquier imprecisión en la interpretación de datos originales es responsabilidad exclusiva del autor.

Bibliografía

ARAÚJO, M. B., ALAGADOR, D., CABEZA, M., NOGUÉS-BRAVO, D. & THUILLER, W. (2011) Climate change threatens European conservation areas. *Ecology letters*, **14** (5): 484-492.

ARCE CRESPO, J. I. DE & GUTIÉRREZ, D. (2011) Altitudinal trends in the phenology of butterflies in a mountainous area in central Spain. *European Journal of Entomology*, **108** (4): 651-658.

ARRIBAS, P., ABELLÁN, P., VELASCO, J., BILTON, D. T., MILLÁN, A. & SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D. (2012) Evaluating drivers of vulnerability to climate change: a guide for insect conservation strategies. *Global Change Biology*, **18** (7): 2135-2146.

ARRIBAS, P., ABELLÁN, P., VELASCO, J., MILLÁN, A. & SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D. (2017) Conservation of insects in the face of global climate change. In *Global climate change and terrestrial invertebrates* (ed. S. N. Johnson & T. H. Jones), pp. 349-367. Wiley. Chichester.

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** (4): 437-446.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENTOMOLOGÍA (ED.) (1996) *Avances en entomología ibérica*. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) y Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

BACH, C. & COMPTE, A. 1997. La entomología moderna en España. Su desarrollo: de los orígenes a 1960. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **20**: 367-392.

BATTISTI, A., AVCI, M., AVTZIS, D. N., JAMAA, M. L. B., BERARDI, L., BERRETIMA, W., BRANCO, M., CHAKALI, G., EL ALAOUI EL FELS, M. A., B., HÓDAR, J. A., IONESCU-MALANCUS, I., ÍPEKDAL, K., LARSSON, S., MANOLE, T., MENDEL, Z., MEURISSE, N., MIRCHEV, P., NEMER, N., PAIVA, M.-R., PINO, J., PROTASOV, A., RAHIM, N., JÉRÔME ROUSSELET, J., SANTOS, H., SAUVARD, D., SCHOPF, A., SIMONATO, M., YART, A. & ZAMOUM, M. (2015) Natural history of the processionary moths (*Thaumetopoea spp.*): new insights in relation to climate change. In *Processionary moths and climate change: an update* (ed. A. Roques), pp. 15-79. Springer. Dordrecht.

BIRCH, A.N.E., BEGG, G.S. & SQUIRE, G.R. (2011) How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. *Journal of Experimental Botany*, **62**: 3251-3261.

BLONDEL, J. & ARONSON, J. (1999) *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. Oxford University Press. Oxford.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P. & VAN DEN BELT, M. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**: 253-260.

COSTELLO, M. J., WILSON, S., & HOULDING, B. (2011) Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. *Systematic Biology*, **61** (5): 871-883.

DIAMOND, J. M. (1984) "Normal" extinction of isolated populations. In *Extinction* (ed. M.H. Nictecki), pp. 191-246. Chicago University Press. Chicago.

GALLAI, N., SALLES, J.-M., SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B.E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, **68**: 810-821.

GARCÍA-BARROS SAURA, E., CANCELA VALLEJO, J. P., ROMO BENITO, H., MUNGUIRA, M. L. & RUIZ SÁIZ, A. (2017) Riqueza de mariposas (Lepidoptera: Paplionoidea) en la península Ibérica y cambio global. Futuro inmediato. *XXXIII Jornadas de la Asociación española de Entomología*. Almería, 15-18 noviembre 2017.

GOMIS, A. (2014) Mimbres para otro cesto: De la Sección de Entomología del Museo Nacional de Ciencias Naturales al Instituto Español de Entomología. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biología*, **108**: 37-47.

GUTIÉRREZ ILLÁN, J. G., GUTIÉRREZ, D., DÍEZ, S. B. & WILSON, R. J. (2012) Elevational trends in butterfly phenology: implications for species responses to climate change. *Ecological Entomology*, **37** (2): 134-144.

HÓDAR, J.A., ZAMORA, R. & CAYUELA, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas*, **21** (3): 73-78.

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC. Geneva.

JOHNSON, S. N., & JONES, T. H. (2017) Introduction to global climate change and terrestrial invertebrates. In *Global climate change and terrestrial invertebrates* (ed. S. N. Johnson & T. H. Jones), pp. 1-8. Wiley. Chichester.

LADANYI, M. & HORVATH, L. (2010) A review of the potential climate change impact on insect populations - general and agricultural aspects. *Applied Ecology and Environmental Research*, **8**: 143-152.

LOBO, J. M. (2000) La riqueza entomológica ibérica y el estado actual de los recursos taxonómicos: apunte para un diagnóstico. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **27**: 173-176.

LOBO, J. M. (2015). Biodiversidad entomológica Ibérica. *Revista IDE@ - Sociedad Entomológica Aragonesa*, **3**: 1-8.

LOMOLINO, M. V. (2004) Conservation biogeography. In *Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature* (ed. M. V. Lomolino MV & L. R.Heaney), pp. 293–296. Sinauer. Sunderland, Massachusetts.

MELIC, A. (1999) La entomología del tercer milenio. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **25**: 65-69.

MELLOR, P. S., JENNINGS, D. M., WILKINSON, P. J. & BOORMAN, J. P. (1985) *Culicoides imicola*: a bluetongue virus vector in Spain and Portugal. *Veterinary Record*, **116** (22): 589-590.

MERRILL, R. M., GUTIÉRREZ, D., LEWIS, O. T., GUTIÉRREZ, J., DÍEZ, S. B. & WILSON, R. J. (2008) Combined effects of climate and biotic interactions on the elevational range of a phytophagous insect. *Journal of Animal Ecology*, **77** (1): 145-155.

NIETO NAFRÍA, J. M. (1995) Desesperanza, utopía y posibilismo en la enseñanza de la Entomología. *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **19**: 9-23.

ORTUÑO, V. M. & MARTÍNEZ-PÉREZ, F. D. (2011).Diversidad de Artrópodos en España. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2ª época, **9**: 235-284.

PARMESAN, C. & YOHE, G. (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, **421** (6918): 37-42.

PETERS, J., WAEGEMAN, W., DUCHEYNE, E., CALVETE, C., LUCIENTES, J., VERHOEST, N. E. C. & DE BAETS, B. (2014) Predicting spatio-temporal *Culicoides imicola* distributions in Spain based on environmental habitat characteristics and species dispersal. *Ecological Informatics*, **22**: 69-80.

PIMM, S. L., JENKINS, C. N., ABELL, R., BROOKS, T. M., GITTLEMAN, J. L., JOPPA, L. N., RAVEN, P. H., ROBERTS, C. M. & SEXTON, J. O. (2014) The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, **344** (6187): 1246752 (1-10).

PRASANNAKUMAR, N. R. & KUMAR, K. P. (2016) Impact of climate change on arthropod diversity. In *Arthropod diversity and conservation in the tropics and sub-tropics* (ed. A. K. Chakravarthy & S. Sridharapp), pp. 1-18. Springer. Singapore.

ROMO, H., SANABRIA, P. & GARCÍA-BARROS, E. (2013) Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución sobre las especies de Lepidoptera. El caso del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae). *SHILAP Revista de lepidopterología*, **41** (162): 1-20.

ROOT, T. L., PRICE, J. T., HALL, K. R., SCHNEIDER, S. H., ROSENZWEIG, C. & POUNDS, J. A. (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, **421** (6918), 57-60.

SAMWAYS, M. J. (2005) *Insect diversity conservation*. Cambridge University Press. Cambridge.

SINGER, M. C. & PARMESAN, C. (2010) Phenological asynchrony between herbivorous insects and their hosts: signal of climate change or pre-existing adaptive strategy? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **365** (1555): 3161-3176.

SOULÉ, M. E. & WILCOX, B. A. (1980) *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective*. Sinauer. Sunderland, Massachusetts.

STORK, N. E., MCBROOM, J., GELY, C., & HAMILTON, A. J. (2015) New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112** (24): 7519-7523.

THUILLER, W., ALBERT, C., ARAÚJO, M. B., BERRY, P. M., CABEZA, M., GUISAN, A., HICKLER, T., MIDGLEY, G. F., PATERSON, J., SCHURR, F. M., SYKES, M. T. & ZIMMERMANN, N. E. (2008) Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **9** (3): 137-152.

TRIVIÑO, V., ESCUDERO, C. M., MARTÍNEZ, I., VARGAS, S. M., PIRES, P., GASTÓN, J., CORLEY, M. F. V., RIETZ, H., FIBIGER, M. & YELA, J. L. (2010) Expansion of distribution area following climate change

versus increasing knowledge accuracy: the case of *Earias albovenosana* in the Iberian Peninsula (Lepidoptera: Noctuidae: Nolinae). *Entomologia Generalis*, **32** (3): 181-192.

TRIVIÑO, V., ESCUDERO, C. M., VARGAS, S. M. & YELA, J. L. (2009) *Earias albovenosana* (Oberthür, 1917) (Lepidoptera, Noctuidae, Nolinae) en la Península Ibérica: ¿expansión reciente del área de distribución o incremento rápido del conocimiento? *XXVI Jornadas de la Asociación española de Entomología*, 12 al 15 de septiembre de 2009. Granada.

VIEDMA, M. G. DE (1971) Spanish Entomology: past and present. *The Michigan Entomologist*, **4** (4): 97-104.

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** (11): 1138-1146.

YELA, J. L. (2000) La Entomología ibérica del tercer milenio: razones para un cierto optimismo (o "las cosas no son como son, sino como hacemos que sean"). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **27**: 181-185.

YELA, J. L. (2002) The internal genitalia as a taxonomic tool: description of the relict endemic moth, *Coranarta restricta* sp. n., from the Iberian Peninsula (Lepidoptera: Noctuidae: Hadeninae). *Entomologica Fennica*, **13** (1): 1-12.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Problemática sanitaria de la sobreabundancia de ungulados silvestres e interacción con el cambio climático

Pelayo Acevedo, Joaquín Vicente, Christian Gortázar
Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos, IREC (UCLM-CSIC-JCCM). Ronda de Toledo 12, 13071 Ciudad Real, España

Introducción y situación actual

Es conocido el marcado aumento que están experimentando las poblaciones de ungulados silvestres en Europa (Apollonio et al. 2010), y Castilla-La Mancha no es una excepción. Los cambios ambientales acontecidos en las últimas décadas y la gestión efectuada con intereses cinegéticos se apuntan como las principales causas de dicha expansión (Acevedo et al. 2011). Actualmente, las densidades que están alcanzando localmente muchas de estas especies son insostenibles y, en tales situaciones, son frecuentes y diversos los conflictos, que afectan a sectores tan diversos como la conservación, la seguridad vial, la agricultura, la sanidad animal y la salud pública (p.ej. Gortázar et al. 2006; Perea et al. 2014).

Existe una estrecha relación entre la abundancia de las poblaciones silvestres y su estatus sanitario (ver Gortázar et al. 2006). Pero esta relación no es sólo una cuestión de números, sino también de su uso del espacio; la agregación de los individuos en la población se ha mostrado incluso más relevante explicando el estatus sanitario de los silvestres que la abundancia (Acevedo et al. 2007; Laguna et al. 2018). Esto es debido a que la agregación tiene un reflejo más directo en las tasas de contacto entre individuos que la abundancia. La agregación de los individuos en una población obedece a rasgos intrínsecos de la especie (p.ej., gregarismo), pero también a factores reguladores como la distribución de recursos en el medio (agua, alimento, refugio), que a su vez puede estar modulada por las condiciones ambientales y además, en el caso de poblaciones sujetas a extracción por caza, por el manejo y gestión.

El cambio global en general y el cambio climático en particular están modulando la tendencia de los ungulados silvestres y su comportamiento. Por un lado, los cambios en el clima y en los usos del suelo están favoreciendo la expansión de los ungulados Ibéricos (Acevedo et al. 2011). Pero, por otro, la severidad de los veranos está alterando el comportamiento espacial de los individuos, potenciando la agregación en torno a recursos limitantes (Barasona et al. 2014). Todo ello contribuye a dibujar un escenario, el actual, en el que muchas poblaciones de ungulados tienden a la sobreabundancia y la circulación de patógenos emergentes o re-emergentes supone un riesgo importante, tanto para la propia conservación de la fauna silvestre (Gortázar et al. 2010), como para la sostenibilidad de la ganadería extensiva (Gortázar et al. 2015) e incluso para la salud pública (Estrada-Peña et al. 2010).

Efectos constatados

El caso de la tendencia temporal de la tuberculosis en ciervo (*Cervus elaphus*) y jabalí (*Sus scrofa*) en la provincia de Ciudad Real es un buen ejemplo para ilustrar este proceso (ver detalles en Vicente et al. 2013). La tuberculosis es una enfermedad crónica causada por la infección con bacterias del complejo *Mycobacterium tuberculosis* que además es endémica en el centro-sur de España. Para poder comprender la dinámica temporal de esta infección es necesario disponer de una serie temporal larga de datos, idealmente para amplios territorios. En este contexto, se planteó un estudio con el que valorar los determinantes de la prevalencia de tuberculosis en las poblaciones de ciervo y jabalí de la provincia de Ciudad Real, incluyendo factores individuales, poblacionales y ambientales.

Entre las temporadas 2000-2001 y 2011-2012 se muestrearon 2759 ciervos y 2562 jabalíes cazados en 47 terrenos cinegéticos de la provincia. Cada animal fue necropsiado en campo, prestando especial atención a la presencia de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis. La inspección se cen-

tró, aunque no se restringió, a los linfonodos y órganos de las cavidades torácica y abdominal (Martín-Hernando et al. 2010). Las lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis sin confirmación por cultivo microbiológico se emplean como una herramienta diagnóstica en estudios a gran escala, con un elevado número de muestras, en los que el coste del laboratorio sería inasumible en el caso de pretender confirmación (Santos et al. 2015). Además, cuando las lesiones compatibles con tuberculosis aparecen en varias regiones anatómicas (por ejemplo, región cervical más región torácica), indican generalización de la enfermedad y con ello, mayor probabilidad de excreción de bacterias (Barasona et al. 2017). Cada uno de los 47 terrenos cinegéticos fue categorizado en función del manejo que hacían de las poblaciones. Además, los rendimientos cinegéticos anuales de ciervo y jabalí fueron usados como indicadores de la abundancia relativa de las poblaciones. Finalmente, y dado que la precipitación afecta la dinámica de las poblaciones en ambientes mediterráneos (p.ej. Peláez et al. 2017), cada temporada fue caracterizada mediante la precipitación total caída entre septiembre del año anterior y agosto.

Los resultados han mostrado que las prevalencias de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis (%) para ciervo fueron mucho menores que las de jabalí (9.4±0.6 vs 59.0±1.0). Las prevalencias anuales en ambas especies no estuvieron asociadas (rho=0.32, p=0.308, n=12), pero si los rendimientos cinegéticos y prevalencia de lesiones compatibles (rho=0.84, p<0.001, n=12; Figura 1). En relación a los modelos de riesgo individual de lesiones compatibles con tuberculosis en jabalí se evidenció un aumento de la probabilidad de presentar lesiones entre la temporada 2000-2001 y 2011-2012, alcanzando tasas de 0.7 (F=1.92, gl=2521, p=0.03). Durante el periodo de estudio se pudo apreciar la existencia de tres eventos epidémicos de aproximadamente 4 años de duración (Figura 1). El modelo para jabalí también indicó un mayor riesgo en las poblaciones más manejadas que en las poblaciones abiertas (F=4.8, gl=2482, p=0.03), aunque la prevalencia fue elevada en ambos tipos de manejo (siempre por encima del 50%), y que los rendimientos cinegéticos estaban significativamente relacionados con la prevalencia de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis. Desde el punto de vista ambiental, el modelo evidenció una relación estadísticamente significativa y negativa entre la precipitación y la presencia de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis de tipo generalizado, es decir, afectando a varias regiones anatómicas (Figura 2; F=14.6, gl=2482, p<0.001). Con respecto al ciervo, los análisis mostraron la inexistencia de una clara tendencia temporal en la prevalencia de lesiones compatibles con tuberculosis (F=0.41, gl=2551, p=0.95; Figura 1). Al igual que en el caso del jabalí, la probabilidad de lesiones compatibles en poblaciones de ciervo manejadas fue significativamente más elevada que en las que carecían de manejo intensivo (F=7.2, gl=2465, p<0.001).

Los resultados obtenidos de este estudio correlacional deben ser considerados por los gestores poblacionales y sanitarios de los ungulados silvestres en el centro y sur de España. El estudio evidencia que las densidades poblacionales de ciervo y jabalí en los terrenos cinegéticos de la provincia de Ciudad Real están probablemente por encima de los niveles admisibles, al menos cuando se utiliza como indicador la prevalencia de tuberculosis, particularmente en aquellos con manejos más intensivos. Además, el problema sanitario dista de estar en proceso de control a tenor de las tendencias detectadas tanto en las abundancias poblacionales como en los niveles de prevalencia de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis. La estrecha relación detectada entre dichas tendencias y el clima hace pensar que el problema no se solucionará si no se interviene. Parece urgente controlar la transmisión de la enfermedad en las poblaciones silvestres y, muy especialmente, en la interfase entre la fauna silvestre y el ganado doméstico. Para ello, el aumento de la presión cinegética (o al menos de su eficacia), la regulación de prácticas como la alimentación suplementaria, particularmente en años secos, y las buenas prácticas cinegéticas se podrían considerar los tres pilares iniciales sobre los que construir la solución al problema.

Previsión de futuro

Las tendencias poblacionales observadas, junto a la equivocada percepción negativa de la caza por una parte de la población, hacen pensar que las poblaciones de ungulados seguirán fuera de control

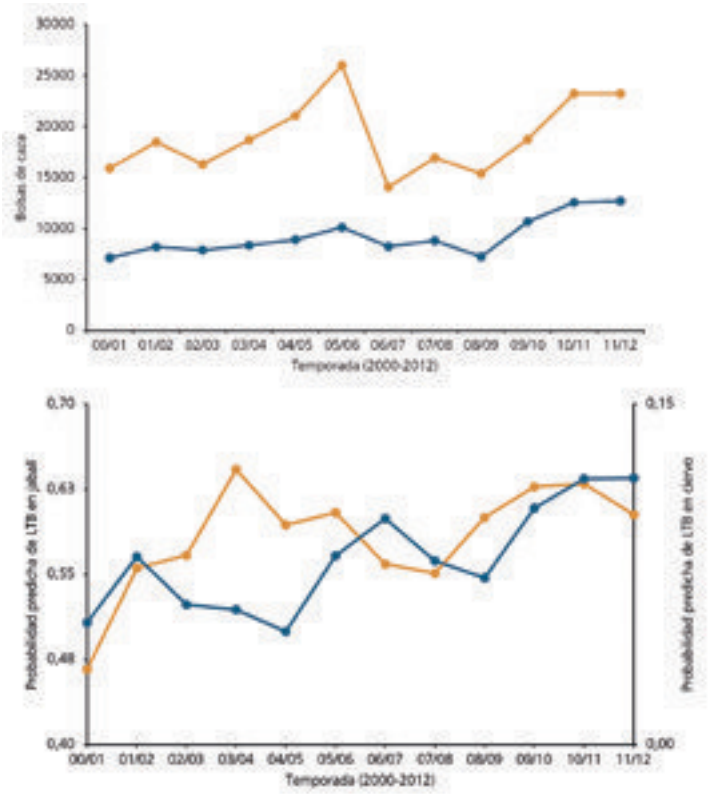


Figura 1.: (a) Bolsas de caza anuales para jabalí (azul) y para ciervo (naranja) entre las temporadas 2000 y 2012 en la provincia de Ciudad Real. (b) Probabilidad predicha de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis (LTB) en jabalí y ciervo durante el mismo periodo. Adaptada de Vicente et al. (2013).

y los problemas que ellas pudieran causar, incluidos los sanitarios, no harán más que acentuarse. La caza deportiva que se realiza en la mayor parte de los territorios cinegéticos peninsulares no es capaz de controlar las poblaciones. Así, la abundancia de jabalíes ha aumentado unas diez veces en los últimos 30 años (J.L. Garrido, Real Federación de Caza, com. pers.). En toda Europa, existe un insuficiente reclutamiento de nuevos cazadores, que redunda en una disminución progresiva de aficionados (Massei et al. 2015). En España, estudios recientes muestran que si la caza cesase, las poblaciones de algunas especies-problema como el jabalí se dispararían (Quirós-Fernandez et al. 2017).

El centro y sur peninsular tiene peculiaridades debidas al hábitat y la climatología, así como a los usos del suelo. La caza comercial, realizada en los terrenos cinegéticos más manejados, potencia la abundancia de las poblaciones para así generar mayores rendimientos cinegéticos sin en ocasiones atender a los efectos que dichas abundancias pueden acarrear sobre los ecosistemas. En espacios naturales protegidos es la falta de caza (la mejor forma de lograr una extracción suficiente) lo que propicia situaciones de sobreabundancia con graves consecuencias sanitarias y ambientales. En ambos casos se vislumbra un futuro próximo en el que se tendrán que dirigir esfuerzos para establecer medidas efectivas para controlar la abundancia poblacional de estas especies tan ubicuas.

Soluciones. Medidas de adaptación y mitigación

El problema de la sobreabundancia poblacional de ungulados afecta a diferentes sectores (cinegético, ganadero, espacios protegidos, etc.) y, por tanto, cabría pensar que las soluciones y medidas para su control deban ser específicas para cada uno de ellos. En el caso de la expresión del problema en Castilla-La Mancha, los principales problemas que acarrea la sobreabundancia son de índole sanitario. Los problemas sanitarios pueden tener un reflejo directo en el estado de las propias poblaciones silvestres y, de manera muy relevante, en el estado sanitario y por tanto rendimiento del ganado extensivo que habita las dehesas. Para el control de la enfermedad en el compartimento silvestre se propone la reducción de la densidad poblacional e intensificar las restricciones en materia de gestión, principalmente de aquellas acciones que supongan un aumento en la agregación de animales (Boadella et al. 2011). En cuanto al control en la interfase, los programas de bioseguridad en los que se recomiendan intervenciones con las que reducir el contacto entre domésticos y silvestres en puntos de riesgo se han mostrado eficaces para segregar la actividad de ambos grupos de especies y con ello reducir la incidencia de TB en los domésticos (Barasona et al. 2013). El uso y generalización de los programas de bioseguridad, promovidos por proyectos de investigación del Ministerio y liderados por la Universidad de Castilla-La Mancha, podrá contribuir a la convivencia sanitariamente más segura entre domésticos en extensivo y silvestres en estos ambientes.

Visión del autor. Reflexión

El problema de la sobreabundancia de ungulados silvestres es un aspecto de gran relevancia ecológica, económica y social. Este capítulo se ha centrado en un escenario concreto de la sobreabundancia, pero existen muchos otros escenarios a lo largo de toda Europa. En España, por ejemplo, el problema de la sobreabundancia de ungulados silvestres es evidente en ciudades, en espacios protegidos y en algunos terrenos cinegéticos. En todos los casos expuestos, al riesgo sanitario que implica el tener poblaciones sobreabundantes habría que añadirle otros muchos que afectan a estos escenarios singulares, como podrían ser los problemas de seguridad vial, los daños a la agricultura y las amenazas para la conservación. La sobreabundancia de ungulados silvestres es un problema que va más allá de la gestión cinegética y que urge estudiar a fondo para desarrollar herramientas efectivas con las que mitigar sus efectos, ya que es un problema que, podríamos decir, acaba de ser identificado como tal por la sociedad.

Bibliografía

ACEVEDO P, FARFÁN MA, MÁRQUEZ AL, DELIBES-MATEOS M, REAL R, VARGAS JM (2011) Past, present and future of wild ungulates in relation to changes in land use. Landscape Ecology 26: 19-31.

APOLLONIO M, ANDERSON R, PUTMAN R (2010) European Ungulates and their Management in the 21st Century. Cambridge University Press, Cambridge.

BARASONA JA, VERCAUTEREN KC, SAKLOU N, GORTÁZAR C, VICENTE J (2013) Effectiveness of cattle operated bump gates and exclusion fences in preventing ungulate multi-host sanitary interaction. Preventive Veterinary Medicine 111: 42-50.

BARASONA JA, LATHAM MC, ACEVEDO P, ARMENTEROS JA, LATHAM ADM, GORTÁZAR C, CARRO F, SORIGUER RC, VICENTE J (2014) Spatiotemporal interactions between wild boar and cattle: implications for cross-species disease transmission. Veterinary Research 45:122.

BARASONA JA, TORRES MJ, AZNAR J, GORTÁZAR C, VICENTE J (2017) DNA detection reveals Mycobacterium tuberculosis complex shedding routes in its wildlife reservoir the Eurasian wild boar. Transboundary Emerging Diseases 64: 906-915.

BOADELLA M, GORTÁZAR C, ACEVEDO P, CARTA T, MARTÍN-HERNANDO MP, DE LA FUENTE J, VICENTE J (2011) Six recommendations for improving monitoring of diseases shared with wildlife: examples regarding mycobacterial infections in Spain Eur J Wildl Res 57:697–706

ESTRADA-PEÑA A, FARKAS R, JAENSON TGT, MADDER M, PASCUCCI I, TARRÉS-CALL J (2010) Scientific opinion on the Role of Tick Vectors in the Epidemiology of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever and African Swine Fever in Eurasia: EFSA Panel on Animal Health and Welfare. EFSA Journal, 8, 1703.

GORTÁZAR C, ACEVEDO P, RUIZ-FONS F, VICENTE J (2006) Disease risks and overabundance of game species. European Journal of Wildlife Research 52: 81-87.

GORTÁZAR C, FERROGLIO E, LUTTON CE, ACEVEDO P (2010) Disease-related conflicts in mammal conservation. Wildlife Research 37: 668-675.

GORTÁZAR C, DIEZ-DELGADO U, BARASONA JA, VICENTE J, DE LA FUENTE J, BOADELLA M (2015) The wild side of disease control at the wildlife-livestock-human interface: a review. Frontiers in Veterinary Science, 14.

LAGUNA E, BARASONA JA, TRIGUERO-OCAÑA R, MULERO-PÁZMÁNY M, NEGRO JJ, VICENTE J, ACEVEDO P (2018) The relevance of host overcrowding in wildlife epidemiology: A new spatially explicit aggregation index. Ecological Indicators 84: 695-700.

MARTÍN-HERNANDO MP, TORRES MJ, AZNAR J, NEGRO JJ, GANDÍA A, GORTÁZAR C (2010) Distribution of lesions in red and fallow deer naturally infected with *Mycobacterium bovis*. Journal of Comparative Pathology 142: 43-50.

MASSEI G, KINDBERG J, LICOPPE A, GACIC D, ŠPREM N, KAMLER J, BAUBET E, HOHMANN U, MONACO A, OZOLINŠ J, CELLINA S, PODGÓRSKI T, FONSECA C, MARKOV N, POKORNY B, ROSELL C, NÁHLIK A (2015) Wild boar populations up, numbers of hunters down? A review of trends and implications for Europe. Pest Management Science 71: 492-500.

PELÁEZ M, SAN MIGUEL A, RODÍGUEZ-VIGAL C, PEREA C (2017) Climate, female traits and population features as drivers of breeding timing in Mediterranean red deer populations. Integrative Zoology 12: 396-408.

PEREA R, GIRARDELLO M, SAN MIGUEL A (2014) Big game or big loss? High deer densities are threatening plant diversity and vegetation dynamics. Biodiversity and Conservation 23: 1303-1318

QUIRÓS-FERNANDEZ F, MARCOS J, ACEVEDO P, GORTÁZAR C (2017) Hunters serving the ecosystem: the contribution of recreational hunting to wild boar population control. European Journal of Wildlife Research 63:57.

SANTOS N, SANTOS C, VALENTE T, GORTÁZAR C, ALMEIDA V, CORREIA-NEVES M (2015) Widespread Environmental Contamination with *Mycobacterium tuberculosis* Complex Revealed by a Molecular Detection Protocol. PLoS ONE10(11): e0142079.

VICENTE J, BARASONA JA, ACEVEDO P, RUIZ-FONS F, BOADELLA M, DIEZ-DELGADO I, BELTRAN-BECK B, GONZALEZ-BARRIO D, QUEIRÓS J, MONTORO V, DE LA FUENTE J, GORTÁZAR C (2013) Temporal Trend of Tuberculosis in Wild Ungulates from Mediterranean Spain. Transboundary and Emerging Diseases 60: 92-103.

Capítulo 4

En la socioeconomía

Efectos del cambio climático en la ganadería

Manuel Ramón Fernández; Mª Dolores Pérez-Guzmán Palomares; Ramón Arias Sánchez
CERSYRA – IRIAF. Av. Del Vino 10, 13.300. Valdepeñas. Ciudad Real

Introducción

A día de hoy parecen evidentes las consecuencias negativas derivadas del cambio climático, como se refleja en la creciente preocupación existente a nivel mundial sobre este fenómeno. Así, son muchos los recursos y esfuerzos destinados a comprender mejor dichas consecuencias, habiéndose desarrollado un gran número de estudios sobre este tema en la última década. En la actualidad se reconoce de forma general que el cambio climático conlleva un amplio rango de consecuencias biológicas negativas, lo que se traduce en un impacto claro sobre la biodiversidad. Estas consecuencias biológicas son especialmente evidentes en zonas con condiciones ambientales adversas, como las regiones áridas del sur de Europa, donde las condiciones de temperatura y humedad son más extremas, y en las cuales se desarrolla una actividad agrícola y ganadera importantes. Este es el caso de nuestra región, Castilla-La Mancha, en donde los sectores agrícola y ganadero contribuyen de forma fundamental a la economía de la región, estableciéndose sinergias entre ambos orientadas a garantizar la sostenibilidad de dichos sectores, y para los cuales una disminución productiva derivada de un escenario futuro de calentamiento global podría comprometer dicha sostenibilidad. Tal es así, que el cambio climático se considera un eje prioritario en nuestra región, habiéndose puesto en marcha diversas líneas de financiación dirigidas a conocer los efectos de este fenómeno y a proponer medidas de actuación que permitan hacer frente al mismo para asegurar la sostenibilidad del sector a medio y largo plazo.

Efectos del cambio climático sobre la ganadería.

Cuestiones generales

El estrés por calor (EC) se produce cuando la temperatura corporal excede el rango de temperaturas que en cada especie determina su actividad normal, resultando en una carga calórica total (proveniente de la producción interna y del ambiente) que sobrepasa la capacidad de disipación (Bernabucci et al., 2010). El umbral de temperatura por encima del cual se produce dicho EC varía con las especies y depende de las condiciones de humedad y viento que acompañan a la temperatura, factores que a su vez vienen condicionados por las condiciones de alojamiento y manejo a las que están expuestas los animales.

Las consecuencias de este EC se manifiestan a nivel intracelular, metabólico hormonal y fisiológico, observándose una disminución de la ingesta de alimento y un aumento de la temperatura corporal y del ritmo respiratorio y cardiaco, un descenso de la producción, un deterioro de la capacidad reproductiva y alteraciones inmunológicas entre otros. Estas consecuencias pueden verse agravadas en animales de razas especializadas con rendimientos productivos altos como es el caso de la raza Holstein, en la cual suele existir un gasto metabólico muy alto asociado a la actividad productiva que puede comprometer los mecanismos de termorregulación, además de contribuir al estrés calórico *per sé*. De forma general, se ha descrito como los efectos del EC sobre la producción lechera se manifiestan en una disminución de la cantidad y calidad de la producción con una caída de los contenidos graso y proteico de la misma, una alteración del perfil de ácidos grasos en leche y un aumento del contenido de células somáticas entre otros. Trabajos similares se han llevado a cabo acerca de los efectos del EC sobre la producción de carne en vacuno, cerdos y pollos observándose una disminución de la tasa de conversión de alimento y del peso corporal y una alteración de la composición y calidad organoléptica de la carne. Los efectos del EC son especialmente críticos sobre las ratios de concepción en las cubriciones realizadas en los meses de verano. Estos fallos reproductivos se han asociado a muerte embrionaria si bien un descenso de los niveles de LH o un aumento patológico de los niveles de prolactina y progesterona también podrían ser los causantes de dichas pérdidas. Además

de los efectos directos que el EC tiene sobre los animales, existe un efecto indirecto consecuencia del deterioro en la cantidad y calidad de los pastos, así como su palatabilidad y digestibilidad lo que también se refleja en una caída productiva.

Las consecuencias económicas derivadas del EC son importantes. St Pierre *et al.* (2003) cuantificaron las pérdidas productivas y reproductivas en explotaciones de ganado vacuno lechero en los distintos estados de EE.UU. En el estado de Arizona, con unas condiciones de humedad y temperatura son similares a las del sur de la península ibérica, las pérdidas en producción lechera se cifran en unos 730 kg/vaca/año y en rendimiento reproductivo en un incremento de unos 24 días entre parto y concepción (DPC) debidas al estrés por calor. Si asumimos un precio medio de la leche en España de 32 céntimos/kg (varias fuentes) y un coste económico de cada día de aumento de intervalo entre partos de 4.5 €/día y año (González-Recio et al., 2004), las pérdidas por vaca y año podrían superar los 300€ por los dos conceptos mencionados. En la población Frisón-Holstein de Cataluña, se han llevado a cabo estudios a este respecto, cuantificando el impacto negativo del estrés por calor en la tasa de concepción con una disminución que oscila entre un 20 y un 50% para inseminaciones llevadas a cabo con temperaturas superiores a 26ºC y un incremento en pérdidas embrionarias del 5 al 16% por cada unidad adicional del índice de temperatura-humedad (THI) a partir del umbral de tolerancia a EC. (García-Ispierto et al. 2006; Santolaria et al., 2010). Asimismo, estos autores observaron como el impacto negativo que puede tener el EC sobre la fertilidad se agrava bajo estados fisiológicos más exigentes nutricionalmente, como es la lactancia.

Los estudios de la repercusión del EC en otras especies de rumiantes son escasos, pero es reconocido que la resistencia al EC es superior en ganado caprino que en ovino y en éste superior al ganado vacuno, debido a las diferencias morfológicas y fisiológicas entre especies relacionadas con la disipación de calor (Bernabucci et al., 2010). Sin embargo, se sabe que, aunque variable entre razas, el aumento de la temperatura y la humedad por encima de determinados umbrales también afecta a la productividad en pequeños rumiantes (Silanikove, 2000). En razas de pequeños rumiantes explotadas en España, encontramos estudios realizados por Romero et al., (2008) y Menéndez-Buxadera et al. (2012) en razas caprinas autóctonas y por Ramón et al. (2014) en ovino, donde se constata un efecto del EC sobre la producción de leche, en lo que se refiere a su contenido en grasa y proteína, si bien no en volumen de leche.

El sector ganadero en Castilla-La Mancha

Los efectos derivados del cambio climático (CC) descritos en el apartado anterior son de aplicación para Castilla-La Mancha. Conocedores de esta problemática, en nuestra región y dentro del sector ganadero, se vienen desarrollando desde hace años diversas líneas de investigación dirigidas a profundizar en las causas del CC y proponer medidas de actuación que permitan asegurar la sostenibilidad y eficiencia productiva de la industria ganadera. Al desarrollo de dichas líneas contribuyen activamente la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega (AGRAMA) y el Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal (IRIAF) de Castilla-La Mancha a través del Centro Regional de Selección y Reproducción Animal (CERSYRA), los cuales trabajan estrechamente en el desarrollo de proyectos de investigación en colaboración con otras instituciones científicas nacionales e internacionales acerca de los efectos del calentamiento global sobre el rendimiento productivo y sostenibilidad del sector ganadero.

Fruto de estos estudios, se ha podido estimar en nuestra región las pérdidas económicas y productivas derivadas de la producción a altas temperaturas en los meses de verano, algo característico de CLM. Así, se observó una disminución tanto en la cantidad de leche producida como en su calidad (medida como el porcentaje graso y proteico de la leche, además del contenido de células somáticas). Estas pérdidas comenzaban a observarse a partir de los 20 a 22 ° C de temperatura media diaria, y fueron de 2,50 y hasta 7,00 € del beneficio anual por oveja en el caso de la raza Manchega (Ramon et al. 2016), y de hasta 300 € año derivados de la disminución en la producción de leche y costes

reproductivos para el caso del vacuno de raza Holstein explotado en nuestra región (Carabaño et al. 2014). Asimismo, se evaluaron los efectos de la exposición al estrés por calor sobre la capacidad fértil de los animales. Los resultados mostraron un descenso significativo en la tasa de fertilidad del ovino Manchego en los meses de verano. Este descenso fue debido a un aumento de la mortilidad embrionaria asociado en parte a un deterioro de la estabilidad del ADN espermático como consecuencia de la exposición al EC. Este aspecto que debería tenerse muy en cuenta a la hora de planificar el manejo reproductivo de los rebaños, al tratarse de una especie de ciclo corto en la cual parte de la época reproductiva favorable coincidiría con los meses de más calor en nuestra región.

Estos estudios han permitido, además, evaluar el uso de la mejora genética como herramienta para la obtención de animales más termo-tolerantes, la cual a priori se presenta como una medida eficaz para favorecer la adaptabilidad de los animales a escenarios de cambio climático futuros (Ver punto 2 de este capítulo). Así, se identificó la existencia de una variabilidad individual clara en la respuesta de los animales al estrés por calor, estando parte de esa variabilidad determinada genéticamente. Con el objetivo de precisar más, se realizaron estudios de asociación a genoma completo (GWAS), identificándose alguna región del genoma asociada a la termotolerancia de los animales (Carabaño et al. 2017). En estas regiones se identificaron genes relacionados con la producción (algo esperable dada la correlación negativa existente entre el nivel productivo y la tolerancia al EC), pero también genes que codifican para proteínas tipo HSP (*heat shock proteins*), genes relacionados con la respuesta inmune o con fenómenos respiratorios.

Medidas de actuación frente al cambio climático

Las medidas de actuación propuestas son diversas, y podrían englobarse en tres grandes grupos en función de la diana de acción: (i) medidas de mitigación en las ganaderías, (ii) medidas de adaptación del manejo de los animales, y (iii) aumento de la termotolerancia de los animales.

En el primer grupo de medidas se engloban todas aquellas adaptaciones estructurales que permitan una mejor aclimatación de las instalaciones. Dentro de este grupo encontramos los sistemas de ventilación pasiva y forzada o activa (instalación de ventiladores y humificadores), planificación en la construcción en términos de superficie (carga animal), materiales empleados en la construcción de cubiertas, cerramientos, fachadas, la orientación de las instalaciones (relacionado con factores tales como la dirección y fuerza del viento, horas de insolación, proximidad a focos de calor, etc.), o la existencia de zonas de sombra entre otras.

En un segundo grupo podríamos incluir las estrategias de manejo seguidas para aliviar los efectos del estrés por calor en el individuo. Estas estrategias incluyen, por ejemplo, la adaptación de las rutinas de ordeño a las horas de menos calor o la estacionalidad de partos. En aquellas zonas con temperaturas extremas durante los meses de verano se debería evitar inseminar en el periodo de más calor. Otro grupo de medidas basadas en los patrones de manejo lo constituyen las modificaciones de la dieta ingerida. Se sabe que bajo una situación de EC los rumiantes rechazan la ingesta de forraje, pero continúan ingiriendo concentrado. Modificaciones en la ratio forraje/concentrado o el uso de dietas isocalóricas pueden ayudar a atenuar los efectos del EC sin repercutir en la capacidad productiva de los animales. La suplementación mineral de la dieta o el uso de tratamientos hormonales también han sido descritos como medidas de actuación útiles. Otro aspecto interesante dentro de este grupo de medidas es el uso de dietas específicas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Estos gases juegan un papel esencial en el fenómeno del CC y cualquier medida orientada a reducir su presencia contribuirá de forma efectiva a combatir el CC.

Finalmente, el tercer grupo de medidas englobaría todas aquellas medidas que nos permitiesen caracterizar la termo-tolerancia de los animales y, por tanto, poder seleccionar a los futuros reproductores según dicha tolerancia (Carabaño et al. 2017). El uso de indicadores de la tolerancia individual al EC como criterios de mejora permitiría la selección de aquellos animales más adaptados. Esta mejora debería realizarse, además, teniendo en cuenta la capacidad productiva y reproductiva de los animales pues

es habitual la existencia de correlaciones genéticas negativas entre la tolerancia de los animales al EV y dichas aptitudes. La reciente inclusión de nuevos caracteres indicadores de la exposición a situaciones de estrés y el uso de información genómica se presentan como herramientas muy potentes para lograr este objetivo. Dentro de los nuevos caracteres se están usando biomarcadores plasmáticos indicadores de estrés y el uso de la tecnología MIR (espectros del infrarrojo medio) en el análisis rutinario de la composición de la leche y que igualmente permite identificar marcadores asociados a situaciones de EC. En cuanto al uso de información genómica, está podría usarse para identificar regiones del genoma asociadas a la producción bajo condiciones de EC y que por tanto determinasen en parte la termo-tolerancia de los animales.

Conclusiones

Son muchas las evidencias científicas que presentan al cambio climático como un fenómeno medioambiental muy grave, y las predicciones futuras no son alentadoras. Asimismo, se sabe que la exposición de los animales a situaciones de estrés por calor tiene efectos negativos significativos sobre la producción de los mismos. Dentro de este contexto, se hace necesario profundizar en el estudio de la respuesta individual al estrés térmico. Esto nos permitirá caracterizar de forma adecuada la termo-tolerancia de los animales, lo que podría ser usado como herramienta para la selección de animales más adaptados, así como desarrollar medidas eficaces de actuación frente al estrés por calor.

Referencias

BERNABUCCI, U., LACETERA, N., BAUMGARD, LH., RHOADS, RP., RONCHI, B., NARDONE, A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Animal. 4(7):1167-83.

CARABAÑO, M.J., BACHAGHA, K., RAMÓN, M., DÍAZ, C. 2014. Modeling heat stress effect on Holstein cows under hot and dry conditions. Selection tools. Journal of Dairy Science 97: 1 - 16.

CARABAÑO, MJ., RAMÓN, M., DÍAZ, C., MOLINA, A., PÉREZ-GUZMÁN, MD., SERRADILLA, JM. 2017. Breeding for resilience to heat stress effects in dairy rumminants. A comprehensive review. J. Ani. Sci. DOI: 10.2527/jas.2016.1114

GARCÍA-ISPIERTO, I., LÓPEZ-GATIUS, F., SANTOLARIA, P., YÁÑIZ, JL., NOGAREDA, C., LÓPEZ-BEJAR, M., DE RENSIS, F. 2006. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. Theriogenology, 65(4):799-807

GONZÁLEZ-RECIO, O., PÉREZ-CABAL, M. A., ALENDA, R.. 2004. Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish dairy cattle. J. Dairy Sci. 87:3053–3061.

MENÉNDEZ-BUXADERA, A., MOLINA, A., ARREBOLA, F., CLEMENTE, I., SERRADILLA, JM. 2012. Genetic variation of adaptation to heat stress in two Spanish dairy goat breeds. J. Anim. Breed. Genet. 129:306-315. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2011.00984.x RAMÓN, M., DÍAZ, C., PÉREZ-GUZMÁN, MD., CARABAÑO, MJ. 2016. Effect of exposure to adverse climatic conditions on production in Manchega dairy sheep. J. Dairy. Sci. 99(7):5764-79

ROMERO, F., MOLINA, A., GONZÁLEZ, O., CLEMENTE, I., ARREBOLA, F., MENÉNDEZ-BUXADERA, A. 2008. Resultados preliminares del efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la producción de leche y sus componentes en cabras de raza Payoya. In Proceedings of the XIV Reunión Nacional de Mejora Genética Animal; 19 y 21 June 2008; Sevilla, Spain. ITEA. 104(2):243-248.

SANTOLARIA P, LÓPEZ-GATIUS F, GARCÍA-ISPIERTO I, BECH-SÀBAT G, ANGULO E, CARRETERO T, SÁNCHEZ-NADAL JA, YÁNIZ J. 2010. Effects of cumulative stressful and acute variation episodes

of farm climate conditions on late embryo/early fetal loss in high producing dairy cows. Int. J. Biometeorol. 54(1):93-8.

SILANIKOVE, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science 67: 1–18.

ST-PIERRE, N. R., COBANOV, B., SCHNITKEY, G. 2003. Economic losses from heat stress by us livestock industries. Journal of Dairy Science 86(E. Suppl.): E52–E77.



mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Cambio climático y fisiología reproductiva

Manuel Ramón Fernández [1] , Magdalena Serrano Noreña [2] , Ana Josefa Soler Valls [3] , María del Rocío Fernández Santos [3] , José Julián Garde López-Brea [3]
[1] *CERSYRA – IRIAF. Av. Del Vino 10, 13.300. Valdepeñas. Ciudad Real*
[2] *Dpto. Mejora Genética Animal. INIA. Crta de A Coruña Km. 7,5. 28040. Madrid*
[3] *Grupo SaBio. CSIC-UCLM- JCCM.*

Introducción

Ante la preocupación suscitada por las consecuencias negativas derivados del cambio climático (CC), son muchos los estudios que se han realizado para tratar de comprender mejor dichas consecuencias. De forma general, el cambio climático conlleva un amplio rango de consecuencias biológicas negativas con un impacto claro sobre la biodiversidad. A nivel individual, dichas consecuencias se manifiestan a nivel celular, metabólico y fisiológico. Una de las funciones fisiológicas que más afectada se ve es la función reproductiva. Se ha descrito como la exposición a altas temperaturas puede afectar a la intensidad y duración del celo, producir alteraciones del desarrollo folicular, una disminución de la fertilidad y afectar al desarrollo embrionario (Jordan, 2003).

La intensificación de los sistemas de producción, con animales cada vez más productivos y niveles de manejo mucho más altos también ha contribuido a que los efectos del estrés por calor sean más evidentes. Es conocida la existencia de una relación negativa entre el nivel productivo con la fertilidad, habiéndose observado cómo, si bien los programas de cría han llevado a un aumento productivo importante, este ha venido acompañado con una reducción de las tasas de fertilidad. La necesidad de satisfacer la alta demanda de mercado ha hecho que los ciclos productivos y reproductivos tengan lugar a lo largo de todo el año, fuera de la época reproductiva favorable de cada especie y en épocas en las que las condiciones ambientales son desfavorables (épocas muy calurosas o muy frías). La intensificación en el manejo reproductivo ha llevado a una reducción de los tiempos entre partos, y a que los animales sean cubiertos cuando se encuentran en su máximo productivo.

Los efectos negativos del CC sobre la fisiología reproductiva tienen consecuencias directas sobre la rentabilidad de los sistemas de producción: incremento de los costes de producción, menor productividad y menores ingresos, menor respuesta genética. Es, por tanto, necesario profundizar en el estudio de los efectos negativos derivados del CC que nos permita valorar las consecuencias económicas derivadas y, sobre todo, proponer medidas de mitigación y lucha frente al CC.

Efectos del CC sobre la fisiología reproductiva. Conceptos generales

Efectos sobre la fisiología reproductiva del macho, la espermatogénesis y espematozoides

La temperatura juega un papel fundamental sobre la producción de espermatozoides. En mamíferos, los testículos se encuentran alojados en la bolsa escrotal, fuera del cuerpo para mantener una temperatura menor (1–3 ° C menos). Dicha bolsa escrotal, además, cuenta con un sistema arterial y venoso importantes y un sistema muscular que intervienen conjuntamente para mantener la temperatura de los testículos dentro de los límites fisiológicos normales que permiten la correcta producción de espermatozoides. Esta menor temperatura es necesaria para el óptimo funcionamiento de las enzimas que intervienen en la espermatogénesis, y por encima de esos valores de temperatura podría darse una inhibición del proceso. Son varios los trabajos que han evaluado los efectos del estrés por calor sobre la producción de espermatozoides. De forma general, la exposición a alta temperaturas y/o humedad lleva a una reducción en el número de espermatozoides y a una alteración en su funcionalidad (Pérez-Crespo et al. 2008; Yaeran et al. 2006) que se traducirá en un periodo de infertilidad parcial o completa. El daño espermático será

mayor dependiendo de la etapa del espermatogénesis en la que se dé la exposición a altas temperaturas (Hales et al. 2005; Paul et al. 2008; Ramon et al. 2014; ver Figura 1), siendo más susceptibles en etapas más avanzadas de la espermatogénesis (Setchell, 2006). Además, tras un periodo de estrés por calor, la viabilidad de los espermatozoides podría no verse comprometida, pero podrían aparecen efectos colaterales como la reducción en la integridad del DNA (Pérez-Crespo et al. 2008; Ramon et al. 2015), alteraciones en ADN, ARN o síntesis de proteínas (Sailer et al. 1997; Banks et al. 2005). Uno de los trabajos que ha estudiado de forma detallada los efectos del estrés por calor sobre los espermatozoides es el realizado por Pérez-Crespo et al. (2008), en ratones. Estos autores observaron como una exposición a altas temperaturas llevaba a una reducción en la concentración y motilidad espermáticas, alteraciones en la integridad del ADN de los espermatozoides y una desviación de la ratio de sexos (espermatozoides portando el cromosoma X o Y).

Efectos sobre la fisiología reproductiva de la hembra, la ovogénesis y ovocitos

Al igual que lo descrito en el punto anterior para la espermatogénesis, diversos estudios han evaluado las consecuencias negativas derivadas del estrés por calor en la ovogénesis. Un aumento de la temperatura corporal durante los primeros 5–6 días del desarrollo de los ovocitos es muy negativo, pudiendo detener su desarrollo. Si este estrés coindice con la maduración y ovulación, los embriones resultantes de la fecundación de estos ovocitos serían más propensos a desarrollarse más lentamente con riesgo de anormalidades (Putney et al. 1989), mostrando además una menor capacidad para alcanzar la etapa de blastocisto (Zeron et al., 2001; Al-Katanani et al., 2002). La exposición a altas temperaturas también afecta a la actividad endometrial secretora y al desarrollo folicular, con folículos de menos tamaño y alteración de la dominancia del folículo dominante pudiendo resultar en ovocitos envegecidos (Wolfenson et al. 2000). Los cambios en el sistema endocrino se manifiestan con una reducción de los niveles de estradiol, niveles plasmáticos de LH y disminución en la secreción de progesterona (Wilson et al. 1998) y que llevan a una disminución de la duración e intensidad del celo, un aumento de la incidencia de anoestros y problemas de implantación embrionaria (Gwazdauskas et al., 1981; Wolfenson et al., 1988).

Efectos sobre la fecundación y desarrollo embrionario

Los efectos del estrés por calor sobre el proceso de fecundación y desarrollo embrionario vendrán derivados, en parte, por los efectos negativos sobre los gametos descritos anteriormente. Así, un aumento de la fragmentación del ADN espermático, una alteración de los niveles hormonales y un desarrollo anómalo de los ovocitos tendrá consecuencias negativas sobre la fecundación y desarrollo embrionario. Se ha descrito que el estrés por calor produce retardo en el desarrollo embrionario y degeneración del embrión (Yaeram et al. 2006). Una de las medidas de fertilidad que más se ha estudiado en relación con el estrés por calor es la tasa de concepción (Schüller et al. 2014). Así, la exposición a altas temperaturas puede reducir la tasa de concepción por encima de un 20% (Garcia-Ispierto et al., 2007), siendo esta pérdida mayor en aquellas especies o razas con niveles productivos más altos y, por tanto, con demandas energéticas mayores, como ocurre en el vacuno lechero de raza Frisona. Los efectos del estrés por calor sobre la fecundación dependerán del momento de la fecundación en el que se produzca dicho estrés. Morton et al. (2007) describieron como momentos más susceptibles el periodo comprendido entre las cuatro semanas anteriores a la concepción y la semana posterior a esta, con disminuciones de la tasa de concepción de hasta un 30% para valores de THI (índice que combina temperatura y humedad relativa del aire) por encima de 72 (en escala Farenheit, equivalente a 22 en escala Celsius). Garcia-Ispierto et al. (2007), por su parte, observaron como exposiciones a altas temperaturas en los días 40 a 50 posteriores a la concepción podrían llevar asimismo a perdidas fetales de hasta un 10%.

Efectos del cc sobre la fisiología reproductiva. Estudios en Castilla-La Mancha

Castilla-La Mancha es una región en donde los sectores agrícola y ganadero contribuyen de forma fundamental a la economía de la región. Desde un punto climatológico, esta región se caracteriza por temperaturas extremas, con inviernos fríos y veranos muy calurosos, con un promedio de temperaturas máximas por encima de 30ºC en los meses de julio y agosto (AEMET, 2011), y se espera que estas condiciones empeoren como consecuencia del CC (Segnalini et al., 2013.).

Estos dos aspectos, las características climáticas de esta región y la importancia económica del sector primario, han hecho que en los últimos años varios grupos de investigación de la región se hayan centrado en el estudio de los efectos del CC sobre las producciones, en la evaluación de las pérdidas económicas asociadas a dichos efectos y en el desarrollo de estrategias de lucha frente al CC. Centrándonos en el tema de este capítulo, existen trabajos que han evaluado la respuesta de los machos al estrés por calor, desde un punto de vista de la reproducción y en animales de raza ovina Manchega (Ramon et al. 2015; Salces-Ortiz et al. 2015). Los resultados de estos trabajos observaron como una exposición a condiciones de estrés por calor producía fragmentación del ADN espermático, lo que se traducía en una disminución de la fertilidad. Otra conclusión de estos trabajos es que la mayor fragmentación del ADN se produce a finales del verano, coincidiendo con la época reproductiva favorable a partir del ovino, por lo que las consecuencias económicas derivadas del estrés por calor podrían ser cuantiosas. Por último, estos autores observaron que no todos los animales respondían de igual forma al calor, identificando animales más tolerantes y animales más sensibles. Esta mayor o menor termosensibilidad se explicaba, en parte, por las diferencias individuales existentes en el promotor del gen HSP90AA1 que codifica para la proteína *Hsp90* (HSP=*Heat Shock Protein*), lo que resultó muy interesante pues abre la posibilidad a seleccionar animales más termotolerantes y, por tanto, menos susceptibles a los efectos del estrés por calor.

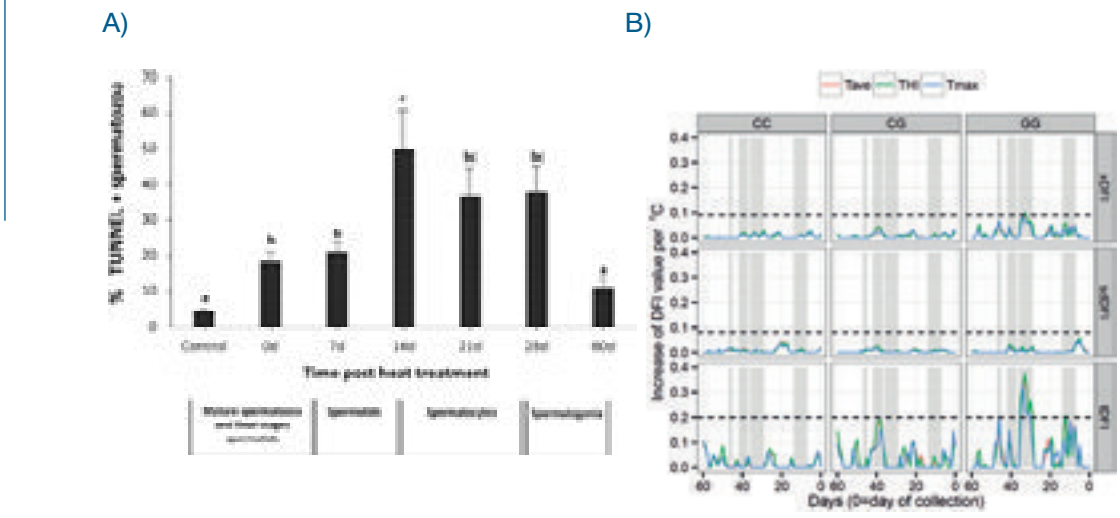


Figura 1.: Periodos de la espermatogénesis con mayor susceptibilidad a los efectos del estrés por calor en ratones (A; Pérez-Crespo et al. 2008) y ovino Manchego (B; Ramón et al. 2014)

Medidas de actuación

Las consecuencias negativas del estrés por calor sobre la fisiología reproductiva de los animales tienen un impacto directo sobre sistemas de producción: incremento de los costes de producción, menor productividad y menores ingresos, menor respuesta genética, etc. Es por tanto esencial conocer en detalle los mecanismos por los que las alta temperaturas afectan a la fisiología reproductiva de los animales como paso previo para proponer medidas de mitigación de dichos efectos.

El uso de sistemas de climatización en granjas es una medida eficaz para combatir las altas temperaturas. También se proponen cambios nutricionales durante los meses de más calor, con acceso libre al agua y suplementando electrolitos, vitaminas, nutrientes. En aquellas regiones en las que la temperatura y/o humedad relativa fuesen muy elevadas durante los meses de verano, se podrían proponer cambios en los calendarios de cubrición evitando esas épocas. Otros autores proponen el uso de monta natural en lugar de inseminación artificial durante las épocas de más calor.

Referencias

AEMET (AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA). 2011. Iberian Climate Atlas. Air temperature and precipitation (1971–2000). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Instituto de Meteo- rologia de Portugal. Accessed Dec. 20, 2013 http://www.AEMET.es/ documentos/es/ conocermas/publicaciones/Atlas-climatologico/ Atlas.pdf

BANKS, S., KING, SA., IRVINE, DS., SAUNDERS, PTK. 2005. Impact of a mild scrotal heat stress on DNA integrity in murine spermatozoa. Reproduction 129: 505– 514.

HALES, BF., AGUILAR-MAHECHA, A., ROBAIRE, B. 2005. The stress response in gametes and embryos after paternal chemical exposures. Toxicol Appl. Pharmacol 207: 514–520.

JANNES, P., SPIESSENS, C., VAN DER AUWERA, I., D'HOOGHE, T., VERHOEVEN, G., VANDERSCHUEREN, D. 1998. Male subfertility induced by acute scrotal heating affects embryo quality in normal female mice. Hum. Reprod. 13:372 – 375.

JORDAN, ER. 2003. Effects of Heat stress on reproduction. J. Dairy Sci. 86: e104-e114.

MORTON, JM., TRANTER, WP., MAYER, DG., JONSSON, NN. 2007. Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: critical periods of exposure. J. Dairy Sci. 90: 2271–8.

PAUL, C., MURRAY, AA., SPEARS, N., SAUNDERS, PTK. 2008. A single, mild, transient scrotal heat stress causes DNA damage, subfertility and impairs formation of blastocysts in mice. Reproduction 136: 73–84

PÉREZ-CRESPO, M., PINTADO, B., GUTIERREZ-ADÁN, A. 2008. Scrotal heat stress effects on sperm viability, sperm DNA integrity and the Offspring sex ratio in mice. Molecular Reproduction and Development 75: 40–47.

RAMON, M., SALCES-ORTIZ, J., GONZÁLEZ, C., PÉREZ-GUZMÁN, MD., GARDE JJ., GARCÍA-ÁLVAREZ, O., MAROTO-MORALES, A., CALVO, JH., SERRANO, M., 2014. Influence of the Temperature and the Genotype of the HSP90AA1 Gene over Sperm Chromatin Stability in Manchega Rams. PLOS ONE. 9(1): e86107.

SAILER, BL., SARKAR, LJ., JOST, LK., BJORDAHL, J., EVENSON, DP. 1997. Effects of heat stress on mouse testicular cells and sperm chromatin structure as measured by flow cytometry. J Androl 18: 294–301.

SALCES-ORTIZ, J., RAMÓN, M., GONZÁLEZ, C., PÉREZ-GUZMÁN, MD., GARDE, JJ., GARCÍA-ÁLVAREZ,

O., MAROTO-MORALES, A., CALVO, JH., SERRANO, M. 2015. Differences in the Ovine HSP90AA1 Gene Expression Rates Caused by Two Linked Polymorphisms at Its Promoter Affect Rams Sperm DNA Fragmentation under Environmental Heat Stress Conditions. PLOS ONE. 10(1): e0116360.

SEGNALINI, M., BERNABUCCI, U., VITALI, A., NARDONE A., LACETERA, N.. 2013. Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin. Int. J. Biometeorol. 57:451–458.

SCHÜLLER, LK., BURFEIND, O., HEUWIESER, W. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature– humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. Theriogenology. 81:1050-1057

SETCHELL, BP. 2006. The effects of heat on the testes of mammals. Anim. Reprod. 3:81–91.

WOLFENSON, D., ROTH, Z., MEIDAN, R. 2000. Impaired reproduction in heat stressed cattle: basic and applied aspects. Anim. Repr. Sci. 60– 61:535–47

WILSON, SJ., MARION, RS., SPAIN, JN., SPIERS, DE., KEISLER, DH., LUCY, MC. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. Lactating cows. J. Dairy Sci. 81:2124–31

YAERAM, J., SETCHELL, BP., MADDOCKS, S. 2006. Effect of heat stress on the fertility of male mice in vivo and in vitro. Reprod. Fertil. Dev. 18: 647–653.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Cambio climático, vectores y enfermedades vectoriales

Francisco Ruiz-Fons, Isabel G. Fernández de Mera
Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos IREC (CSIC-UCLM-JCCM). Ronda de Toledo, 12 – 13071 – Ciudad Real (Spain)

Introducción

Numerosas especies de artrópodos dependen casi en exclusiva de la presencia de hospedadores vertebrados sobre los que se alimentan, utilizando la sangre de estos hospedadores como fuente nutricional indispensable para su desarrollo, razón por la que son conocidos como 'artrópodos hematófagos'. Las especies de artrópodos hematófagos son muy numerosas pero desde el punto de vista de salud pública y sanidad animal los grupos más importantes son las garrapatas y los dípteros como mosquitos, jejenes, flebótomos, moscas o tábanos (Figura 1). La importancia de estos artrópodos en la salud de personas y animales está vinculada, por un lado, a la extracción de sangre (que en animales de pequeño tamaño puede provocar anemia severa) y, por otro lado, a la transmisión de agentes infecciosos causantes de enfermedades, por ejemplo malaria o fiebre amarilla, que ponen en riesgo la salud de personas y animales. Tanto la demografía de los vectores (distribución geográfica, densidad, periodos de actividad) como la epidemiología de las enfermedades que pueden transmitir (prevalencia, estacionalidad, brotes epidémicos) dependen en gran medida de que las condiciones ambientales reinantes en un territorio concreto sean apropiadas para la supervivencia de los vectores y de los hospedadores vertebrados sobre los que se alimentan. Por ello, los cambios en el clima observados en las últimas décadas tienen gran relevancia en la presencia y riesgo de transmisión de enfermedades vectoriales. Sin embargo, la influencia de las actividades humanas en los cambios en la distribución y demografía de hospedadores y vectores es probablemente más elevada, o al menos está mejor documentada, que la influencia de los cambios en el clima.

Grupos de vectores de relevancia en salud pública y sanidad animal: taxonomía, biología y ecología.

Las garrapatas son un grupo muy variado de especies hematófagas distribuidas en 3 familias: Ixodidae (garrapatas conocidas como 'duras'), Argasidae (garrapatas conocidas como 'blandas') y Nuttalliellidae (compuesta por una sola especie en África del sur). Actualmente se conocen más de 900 especies de garrapatas, la mayor parte (700) son garrapatas duras. Las garrapatas surgieron hace entre 65 y 146 millones de años, en el Cretácico, y se diversificaron y dispersaron por el mundo. Todas las especies son hematófagas y, por ello, dependen de la presencia de vertebrados. A pesar de que numerosas especies se han especializado en alimentarse de hospedadores concretos a lo largo de su evolución, una gran mayoría de especies son capaces de alimentarse sobre un amplio abanico de hospedadores. Las garrapatas presentan 4 fases de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto. En las garrapatas duras sólo existe una etapa por fase del desarrollo, pero en las garrapatas blandas existen varias etapas consecutivas en fase de ninfa. Los huevos son depositados por las hembras alimentadas en nidos, madrigueras u oquedades o grietas de suelo, árboles, paredes o muros, y en ellos se desarrollan las larvas. Tras la eclosión las larvas deben alimentarse de la sangre de un hospedador para poder mudar a la siguiente fase, la de ninfa. Tras la muda las ninfas deben alimentarse en hospedadores para poder mudar a la fase de adulto. Los adultos están diferenciados sexualmente en machos y hembras; el sexo es indiferenciable en fases de larva y ninfa. Tras la reproducción y la repleción de las hembras con sangre del hospedador, éstas depositan una cantidad grande de huevos (entre cientos y miles de huevos) que darán lugar a la siguiente generación. La duración de un ciclo de desarrollo de una generación suele ser variable, desde unos pocos meses hasta varios años según las condiciones. Las garrapatas han desarrollado estrategias de vida y alimentación diversas. Mientras las garrapatas blandas se alimentan de forma breve pero frecuente en sus hospedadores en los que apenas

pasan algunos minutos, las garrapatas duras han desarrollado un sistema de alimentación continuado que dura de unos pocos días a semanas. Estas diferencias condicionan en gran medida la capacidad de dispersión geográfica de las diferentes especies ya que las garrapatas duras pueden ser transportadas largas distancias por sus hospedadores. Por otro lado algunas especies, tanto de garrapatas duras como de garrapatas blandas, se han adaptado a vivir en los nidos o madrigueras de sus hospedadores, de forma que permanecen en localizaciones estratégicas a las que los hospedadores acuden asiduamente y, con ello, la fuente de alimento está asegurada. Este comportamiento se conoce con 'endofilia' y a las garrapatas que lo muestran se las conoce como endófilas. Prácticamente todas las garrapatas blandas son endófilas, pero muchas especies de garrapatas duras se comportan también de forma endófila, por ejemplo las garrapatas duras del conejo Haemaphysalis hispanica y Rhipicephalus pusillus. Un gran número de especies de garrapatas duras buscan de forma activa a los hospedadores sobre los que alimentarse, lo que se conoce como 'exofilia'. Para ello las garrapatas exófilas ascienden a la vegetación y quedan a la espera de un hospedador de paso (estrategia de emboscada) o bien permanecen escondidas en oquedades o grietas y ante estímulos de presencia de hospedadores (movimiento, concentración de CO2) salen de forma activa en busca del hospedador (estrategia de caza).

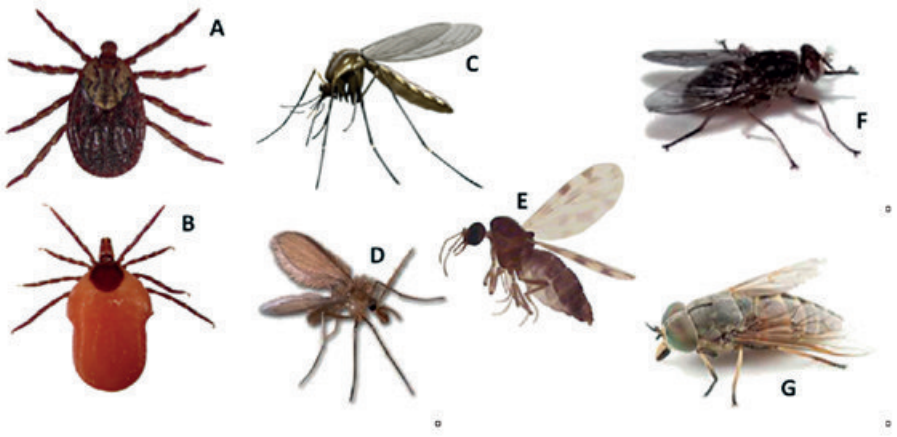


Figura 1.: Imágenes de los diferentes grupos de artrópodos hematófagos de relevancia en salud pública y sanidad animal, incluyendo garrapatas (A: hembra de Dermacentor marginatus; B: hembra alimentada de Ixodes ricinus), mosquitos (C), flebótomos (D), jejenes del género Culicoides (E), mosca tse-tse (F) y tábano (G).

Los dípteros son artrópodos pertenecientes al orden Diptera que poseen un par de alas funcionales (membranosas) mientras que las alas posteriores se han reducido a estructuras estabilizadoras del vuelo. Esto les confiere, a diferencia de las garrapatas, la capacidad de volar y dispersarse en busca de alimento. De las aproximadamente 150.000 especies de dípteros conocidas más de 7.000 son hematófagas. El ciclo de vida de los dípteros consta de 4 fases: huevo, larva, pupa y adulto. Las larvas se desarrollan sin intervención de los hospedadores y son sólo los adultos, en algunos grupos sólo las hembras, las que necesitan alimentarse de sangre para completar el desarrollo de los huevos. El grupo más numeroso y quizás el más importante de dípteros desde el punto de vista de salud pública son los mosquitos. Los mosquitos son dípteros de la familia Culicidae y actualmente se conocen más de 3.500 especies repartidas en 39 géneros. Los géneros más importantes por su relevancia epidemiológica son Culex, Aedes y Anopheles. Los mosquitos poseen un cuerpo delgado y patas largas y presentan entre sus piezas bucales una larga probóscide que usan como estilete para perforar la piel de sus hospedadores y absorber la sangre. El desarrollo de las larvas tiene lugar en

ambientes acuáticos, por lo que tanto hospedadores como presencia de agua son indispensables para que haya mosquitos en un lugar concreto. Los machos adultos no son hematófagos y se alimentan de azúcares de plantas, por lo que son únicamente las hembras las que pican a vertebrados. Las hembras producen lotes de huevos tras alimentarse y una hembra puede llegar a poner varios lotes de huevos en su fase adulta. El desarrollo de todo el ciclo suele ser de duración variable pero habitualmente más corto que en el caso de las garrapatas. Otro grupo importante de dípteros hematófagos son los jejenes del género Culicoides (familia Ceratopogonidae). Se conocen más de 1.000 especies de culicoides. Son dípteros de tamaño muy pequeño, 1 a 3 mm y, al igual que los mosquitos, solo las hembras se alimentan de sangre. Las fases larvarias se desarrollan en diferentes ambientes pero no todas las especies dependen de la presencia de agua, aunque sí de humedad. Otro grupo importante de dípteros vectores de agentes infecciosos son los flebótomos, de los cuales se conocen más de 130 especies del género Phlebotomus (presentes en el Viejo Mundo) y más de 450 del género Lutzomyia (presentes en el Nuevo Mundo). Estos dípteros son pequeños (1,5-3 mm) y presentan gran cantidad de pelos en su superficie. Las hembras alimentadas depositan lotes de unas decenas de huevos en ambientes ricos en materia orgánica y húmedos como grietas, hendiduras entre rocas, árboles, etc., donde se desarrollan las larvas. Otros grupos de dípteros que pueden actuar como vectores de agentes infecciosos en vertebrados son las moscas negras (familia Simuliidae; más de 1.000 especies), las moscas tse-tse (familia Glossinidae; más de 30 especies) y los tábanos (familia Tabanidae, más de 1.000 especies).

Relevancia e impacto sanitario de los vectores: enfermedades transmitidas por vectores.

Los artrópodos hematófagos son importantes porque son capaces de transmitir agentes infecciosos entre hospedadores durante el proceso de alimentación. Existe un número muy extenso de agentes infecciosos, incluyendo micro-parásitos como virus, bacterias o protozoos y macro-parásitos como nematodos (vermes), que pueden ser transmitidos por vectores artrópodos. El abanico de hospedadores de estos patógenos puede ser limitado (sólo una especie como en el caso de Plasmodium falciparum, uno de los agentes causales de la malaria humana) o múltiples especies (por ejemplo el virus de la lengua azul que se replica en un gran número de especies de rumiantes como ovejas, cabras, vacas, ciervos o gacelas). Un gran número de estos agentes infecciosos son capaces de infectar tanto a personas como a animales y las enfermedades que provocan son conocidas como 'enfermedades zoonóticas'. Los vectores actúan de hospedadores intermediarios en la transmisión de estos agentes infecciosos zoonóticos entre animales y personas sin la necesidad de que animales y personas se crucen en el camino. Esto confiere un enorme potencial a los vectores de transmitir agentes infecciosos porque son capaces de mantenerlos infectivos a lo largo de toda su vida e, incluso, mantenerlos entre diferentes generaciones. Los vectores hematófagos pueden bien ser capaces de adquirir, reproducir y transmitir un agente infeccioso - conocido como vector competente - o bien puede transmitir el agente infeccioso entre hospedadores al mantenerlo infectivo en sus piezas bucales sin que este llegue a reproducirse - conocido en este caso como vector mecánico.

Las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) son más del 17% del total de las enfermedades infecciosas humanas del mundo y causan la muerte a más de 700.000 personas anualmente según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un valor probablemente estimado a la baja. Cientos de millones de personas en el mundo están afectados por ETV, lo que implica graves consecuencias para la salud y el bienestar de estas personas. Las ETV lastran la economía en países en vías de desarrollo, especialmente en zonas tropicales del planeta. Los vectores de mayor relevancia en sanidad animal, es decir, transmisores de agentes infecciosos causantes de enfermedades en animales, son las garrapatas. Estas pueden transmitir agentes como el virus de la peste porcina africana que afecta a cerdos y jabalíes, Anaplasma marginale - causante de la anaplasmosis bovina - o difentes especies de piroplasmas - Theileria y Babesia spp. - causantes de las piroplasmosis animales, entre muchos otros. También son vectores importantes de agentes infecciosos zoonóticos como el virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo, el virus de la enfermedad del bosque de Kyasanur (en la In-

dia) o el virus de la encefalitis transmitida por garrapatas, entre muchos otros agentes infecciosos. Mientras, los mosquitos son el grupo de vectores que mayor númer de agentes infecciosos transmiten a las personas. Enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla, la encefalitis por virus West Nile o la encefalitis japonesa son enfermedades con gran impacto en la salud pública en países de climas tanto tropicales como templados y en países tanto desarrollados como en vías de desarrollo. Los jejenes del género Culicoides son vectores de enfermedades de gran impacto en la sanidad de las especies ganaderas, por ejemplo la lengua azul - ovino, bovino y caprino, la enfermedad de Schmallenberg - ovino principalmente, la enfermedad epizoótica hemorrágica del ciervo o la peste equina africana. Numerosas enfermedades transmitidas por vectores dependen en gran medida de la presencia y la densidad de vectores al igual que de la comunidad de vectores en hábitats concretos, características enormemente influenciadas por clima y hospedadores.

Efectos del cambio climático sobre la dinámica poblacional de vectores artrópodos y las enfermedades transmitidas por vectores

Los artrópodos hematófagos pasan la mayor parte de su vida sin relación con los vertebrados sobre los que se alimentan y durante este tiempo están altamente expuestos a las condiciones ambientales reinantes (Figura 2). A gran escala espacial, las condiciones climáticas influyen enormemente en la distribución geográfica de las especies de artrópodos hematófagos. Aquellas especies adaptadas a climas húmedos y templados han evolucionado para desarrollar su ciclo de vida en esas condiciones. Por ejemplo, Ixodes ricinus es una especie de garrapata que está adaptada a vivir y reproducirse a niveles elevados de humedad relativa y a temperaturas templadas, lo que determina que en la península ibérica sólo sea abundante en el tercio norte peninsular, es decir, en zonas de clima atlántico húmedo. En climas mediterráneos, I. ricinus únicamente aparece en sitios localmente húmedos y en épocas con temperaturas templadas como la sierra de San Vicente en el norte de la provincia de Toledo o en algunos valles húmedos de los Montes de Toledo o de Sierra Morena en Castilla-La Mancha, donde sólo están activas a baja densidad en otoño-invierno. En cambio, especies de garrapatas más adaptadas a climas secos, como Hyalomma lusitanicum o Rhipicephalus bursa, son abundantes en climas mediterráneos ibéricos pero están ausentes en zonas de clima atlántico predominante en la Península.

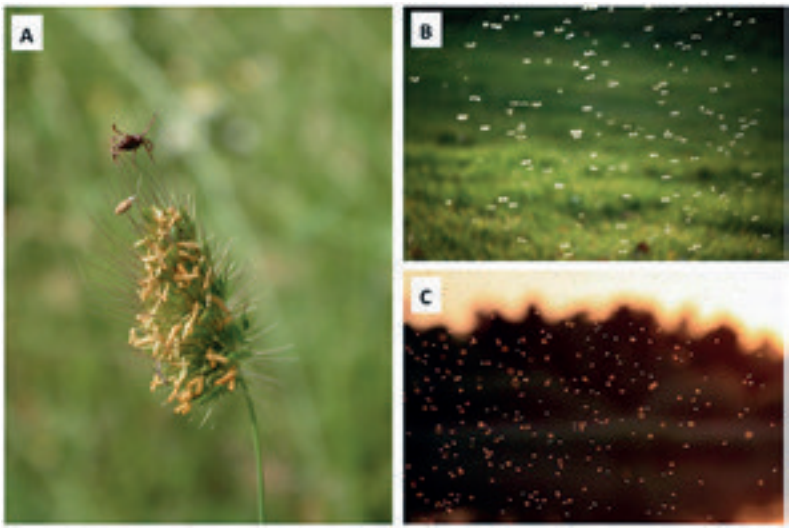


Figura 2.: Imágenes de vectores en búsqueda activa de hospedadores (A: garrapata encaramada a la vegetación; B: mosquitos volando; C: jejenes en vuelo) expuestos a las condiciones climáticas reinantes (insolación, temperatura, desecación, viento).

Las condiciones climáticas limitan de esta forma la presencia de algunos vectores y limitan igualmente la distribución geográfica de los agentes patógenos infecciosos que portan. Por ejemplo, durante las epidemias de lengua azul que afectaron a la península ibérica en la primera década del siglo XXI aquellas zonas de Castilla-La Mancha que ambientalmente eran apropiadas para el principal vector, Culicoides imicola, como el suroeste de la provincia de Ciudad Real, sufrieron brotes de lengua azul mientras zonas ambientalmente inadecuadas para C. imicola, como Albacete, Cuenca y Guadalajara, no se vieron afectadas (Figura 3). Sin embargo, es importante resaltar que el clima no es el único determinante de la presencia de especies específicas de vectores ya que la presencia y densidad de hospedadores dentro de zonas climáticas apropiadas (óptimas o marginales) para el vector determinan en gran medida la densidad de vectores y, de ese modo, influyen notablemente en la aparición y dispersión de las enfermedades que transmiten (Figura 4). Zonas climáticamente aptas para especies concretas de vectores pero inapropiadas para sus hospedadores principales, es decir, con densidades bajas de estos hospedadores, tendrán un riesgo mucho más bajo de sufrir enfermedades transmitidas por vectores que zonas con densidades de hospedadores más elevadas. Por otro lado, la demografía (distribución geográfica, densidad) de las poblaciones de hospedadores vertebrados está altamente influenciada por las actividades humanas como la ganadería, la agricultura o la caza que son capaces, independientemente de los efectos del clima, de modificar las condiciones ambientales en favor o detrimento de unas u otras especies de hospedadores de vectores.

En Castilla-La Mancha, especialmente en la mitad oeste, las actividades cinegéticas constituyen una actividad económica importante. Las zonas de monte mediterráneo son muy adecuadas para especies de ungulados cinegéticos como el ciervo o el jabalí, y las zonas agrícolas y de monte bajo son muy aptas para especies de caza menor como el conejo, la liebre o la perdiz roja. En estas zonas las actividades humanas destinadas al aprovechamiento de estas especies cinegéticas (alimentación artificial puntual o durante todo el año, suministro de agua, restricción de movimientos mediante la instalación de vallados) han propiciado cambios demográficos notables, especialmente visibles en especies de caza mayor. Las elevadas densidades de ungulados que se dan en algunas explotaciones (fincas) cinegéticas proporcionan una mayor disponibilidad de hospedadores donde los vectores se alimentan, lo que promueve que las densidades de algunas especies de vectores sean muy al-



Figura 3.: Distribución geográfica de brotes (puntos) y zonas de restricción (áreas sombreadas en verde claro - 2004 - y verde más oscuro - 2005) de movimientos de rumiantes en España tras los brotes ocasionados por el serotipo 4 del virus en 2004 (puntos azules) y en 2005 (puntos amarillos): Fuente datos: MAPAMA; Imagen original autor.

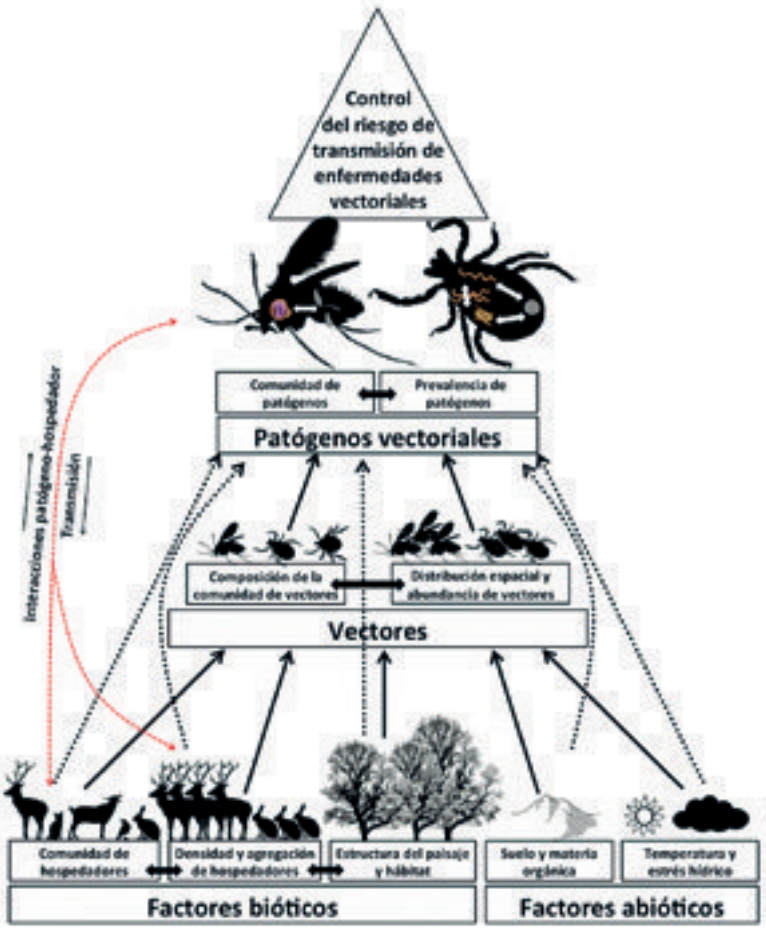


Figura 4.: Esquema sintetizado del funcionamiento de los sistemas vector-hospedador-patógeno y los factores que influyen en la demografía poblacional de los vectores artrópodos (flechas de línea continua) y en el riesgo de transmisión de patógenos (flechas de línea punteada) con la finalidad de desarrollar sistemas eficaces de control del riesgo de transmisión de enfermedades vectoriales. Fuente: original autor.

tas (Ruiz-Fons et al., 2006, 2013). Estas densidades elevadas propician a su vez la transmisión de patógenos, bien porque se potencian las tasas de transmisión de estos patógenos entre vector y hospedador, bien porque aumenta el número de vectores infectados capaces de transmitir agentes patógenos al aumentar la densidad de vectores. En los últimos años numerosos estudios han demostrado el papel que el aumento de densidad de ciervo y corzo en Europa tiene sobre la tendencia creciente de las densidades de I. ricinus (Ruiz-Fons y Gilbert, 2010; Ruiz-Fons et al., 2012) y este efecto, aunque aún no constatado, es esperable que sea igual en otras especies de garrapatas que se alimentan sobre ungulados cinegéticos (Ruiz-Fons et al. 2006).

Como se ha comentado anteriormente, determinar el peso que las condiciones climáticas y el cambio en las mismas tienen sobre la distribución y densidad de vectores en zonas con gran influencia de actividad humana es complejo debido a los efectos derivados de estas actividades. Sin embargo, en zonas con menor influencia humana en los hospedadores se vienen observando cambios en la distribución de algunas especies de vectores y de los patógenos que transmiten. Por ejemplo, la distribución de I. ricinus en Suecia ha experimentado una expansión notable hacia el norte propiciada por condiciones climáticas más favorables para la supervivencia de la especie, especialmente el aumento de las temperaturas invernales que mejora la capacidad de supervivencia

invernal de esta especie (Lindgren et al. 2000; Figura 5). Es esperable, pero no fuertemente evidente, que especies de garrapatas presentes en zonas del sur encuentren nichos ambientales más apropiados en el norte y, de hecho, aparecen ejemplares de garrapatas del género Hyalomma en la provincia de Vitoria, en el País Vasco, donde hace 10-20 años no se hallaban. En un estudio realizado en la península ibérica demostramos cómo los cambios climáticos previstos en la temperatura según modelos de cambio climático propiciarían la expansión geográfica de las zonas ambientalmente apropiadas para C. imicola, propiciando con ello una expansión en el futuro de las zonas de la península que podrían sufrir brotes de lengua azul asociados a este vector (Acevedo et al., 2010). Ahora bien, los modelos muestras cambios en la expansión geográfica pero no grandes cambios, sino que más bien identificaban que las condiciones ambientales serán más apropiadas para C. imicola allá donde la especie ya está presente, es decir, habrá mayor densidad de C. imicola donde actualmente está presente. Es importante resaltar que son escasos, tanto a escala de la península ibérica como a escala global, los estudios que monitoricen poblaciones de vectores en series temporales lo suficientemente amplias como para poder observar variaciones demográficas asociadas a cambios climáticos, lo que unido a la influencia de las actividades humanas sobre los hábitat de los vectores y sobre sus hospedadores, condicionan en gran medida las evidencias existentes del cambio climático sobre los vectores (Ogden y Lindsay, 2016).

Castilla-La Mancha es una región diversa en cuestión de hábitats y relativamente homogénea climáticamente debido a un clima mediterráneo continental predominante que determina inviernos fríos, veranos muy cálidos y una variación interanual y estacional muy grande en las precipitaciones. Diversas especies de vectores artrópodos hematófagos están presentes en la región y, con ellos, y una gran diversidad de hospedadores sobre los que alimentarse la diversidad de agentes infecciosos que portan también es grande (de la Fuente et al., 2004; Fernández-de-Mera et al., 2013; Durán-Martínez et al., 2013). Sin embargo, a pesar de la aparente homogeneidad climática, existen diferencias lo suficientemente grandes en el clima entre regiones como para determinar patrones claros de distribución de diferentes especies de vectores que condicionan la distribución geográfica de los patógenos que transmiten (Durán-Martínez, 2012).

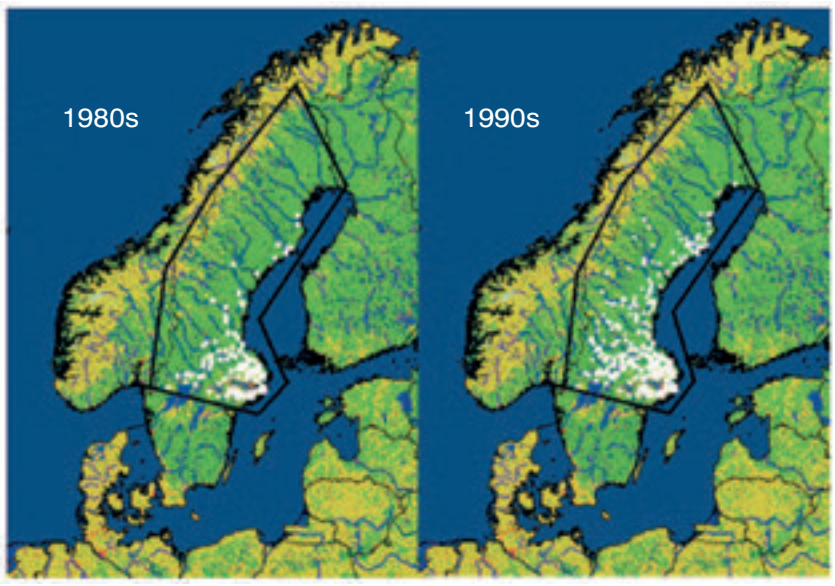


Figura 5.: Mapas de distribución geográfica de Ixodes ricinus en Suecia en los que se puede apreciar una clara expansión hacia el norte entre las décadas de 1980 y 1990 relacionada con cambios en el clima, especialmente con el aumento de las temperaturas medias invernales. Fuente: Lindgren et al. (2000)

Numerosos agentes infecciosos víricos y bacterianos circulan de forma endémica en las poblaciones castellano-manchegas de garrapatas y dípteros, como el virus West Nile, el virus de la lengua azul, el virus de Schmallenber, el virus de Usutu, Theileria annulata, Babesia spp., A. marginale, Anaplasma phagocytophilum, Rickettsia slovaca, R. conorii, R. raoultii o Coxiella burnetii. Recientemente se ha detectado la presencia de un agente vírico de origen africano en ejemplares de Hyalomma lusitanicum en el noroeste de la provincia de Toledo, el virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo (vFHCC). Este virus originario del continente africano y de Oriente Medio (Pakistán, Irán, Irak) es vehiculado por la picadura de diferentes garrapatas del género Hyalomma. En la península ibérica no se había detectado ningún caso clínico ni se habían realizado estudios de su presencia hasta el año 2010 en que se detectó en Hyalomma lusitanicum recolectadas sobre ciervo en la provincia de Cáceres. Un 3,5% de las 9.000 garrapatas analizadas en 2016-2017 estaban infectadas con este virus. Los análisis genéticos de estos virus de garrapatas y del virus que causó los únicos dos casos de la enfermedad en personas en España en 2016 mostraron que se trata de cepas virales filogenéticamente más próximas a las cepas africanas que a las cepas circulantes en Oriente Medio, Turquía o los Balcanes. Esto demuestra que el virus ha sido introducido recientemente en la península ibérica y que ha sido capaz de encontrar hospedadores apropiados en los que replicarse diferentes a los hospedadores originales africanos y también vectores apropiados; las distribución geográfica de especies del género Hyalomma en el sur y oeste de la Península es muy amplia y su densidad elevada. En este caso particular la expansión del vFHCC hacia el norte desde el continente africano y su adaptación a zonas diferentes a aquellas en las que evolucionó está probablemente vinculada a la creación de ambientes propicios para las poblaciones de vectores locales a las que el virus ha sido capaz de adaptarse y al transporte frecuente de garrapatas infectadas a través de aves migratorias procedentes de África. ¿En qué medida han contribuido la expansión geográfica y demográfica de ciervo, corzo y jabalí, principales hospedadores silvestres de adultos de Hyalomma en la península ibérica, en el establecimiento de este virus? ¿Y en qué medida contribuye el cambio en el clima de la Península en las poblaciones de vectores de este virus? Estas dos cuestiones no tienen, desafortunadamente, respuesta porque no existen series de datos temporales en las que podamos estimar cambios en las poblaciones de Hyalomma en relación a cambios en el clima. Sin embargo, la influencia del ser humano en la introducción de especies de vectores es muy clara y existen numerosos ejemplos, muchos más que ejemplos claramente relacionados con variaciones climáticas. La introducción de Aedes albopictus, el mosquito tigre, en España se produjo a partir del transporte de mercancías procedentes de zonas tropicales que contenían ejemplares vivos. De forma paulatina pero constante las introducciones por el comercio de productos de zonas tropicales junto con la presencia de unas condiciones climáticas apropiadas (humedad relativa elevada y temperaturas cálidas durante prácticamente todo el año) han llevado a la expansión de A. albopictus por todo el litoral mediterráneo español en cuestión de unos pocos años. Recientemente se ha postulado que los movimientos humanos en vehículos particulares han propiciado la expansión de esta especie en el litoral este español, demostrando de nuevo que las actividades humanas tienen un peso potencial mayor en la introducción de vectores y ETV que los cambios climáticos.

Previsión de futuro

Las predicciones de cambio climático auguran cambios negativos en el régimen de precipitaciones y positivos en las temperaturas medias anuales (perceptible para todos aquellas personas con más de 30 años de vida) en las próximas décadas en Castilla-La Mancha. Los efectos de estos cambios no tendrán sólo repercusión sobre las poblaciones de vectores - en forma de condiciones más o menos apropiadas para unas y otras especies endémicas o para potenciales especies introducidas por actividades humanas - sino que además influirán de forma indirecta en las poblaciones de vectores y en la dinámica de las ETV a través de cambios en las actividades humanas (agricultura, ganadería y caza) y en las especies de hospedadores. Predecir la capacidad adaptativa de las especies de vectores presentes en Castilla-La Mancha es difícil por-

que no tenemos evidencias científicas previas de cómo estos vectores van a responder a dichos cambios. Es esperable que especies altamente plásticas en selección de hábitats y hospedadores, es decir, especies generalistas, se adapten mejor que especies más especialistas y que por lo tanto se reduzca la diversidad de vectores en ausencia de nuevas introducciones. Especies de vectores presentes en el norte de África podrían paulatinamente ir ocupando el nicho libre dejado por las especies endémicas actuales y con ello no existirían cambios en la diversidad sino una sustitución de unas comunidades de vectores por otras. La repercusión de estos cambios en las ETV es harto difícil de predecir porque además de la influencia de cambios en vectores y hospedadores debemos contar con los avances científicos y tecnológicos que mejoren la prevención de ETV en personas y animales. Actualmente España es una zona de elevado riesgo para la introducción de algunas enfermedades vectoriales de gran impacto en la salud de personas y animales. Una de ellas es la fiebre del valle del Rift que en los últimos años circula en países saharianos como Mauritania. Es una enfermedad vírica con elevada mortalidad en rumiantes y además es una zoonosis, razón por la cual su introducción podría tener graves consecuencias para la economía de Castilla-La Mancha y la salud de los castellano-manchegos. Otra, igual o más grave para la salud de las personas que la fiebre del valle del Rift es la encefalitis japonesa. El virus causal se replica en garzas y en cerdos/jabalíes y se transmite por mosquitos del género Culex. Castilla-La Mancha tiene las condiciones apropiadas para que estos virus se establezcan causando un grave impacto en la región. Las actividades humanas son tan amplias y el comercio de bienes está tan globalizado que actualmente es fácil pensar que la introducción de enfermedades vectoriales entre zonas muy lejanas del planeta es factible.

Soluciones. Medidas de adaptación y mitigación

Un aspecto indispensable para poder hacer predicciones lo más precisas posibles en el futuro es recolectar datos en el presente y hacerlo de forma constante estableciendo programas apropiados de monitorización de vectores, hospedadores, agentes patógenos y condiciones climáticas. Sin estos datos será imposible predecir con la más mínima exactitud ningún cambio futuro más allá de meras conjeturas.

La investigación científica enfocada al estudio de los factores que determinan la presencia, densidad y diversidad de vectores de relevancia en salud pública y sanidad animal es esencial para aportar soluciones eficientes y de coste razonable y asumible por la Sociedad. La evaluación científica de la aplicación de medidas existentes o de nuevas medidas enfocadas al control de las poblaciones de vectores o de los agentes infecciosos podrá aportar grandes beneficios para la prevención de ETV en el presente y en el futuro, pero para ello es necesario invertir en investigación científica.

Visión del autor. Reflexión

Las enfermedades transmitidas por vectores han sido tradicionalmente consideradas de poca importancia en salud pública en España y, particularmente, en Castilla-La Mancha desde la erradicación de la malaria a mediados del siglo XX. En cambio, en sanidad animal tanto vectores como enfermedades transmitidas por vectores han sido siempre más tenidas en cuenta por el impacto sobre la productividad de las especies ganaderas, pero el desarrollo de herramientas de control apropiadas para estas enfermedades o para prevenir la picadura de los vectores (acaricidas, repelentes, antibióticos, antivirales, vacunas) han reducido la relevancia de estas enfermedades en las últimas décadas. Sin embargo, la aparición de nuevos vectores y de enfermedades emergentes de importancia tanto en salud pública como en sanidad animal han puesto en alerta a las autoridades y actualmente existe algo más de preocupación por conocer los riesgos. Ejemplos como la introducción del virus de la lengua azul en Europa y su establecimiento definitivo como patógeno transmitido por vectores autóctonos, o como el reciente descubrimiento del virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo en España y su expansión en el Mediterráneo este, demuestran que es actualmente más necesario que nunca estar alerta y monitorizar de forma exhaustiva tanto vectores como hospedadores y agentes patógenos si queremos estar preparados para luchar contra eventuales enferme-

dades vectoriales emergentes. Esto sólo puede enfocarse desde un punto de vista científico que permita realizar predicciones y proponer potenciales soluciones al tiempo que se minimiza el coste económico de las mismas y se reduce el coste económico de la introducción y expansión de estas enfermedades, de lo cual dan buenas cuentas los costes de los brotes de lengua azul, de encefalitis por West Nile y de muchas otras enfermedades vectoriales emergente en Europa y en el mundo.

Bibliografía

ACEVEDO P, RUIZ-FONS F, ESTRADA R, MÁRQUEZ AL, MIRANDA MA, GORTÁZAR C & LUCIENTES J (2010) A broad assessment of factors determining Culicoides imicola abundance: modeling the present and forecasting its future in climate change scenarios. PLoS One 5: e14236.

DURÁN-MARTÍNEZ M, FERROGLIO E, ACEVEDO P, TRISCIUOGLIO A, ZANET E, GORTÁZAR C & RUIZ-FONS F (2013) Leishmania infantum (Trypanosomatida: Trypanosomatidae) phlebotomine sand fly vectors in continental Mediterranean Spain. Environmental Entomology 42: 1157-1165.

DURÁN-MARTÍNEZ M (2012) Distribución, abundancia y composición de la comunidad de dípteros hematófagos vectores de enfermedades en Castilla-La Mancha: riesgos para la salud pública y la sanidad animal. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, 199 pp.

FERNÁNDEZ-DE-MERA IG, RUIZ-FONS F, DE LA FUENTE G, MANGOLD AJ, GORTÁZAR C & DE LA FUENTE J (2013) Spotted fever group Rickettsiae in questing ticks, central Spain. Emerging Infectious Diseases 19: 1163-1165

LINDGREN E, TÄLLEKLINT L & POLFELDT T (2000) Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick Ixodes ricinus. Environmental Health Perspectives 108: 119-123.

OGDEN NH & LINDSAY LR (2016) Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. Trends in Parasitology 32: 646-656.

RUIZ-FONS F, FERNÁNDEZ-DE-MERA IG, ACEVEDO P, HÖFLE U, VICENTE J, DE LA FUENTE J & GORTÁZAR C (2006) Ixodid ticks parasitizing Iberian red deer (Cervus elaphus hispanicus) and European wild boar (Sus scrofa) from Spain: Geographical and temporal distribution. Veterinary Parasitology 140: 133-142.

RUIZ-FONS F & GILBERT L (2010) The role of deer as vehicles to move ticks, Ixodes ricinus, between contrasting habitats. International Journal for Parasitology 40: 1013-1020.

RUIZ-FONS F, FERNÁNDEZ-DE-MERA IG, ACEVEDO P, GORTÁZAR C & DE LA FUENTE J (2012) Factors driving the abundance of Ixodes ricinus ticks and the prevalence of zoonotic I. ricinus-borne pathogens in natural foci. Applied and Environmental Microbiology 78: 2669.

RUIZ-FONS F, ACEVEDO P, SOBRINO R, VICENTE J, FIERRO Y & FERNÁNDEZ-DE-MERA IG (2013) Sex-biased differences in the effects of host individual, host population and environmental traits driving tick parasitism in red deer. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology 3: 23.

La viticultura de Castilla-La Mancha ante el cambio climático

Esteban García Romero y Jesús Martínez Gascueña
IVICAM - IRIAF. Ctra. Toledo-Albacete s/n, 13.700. Tomelloso. Ciudad Real

Introducción

La importancia de la vid en Castilla-La Mancha es tal que esta región no puede entenderse sin sus viñedos. Tanto las actividades ligadas a su cultivo, como las derivadas de la transformación de la uva, constituyen la principal actividad económica en numerosas comarcas en las que, además, lo vitivinícola cumple un importante papel en la vertebración territorial, en la cohesión social y en la conservación del medio ambiente.

Es importante por tanto sopesar el impacto que en un futuro a corto y medio plazo pudiera tener en las producciones vitivinícolas de la región las circunstancias impuestas por el cambio climático, una realidad suficientemente contrastada hoy día y sobre cuya existencia existe un sólido consenso científico.

La vid: exigencias climáticas

A pesar, o precisamente por ser un vegetal ampliamente manipulado por el hombre (cuenta con varios miles de variedades), la vid tiene unas necesidades climáticas definidas, aunque resulte relativamente versátil. Temperaturas y precipitaciones son los dos principales elementos del clima que limitan su cultivo, aunque otros como la radiación solar directa, el déficit de presión de vapor o la dirección y velocidad del viento también lo condicionen. La planta se enfrenta a todos esos componentes con unos límites de tolerancia fisiológica bastante amplios, que permiten que se pueda cultivar en extensas regiones del globo distribuidas por latitudes medias.

La vid necesita calor para desarrollarse y poder madurar sus frutos. Las temperaturas durante el período activo de vegetación, su distribución y alternancia, constituyen un punto crucial del ciclo ya que son decisivas durante el crecimiento de la vegetación y, más aún, en el proceso de maduración de las uvas. Los niveles de azúcar y de acidez, así como la riqueza fenólica y aromática del fruto son aspectos térmico-dependientes que determinan las cualidades y el estilo del vino. En general, con moderadas temperaturas se producen vinos menos alcohólicos y más ácidos que con temperaturas más altas.

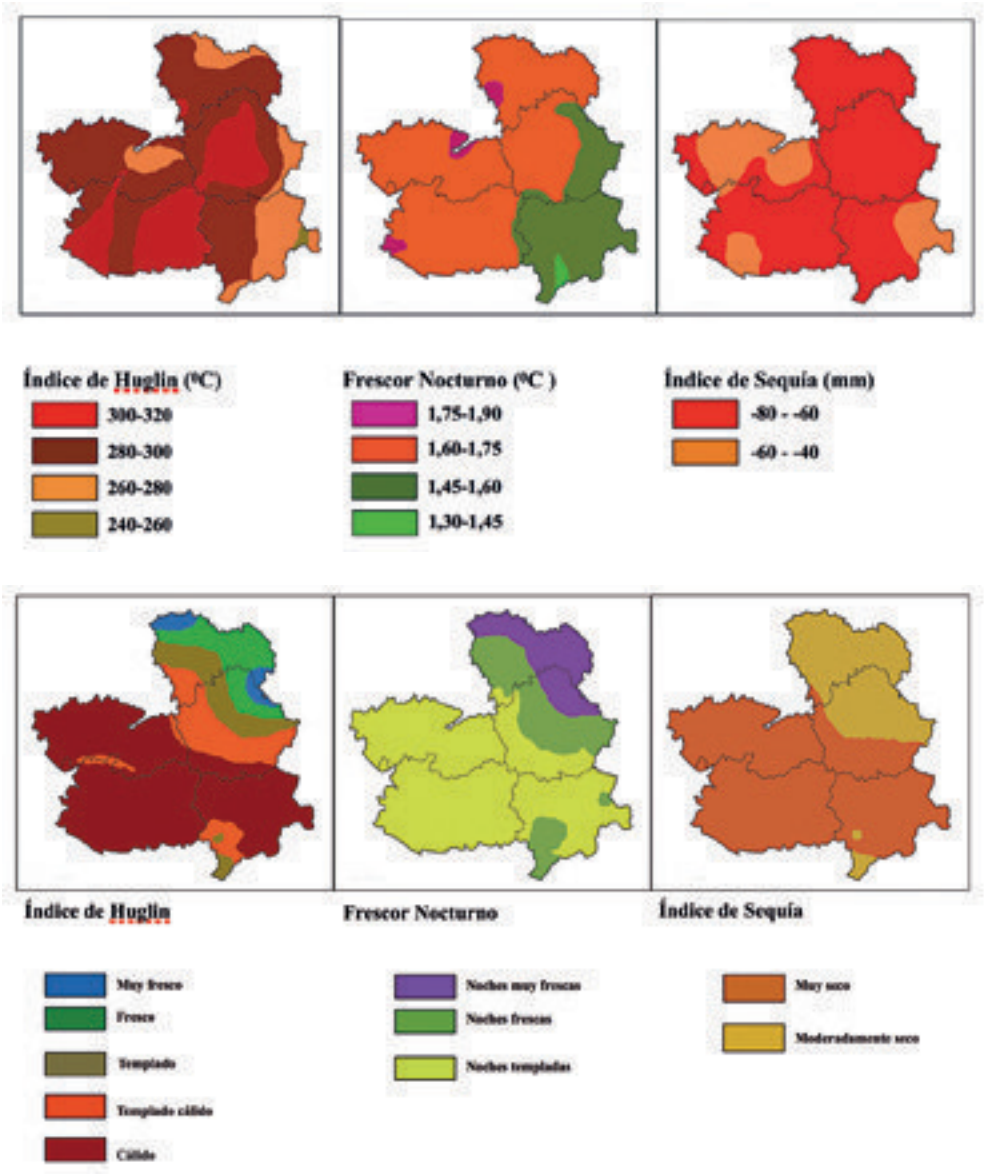
Por otro lado, la vid tolera la falta de humedad, pudiendo su exceso resultar perjudicial para el cultivo, no solo por favorecer la presencia de enfermedades fúngicas en pámpanos y racimos sino por entorpecer la adecuada maduración del fruto. De hecho, necesita suelos suficientemente húmedos que pueda aprovechar su sistema radicular para resistir con solvencia, aunque con un moderado estrés hídrico, la sequía estival: unas correctas floración y maduración necesitan de ambientes secos, siempre que no falte una cierta humedad.

Dado el importante rol que cumple el clima en viticultura, es posible imaginar las consecuencias en el cultivo que el cambio climático pudiera ocasionar en un futuro a medio plazo; su posible desplazamiento a otras regiones, o zonas tornadas más aptas, entre ellas. Es este un riesgo a tener muy en cuenta para el futuro, más aún en una región como la nuestra, que parece estar directamente amenazada por sus efectos.

Las previsiones auguran un calentamiento continuado durante la primera mitad de siglo que podrá posteriormente acentuarse, o mitigarse, en función de que los controles de las emisiones de gases de efecto invernadero sean o no efectivos. Centrándonos en las próximas décadas, varios estudios vaticinan para nuestra región sustanciales incrementos de temperatura y sensibles disminuciones de precipitaciones, en

especial en otoño y primavera. Se esperan variaciones considerables en los índices bioclimáticos utilizados corrientemente en viticultura: Índice de Huglin (un sumatorio de temperaturas), Índice de Frescor Nocturno (una media de temperaturas mínimas) e Índice de Sequía (un balance hídrico). Los dos primeros se incrementarán notablemente por efecto de la elevación de temperaturas: entre 2500C y 3000C el primero, según la comarca concreta, y sobre 1,50C el segundo. El Índice de Sequía se verá también afectado, con mermas importantes en la disponibilidad de agua en el suelo para la planta de entre 50 mm y 70 mm con respecto a los valores de finales del siglo XX, según la zona.

Cambios en los valores absolutos de los Índices de Huglin, de Frescor Nocturno y de Sequía en CLM hacia mediados del siglo XXI según las previsiones del cambio climático (Adaptación de Resco, P (2015). Viticultura y Cambio Climático en España: vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Tesis Doctoral.).



En resumen, la mayoría de nuestras comarcas vitícolas pasarían a engrosar el grupo de zonas con bajo potencial vitícola: la mayoría alcanzaría las clases de clima cálido de Huglin, de noches templadas, como mínimo, y de clima seco, o muy seco. En definitiva, junto con Andalucía y Extremadura, Castilla-La Mancha queda incluida en el grupo de regiones que previsiblemente se verán más afectadas por el cambio climático, y con él sus viñedos.

Distribución probable hacia mediados del siglo XXI de los Índices de Huglin, de Frescor Nocturno y de Sequía en CLM según las previsiones del cambio climático (Adaptación de Resco, 2015. Op. cit.).

Impacto del cambio climático en el potencial vitícola de CLM

En las escasas zonas vitícolas de Castilla-La Mancha situadas en altitud, el incremento térmico previsto podrá provocar una dilatación del periodo activo de vegetación, así como una deseable reducción del periodo de riesgo de heladas. Esto permitirá que puedan incrementarse allí los rendimientos y mejorar la calidad de la uva, con frecuencia escasa por la deficiente maduración del fruto.

Por contra, en las zonas donde el cultivo está más extendido, las que por ahora representan el potencial vitivinícola de la región, se experimentarán no solo adelantos en las fechas en que se suceden los estados fenológicos, si no acortamientos de la duración de los mismos (en realidad esto ya está sucediendo). Como consecuencia, se producirán reducciones indeseables del periodo de maduración, y adelantos patentes en las fechas de la vendimia.

Procesos de maduración desarrollados en condiciones de altas temperaturas producen efectos negativos en la calidad del fruto: se descompensa la relación azúcares/acidez en las uvas, por pérdidas acusadas de ácido málico. Se produce, además, un desfase entre la acumulación de azúcares y la síntesis y acumulación de antocianos responsables del color, limitadas ambas a temperaturas superiores a los 260C y 350C respectivamente. El menoscabo en la calidad de los vinos a que conducen todos estos desequilibrios obraría en detrimento del potencial vitícola en importantes extensiones de muchas comarcas vitícolas

Los efectos del cambio climático se dejarán sentir también en las precipitaciones, que se volverán más escasas en general, e irregulares en intensidad y distribución. Como consecuencia, el período de déficit hídrico del cultivo podrá alargarse, así como su intensidad, de manera que será más difícil que las necesidades hídricas de la planta sean satisfechas.

Un estrés hídrico excesivo, ya sea en intensidad o en duración del período de déficit, produce pérdidas de rendimiento del viñedo y otros efectos que repercuten también en la calidad del fruto: senescencia foliar y defoliaciones precoces, que favorecen una indeseable sobreexposición de los racimos. Éstos se calientan, manifestándose los efectos ya mencionados para las elevadas temperaturas, además de otros también perniciosos: disminuciones de color en los hollejos por degradación de los pigmentos y transformación o pérdidas de aromas.

Los problemas podrán acrecentarse allí donde la modernización del cultivo se canaliza hacía una producción maximizada e industrial: variedades exigentes, con manejo muy dependiente del empleo de sistemas de riego. Desabastecimientos provocados por descensos en los niveles piezométricos de los acuíferos podrían causar, en estos casos, daños irreparables en el material vegetal, viéndose así muy comprometido el mantenimiento allí del cultivo de la vid en esas condiciones.

Consecuencias en la calidad de los vinos

Hoy día está ya suficientemente admitido que el calentamiento del clima está teniendo importantes consecuencias en las características de los vinos en muchas regiones del globo. Entre ellas, son evidentes el incremento del grado alcohólico y una disminución estructural de los niveles de acidez, aunque no solo. El fenómeno deriva de modificaciones de la composición química de las uvas que afectan a sus

diferentes componentes (pulpa, hollejos y semillas) y que se manifiestan como cambios en las propiedades organolépticas de los vinos: color, aroma, sabor, tacto y volumen de boca.

La intensa disminución de la acidez con la maduración se manifiesta cada vez más en la obtención de mostos y vinos con elevado pH, en muchas ocasiones desequilibrados sensorialmente. Resultan también inestables desde el punto de vista microbiológico, necesitándose dosis más elevadas de SO2 para un control adecuado de la actividad microbiana. Además, la propia vida del vino se acorta por una deficiente evolución y envejecimiento realizados en condiciones inadecuadas de acidez.

El calentamiento del clima previsto, el que ya experimentan en realidad la mayoría de comarcas vitícolas de la región, entorpece una maduración acorde como la citada anteriormente: en general, hollejos y pepitas solo alcanzan niveles adecuados de madurez cuando la pulpa está ya sobremadura. El dilema que nos plantea esta situación, dejando a un lado el relevante asunto de la acidez, será el siguiente: si se utiliza para establecer la fecha de vendimia el criterio tradicional, que se fija en las concentraciones de azúcar en la uva para poder tener niveles razonables de alcohol, los taninos de las uvas no estarán aún maduros y producirán vinos astringentes, amargos y duros. Si por contra se utiliza el criterio de madurez fenólica, que tiene en cuenta que los taninos de la uva estén bien maduros, la concentración de azúcares será muy elevada y en consecuencia muy altos los niveles de alcohol en los vinos resultantes.

Por tanto, vinos tintos con buena presencia (color intenso), y estructura fenólica, solo pueden conseguirse a cambio de elevadas concentraciones de alcohol que, a su vez, pueden resultar contraproducentes por favorecer sobreextracciones de compuestos fenólicos no deseados procedentes de las pepitas. De ahí que resulten hoy ya tan usuales en nuestra región vinos tintos con porcentajes de alcohol en volumen superiores al 14% o 14,5%, con baja acidez, elevado pH y aromas de confitura de fruta muy madura. Estas circunstancias, ya sea por las propias sensaciones ardientes en boca, que desvalorizan el producto para muchos de los consumidores, o por razones sanitarias, o dietéticas, también importantes para otros muchos, contribuyen a reducir el atractivo del vino.

Adaptación de la vitivinicultura castellano-manchega al cambio climático

Según todas las previsiones, los viñedos de Castilla-La Mancha se contarán entre los más negativamente afectados por la elevación de las temperaturas y el aumento del déficit hídrico durante el periodo vegetativo de la vid. Enfrentar esta situación para reducir sus impactos supondrá buscar los mejores sistemas de adaptación, variando las prácticas de cultivo y/o modificando las técnicas enológicas. Incluso, en casos extremos, mediante traslados de las zonas de cultivo a sitios más frescos, ponderando tanto la latitud como la altitud.

Está, por ejemplo, el problema de descenso en los niveles de acidez (e incremento de los de pH) de las producciones, presente desde siempre en zonas cálidas y que normalmente se ha corregido por adición de ácidos orgánicos, principalmente tartárico. A medida que ese descenso se acentúa por el calentamiento global, las necesidades y por tanto los costes de la corrección se incrementan. Es por eso que la adición de ácidos empieza a ser desplazada por la utilización de técnicas alternativas que rebajan el pH del producto: paso por membranas catiónicas y bipolares alternantes apiladas, o por resinas catiónicas.

La reducción de los niveles de alcohol en vino puede abordarse desde el punto de vista microbiológico mediante la utilización de levaduras de menor poder alcohógeno. Se ha ensayado con éxito algún género de levaduras no Saccharomyces y se están haciendo esfuerzos por seleccionar cepas de Saccharomyces con esas mismas características. Existen otras soluciones técnicas para mitigar el problema: la osmosis inversa, o la destilación a presión reducida, técnicas aprobadas por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) en los últimos años.

Tema de gran complejidad es el de los fenoles, una familia de compuestos responsables de muchos de los atributos sensoriales de los vinos: intensidad y matiz del color, amargor, astringencia y volumen de boca. El calentamiento del clima conduce hacia una reducción del potencial fenólico de las uvas lo que se traduce en unos vinos menos intensos de color, más astringentes y amargos, por una maceración en presencia de pepitas insuficientemente maduras, y menos voluminosos en general. Entre las técnicas que se utilizan en enología para compensar el déficit de color, por ejemplo, están aquellas que tratan de favorecer las extracciones del hollejo e incrementar la transferencia de fenoles al mosto-vino: la criomaceración, la maceración con hielo carbónico, la utilización de ultrasonidos o la maceración prolongada y el delestage, con o sin eliminación previa de las pepitas. Para neutralizar las sensaciones de amargor y astringencia se propone, por ejemplo, la utilización de manoproteínas y polisacáridos de las paredes celulares de las propias levaduras o la microoxigenación para acelerar la polimerización de los fenoles.

Con respecto a medidas de gestión del viñedo, requerirán de mayores esfuerzos, pero podrán ayudar a mejorar la adaptación ante cambios más acentuados del clima. Introducir modificaciones en las prácticas de cultivo (poda, operaciones en verde, conducción, riego, empleo de cubiertas, etc.) podrá constituir una buena herramienta que facilite esa adaptación.

Retrasar mucho la poda, hasta más allá de la brotación, por ejemplo, o ampliar el número de yemas dejadas y reducir así el vigor, rematando con operaciones en verde y aclareos, pueden ser técnicas adecuadas para retrasar el ciclo vegetativo y reproductor y favorecer un proceso de maduración más adecuado.

Practicar deshojados o despuntes enérgicos puede contribuir a retrasar considerablemente el desarrollo del ciclo y por ende de la maduración de la uva. Sin embargo, éstos han de practicarse cuidadosamente, y no en todas las condiciones: habrá que evitar a toda costa la sobreexposición de los racimos a la radiación inductora de sobrecalentamientos indeseables. El empleo de técnicas no destructivas (antitranspirantes de fácil aplicación y biodegradables) con ese mismo objetivo podría ser una buena solución.

Incrementar las inversiones en nuevas infraestructuras de riego, o para mejorar las ya existentes, podrá constituir un mecanismo más de adaptación, haciendo aquel más eficiente. El riego constituye una herramienta común de gestión del viñedo en nuestra región, donde las ya más de 200.000 ha. irrigadas y la creciente demanda de agua por parte del sector puede contribuir al declive de los niveles piezométricos de los acuíferos. Afortunadamente, la calidad de la uva para vinificación alcanza solo elevadas cotas en condiciones subóptimas de abastecimiento hídrico, disminuyendo drásticamente con producciones excesivas en respuesta al riego, lo que refuerza el interés de que su uso sea moderado. Una gestión sostenible del agua mediante una solución de compromiso entre el coste ambiental y los requisitos en agua de la planta para una producción de calidad, podrá ser una estrategia rentable para el viticultor. Lo más adecuado consistirá en utilizar técnicas de riego deficitario controlado, de desecación parcial de raíces, o de riego con déficit sostenido aplicadas todas con base en el estatus hídrico de la planta.

Los cambios en el manejo del suelo encaminados a minimizar las pérdidas por escorrentía, drenaje o evaporación, a aumentar la profundidad de suelo explorable por las raíces, a mejorar la estructura, el contenido en materia orgánica y la flora y fauna edáficas redundan en una mayor capacidad de retención del agua de lluvia y, en consecuencia, en una reducción de las necesidades de riego.

Dirigir la selección de nuevos patrones hacia el desarrollo de sus capacidades para extender su sistema radicular y para extraer agua, así como por propiedades como la conductividad hidráulica, podrán contribuir a la mejora del volumen de agua disponible y de la economía en el uso del agua.

El empleo de cubiertas vegetales y acolchados es una práctica de creciente interés no solo por reducir la evaporación directa desde el suelo, si no porque se limita la pérdida de agua por escorrentía, se evita la compactación del suelo y se protege de las oscilaciones térmicas, mejorándose el confort de la micro y macrobiota edáficas y la liberación de nutrientes al medio. Estas prácticas tienen un indudable interés en la mejora de la

eficiencia del uso del agua ya que pueden contribuir a reducir la evaporación directa suelo-aire entre un 10 y un 20 % de la total. Otra consecuencia de esas prácticas en relación con la economía de agua sería la reducción de área foliar que provocan; la cubierta compite con la vid y desacelera su crecimiento vegetativo primaveral lo que resulta altamente beneficioso para moderar el consumo hídrico en el verano, por reducción de la demanda. Sin embargo, para que se consiga el efecto deseado, el manejo ha de ser exquisito de manera que se evite la competencia por el agua del suelo tras la primavera.

Otra vía de adaptación con futuro está en la selección genética de material vegetal más eficiente en el uso del agua, utilizándose para ello técnicas de selección convencional, o técnicas biotecnológicas. El extenso catálogo de variedades ya existente crea expectativas de que se puedan identificar aquellas de mayor interés por este carácter, así como conseguir otras nuevas a partir de ellas. El tema resulta, sin embargo, muy complejo dado el fuerte vínculo que suele existir entre el territorio, las variedades y la calidad-tipicidad de los vinos y la rígida legislación respecto a la autorización de cambios varietales. Una vía clásica de efectividad probada, que trata de explotar la variabilidad intravarietal para ese carácter, sería la selección clonal.

Conclusiones

La extensión de la certeza de que la vitivinicultura es vulnerable al cambio climático es un hecho, así como lo son la necesidad de evaluar cómo éste puede afectar al potencial productivo de la vid y a la calidad del vino y de plantear estrategias adecuadas que faciliten una adaptación al mismo del sector para mitigar sus impactos.

Como hemos visto, el cambio climático podrá afectar a la cantidad y a la calidad de nuestros vinos y, por tanto, a su competitividad, aunque el impacto podrá verse mitigado si se adoptan medidas pertinentes; entre ellas, adaptar las prácticas culturales y en bodega a las nuevas condiciones por parte de viticultores y empresas enológicas. Éstos podrán contribuir tratando de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando la gestión del agua y buscando la eficiencia energética mediante el uso energías renovables. Las posibilidades de que esa adaptación se lleve a cabo de manera efectiva aumentarán si se ven favorecidas por decisiones políticas y por los medios y métodos puestos en juego. Informar y sensibilizar a los viticultores y bodegueros sobre los riesgos que el calentamiento del clima entraña para el cultivo y las elaboraciones, así como de la necesidad de tomar medidas, parece una línea de trabajo necesaria. Como gran parte de estas medidas son experimentales, se amplían las posibilidades a la acción conjunta del sector con los Centros de Investigación y las Universidades para la puesta a punto y el desarrollo de proyectos innovadores sobre la temática.

El desafío a que se enfrenta la vitivinicultura en Castilla-La Mancha ante el cambio de escenario climático al que ya estamos asistiendo no es trivial. Mantener o incrementar la competitividad de nuestros vinos en ese contexto, y en un mercado cada vez más exigente y globalizado, va a precisar tanto de medidas de control de la oferta, que velen por la calidad de las producciones, como de una gran plasticidad en las fórmulas de adaptación, incluyendo la autorización de nuevas plantaciones en comarcas consideradas poco aptas en el pasado y cambios en los catálogos de variedades autorizadas.

Bibliografía

DE LA FUENTE, M., LINARES, R., BAEZA, P. Y LISARRAGUE, J.R. (2007). Efecto del sistema de conducción en climas semiáridos sobre la maduración, composición de la baya y la exposición de los racimos en Vitis vinífera. L. cv. Syrah. Congreso Internacional Clima y Viticultura (Conclivit). Zaragoza.

FRAGA, H., MALHEIRO, A.C., MOUTINHO-PEREIRA, J. AND SANTOS, J.A. (2012). An overview of climate change impacts on European viticulture. Food and Energy Security 1(2): 94-110.

MARTÍNEZ DE TODA, F. AND BALDA, P. (2013). Delaying berry ripening throught manipulating leaf area to fruit ratio. Vitis 52 (4), pp. 171-176.

MEDRANO, H., POU, A., BALDA, P., TOMÁS, M., MARTORELL, S., FLEXAS, J., GULIAS J., GAGO, X., HERNÁNDEZ MONTES, E., TORTOSA, I. Y ESCALONA, J.M. (2016). El agua y la vid: consumos, eficiencias y mejora potencial. Actas II Jornadas del grupo de viticultura de la SECH. 3-4 de noviembre. Madrid.

SALA, C., BUSTO, O., GUASCH, J. AND ZAMORA, F. (2004). Influence of vine training and sunlight exposure on the 3-alkyl-2-methoxypyrazines content in musts and wines from the Vitis vinifera variety Cabernet sauvignon. J. Agric. Food Chem., 52: 3492-3497.

SCHULTZ, H.R. AND JONES, G.V. (2010). Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. Journal of Wine Research, 21: 2, pp. 137-145.

SIPIORA, M. (2009). Phenological, yield and fruit maturation responses of merlot grapevines to timing of winter pruning. 16th International GiESCO Symposium. July 12-15. University of California, Davis.

RESCO, P. (2015). Viticultura y Cambio Climático en España: vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica. Madrid, 194 pp.

TONIETTO, J. AND CARBONNEAU, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. Agricultural Forest Meteorology 124, pp. 81-97.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

El pistachero ante el cambio climático en España

José Francisco Couceiro López; María Jesús Cabello Cabello; Esaú Martínez Burgos;, Stefano Armadoro.

[1] Centro de Investigación Agroambiental El Chaparrillo – Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF). Crta de Porzuna s/n 13071 Ciudad Real.

Introducción y situación actual

El conocimiento del pistacho en España es todavía muy limitado. La edad media de las plantaciones regulares que generaron la inercia del establecimiento de las siguientes ya supera los 20 años, en su mayoría iniciadas en Castilla-La Mancha en la década de los años 90 (Foto 1). En aquellos tiempos, además de ser un gran desconocido, la climatología no resultaba muy propicia en su desarrollo, al verse afectada con relativa frecuencia la floración con las heladas primaverales tardías y el injerto con las temperaturas extremas del verano. Este último hecho generó una profunda desconfianza en numerosos agricultores ralentizando su expansión.

En la actualidad (2017) la seguridad del agricultor se ha reforzado gracias a numerosos factores pero sobre todo a la consolidación productiva de las primeras plantaciones, al aumento significativo del prendimiento en campo y a las excelentes perspectivas de futuro de este fruto seco. De esta manera, el incremento de superficie anual ya supera las 5.000 ha y, a las más de 15.000 ha de superficie actuales, habría que añadir una producción cercana a las 1.500 toneladas en unas plantaciones que, en su mayoría, todavía son muy jóvenes.

Efectos constatados

Además del indiscutible incremento del prendimiento del injerto en campo, también ha quedado evidente la menor incidencia de daños en floración por heladas y un mayor desarrollo de los portainjertos en sus prime-



Foto 1.: Plantación de más de 25 años en la Finca Experimental La Entresierra (CIAG El Chaparrillo – IRIAF).

ros años, como lo prueba la menor diferencia de grosor en el punto del injerto entre variedad y portainjerto en las plantaciones más recientes. Esta circunstancia, sumada al éxito del injerto, está facilitando la consecución de unas plantaciones más homogéneas en relación a las de antaño (Foto 2).

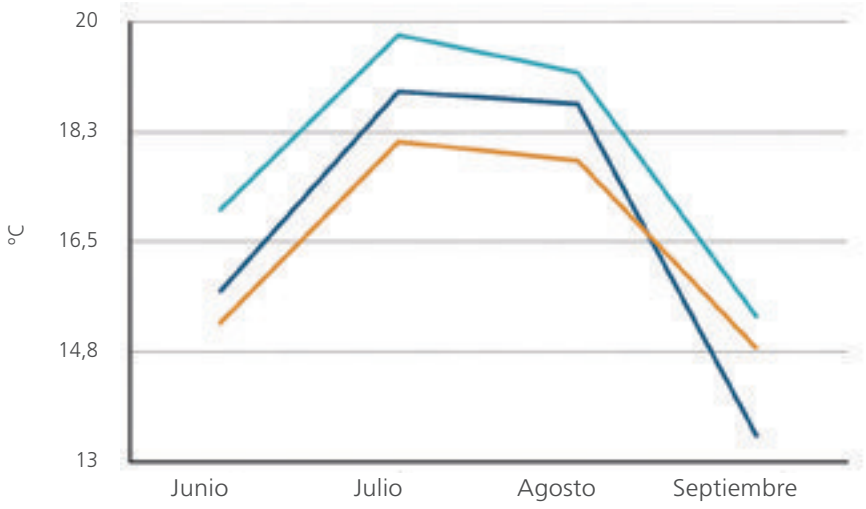
Profundizando en este último aspecto, el porcentaje de prendimiento de injerto en campo, tarea habitual a realizar en verano en aquellas plantaciones cuya planta no viene ya injertada de vivero, que representan alrededor del 75% del total, desde el CIAG El Chaparrillo hemos podido constatar que el porcentaje de éxito en la ejecución del injerto en campo se ha elevado sustancialmente en los últimos 3-5 años, pasando la media de ser alrededor de un 35 % en la primera década del siglo XXI (e incluso más bajo en décadas anteriores) a más de un 60% de media de porcentaje de éxito en las injertadas en el último lustro. Esto es debido en gran parte al aumento de las temperaturas mínimas nocturnas estivales, fenómeno ya constatado experimentalmente (Figura nº1). Según nuestra interpretación, a bajas temperaturas (< 18-20 °C) la consolidación del callo de soldadura entre injerto y planta se ralentiza o se detiene completamente, actuando las elevadas temperaturas diurnas posteriores de forma letal sobre este incipiente tejido de cicatrización, haciendo que el injerto falle por falta de agarre.

También las medias de máximas han aumentado (Figura nº 2), aunque de una manera más estable y con menores diferencias en relación a las medias de mínimas para los mismos periodos. Todo ello se ha traducido en que la oscilación térmica media, es decir, la diferencia entre las medias de máximas y las medias de mínimas haya ido disminuyendo de forma evidente (Figura Nº 3), favoreciendo el injerto de verano, sobre todo el realizado durante el mes de septiembre, momento en el que confluye una bajada de temperatura acompañada de una menor oscilación térmica.

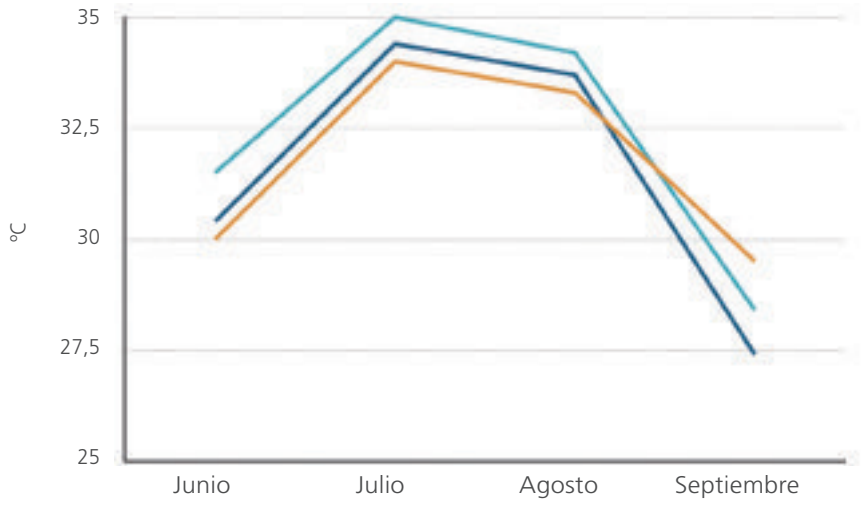


Foto 2.: Plantaciones jóvenes más homogéneas gracias al mayor desarrollo de los portainjertos y su éxito del injerto en los últimos años.

Evolución de las Temperaturas Medias de Mínimas (Tmm) en Ciudad Real en diferentes décadas durante el período del injerto en campo



Evolución de las Temperaturas Medias de Máximas (TmM) en Ciudad Real en diferentes décadas durante el período del injerto en campo



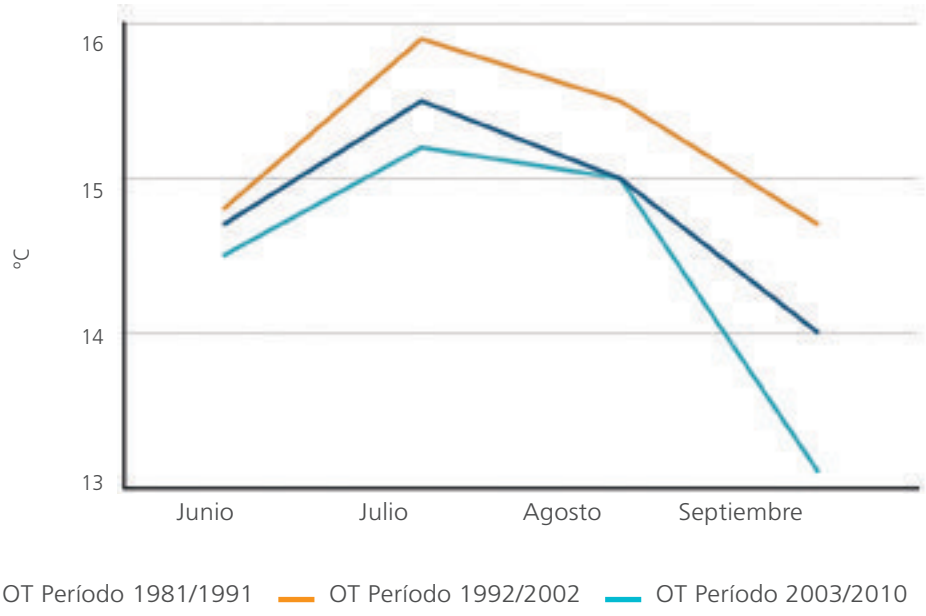
Hace poco más de veinte años, las heladas primaverales tardías de radiación en Castilla-La Mancha eran relativamente frecuentes y podían afectar al pistachero en floración (últimos daños constatados fueron en la primavera de 1993), pero en la actualidad, ese tipo de heladas han dado paso a las de advección, es decir, masas de aire frío procedentes del norte que solo afectan a las plantas de porte bajo dentro de su ámbito de influencia.

Otro efecto positivo ha sido el aumento de la frecuencia de las primaveras cálidas las cuales propician un adelanto de la madurez de los frutos y, por tanto, de su recolección, con todas las ventajas que este hecho conlleva en relación a la disminución de aflatoxinas, sustancias nocivas para la salud que son producidas por hongos, principalmente del género *Aspergillus*. Al anticiparse la recolección en el tiempo, disminuyen los riesgos de lluvias y/o incremento de la humedad ambiental propios del otoño, y tan favorables para la proliferación de hongos en almacén o en campo.

Por el contrario, y como aspecto negativo, cada vez se observan con más frecuencia cambios bruscos de temperatura en dos momentos del año: otoño y primavera. Estas inesperadas oscilaciones suelen afectar negativamente a las plantaciones, sobre todo a las más jóvenes. Los síntomas suelen observarse tanto en árboles de pies vigorosos como en los más débiles y se ponen de manifiesto en el colapso de las ramas de la variedad hasta el nivel del suelo. La dimensión de los daños dependerá del intervalo de esa bajada y de la magnitud de la temperatura mínima alcanzada. En cualquier caso, siempre que se producen estos fenómenos, aunque la parte aérea se seca, posteriormente comienzan a aparecer retallos de la parte más resguardada (portainjerto) que se podrán reinjertar de nuevo durante el periodo estival.

Las zonas más al sur de la Península Ibérica que hace solo 10 años se situaban en el límite de las zonas aptas para el cultivo al disponer de las horas frío mínimas necesarias, en la actualidad comienzan a carecer de ellas. El efecto contrario se ha visto en determinadas áreas de Castilla y León con el mínimo necesario

Evolución de la Oscilación Térmica (TmM - Tmm) en Ciudad Real en diferentes periodos



de unidades de calor para una correcta maduración de los frutos, circunstancia que afortunadamente en la actualidad va siendo menos frecuente.

Previsión de futuro

Si las temperaturas siguen con su tónica ascendente, las variedades actualmente situadas geográficamente en el límite de sus necesidades térmicas, deberán reubicarse en áreas más propicias. Por lo tanto, zonas como casi toda Andalucía Occidental (salvo las zonas de mayor altitud) y Extremadura, correrán mayores riesgos asociados a la falta de acumulación de horas frío en invierno (temperatura umbral ≤ 7ºC), como pueden ser la falta de sincronización entre la floración de machos y hembras, las brotaciones y las floraciones anómalas, todo lo que redundará en una pérdida de rendimiento, como está sucediendo con cada vez más asiduidad en otras partes del mundo.

Los nuevos riesgos

Si este calentamiento global viene acompañado, durante un periodo prolongado de tiempo, de una reducción en el régimen pluviométrico, la agricultura de secano tendría los días contados. En esa situación el pistachero sería una de las pocas especies con posibilidades de supervivencia, sobre todo en los suelos con capacidad de retención de agua.

Soluciones. Medidas de adaptación y mitigación

En las zonas más afectadas por la falta de horas frío o la escasez de unidades de calor habría que jugar con el ciclo de las diferentes variedades. De esta manera podríamos establecer, para cada área geográfica, las variedades más convenientes para el futuro (Foto 3).

El desarrollo de nuevas variedades, con menores requerimientos térmicos, se hará más necesario aún si queremos mantener el cultivo en ciertas zonas donde ahora está casi al límite de su adaptación climática. Este trabajo requerirá de mayores esfuerzos e inversiones en investigación.



Foto 3.: Racimo de la variedad Larnaka en una plantación de secano de la provincia de Ciudad Real.

Obviamente las zonas más afectadas tanto en Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Comunidad de Madrid serían las de secano, lo que supone más del 90% de la superficie de este cultivo. Por esta razón sería aconsejable establecer un plan para el reparto del agua a nivel peninsular, erigir las infraestructuras necesarias para poder trasladarla a las zonas secas y mitigar de alguna manera esta futura e ineludible circunstancia.

Con el aumento de superficie de cultivos leñosos en las zonas áridas reestableceríamos el balance de humedad entre suelo y atmósfera, favoreciendo considerablemente la probabilidad de precipitaciones en esas zonas.

Visión del autor. Reflexión

En términos generales el calentamiento global está favoreciendo la expansión de este cultivo en nuestro país, aunque también es cierto que no pocas de las áreas se encontrarían en el límite de los requisitos climáticos a cumplir.

Al haberse elevado el prendimiento del injerto los agricultores han ido adquiriendo una mayor simpatía y confianza en el cultivo, al poder establecerlo con una inversión mínimamente aceptable para sus bolsillos.

El cambio climático, por el contrario, está perjudicando su desarrollo en países tan emblemáticos en la producción de este fruto seco como EEUU (California) o Irán. Los problemas derivados de la falta de frío con su variedad Kerman, caso de las plantaciones del valle de San Joaquín en California, o la cada vez más frecuente escasez de agua, caso iraní, suponen una oportunidad más para la producción del pistacho español.

Bibliografía

COUCEIRO, J. F.; GUERRERO, J.; GIJÓN, M. C.; MORIANA, A.; PÉREZ, D.; RODRÍGUEZ, M., (2017). El Cultivo del Pistacho. Ed. Mundi Prensa.772 pp.

COUCEIRO , J.F; CORONADO, J.M.; MENDIOLA, M.A. (1998) Experiencia sobre el Injerto de Pistachero en Castilla-La Mancha. Revista Fruticultura Profesional, 92: 20-28

GUERRERO J.; MORIANA, A; COUCEIRO, J.F.; MENDIOLA, M.A., (2004) La Operación de Injerto en Pistachero. Condicionantes en Castilla-La Mancha. Fruticultura profesional, 140: 41-53

GUERRERO J.; COUCEIRO, J.F.; MORIANA A. (2005) Diez razones para un futuro esperanzador del pistacho en Castilla-La Mancha. Caja Rural 191: 38-39

GUERRERO, J.; GIJÓN, M.C.; MORIANA, A.; COUCEIRO, J.F. (2006). La Recolección y el Procesado del Fruto en el Pistachero. Vida Rural, 232: 50-58

Efectos del cambio climático en el cultivo del ajo

David Sánchez Gómez y Álvaro Sánchez Virosta
[1]*Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF), Centro de Investigación Agroforestal de Albaladejito (CIAF), Carretera Toledo-Cuenca, km 174, 16194, Cuenca.*

Introducción

El ajo (*Allium sativum* L.) es una especie hortícola que tiene una gran importancia social y cultural en nuestro país. Se trata de un condimento básico en la cocina tradicional española y de un alimento funcional que se viene usando desde antiguo por sus propiedades beneficiosas para la salud, ya que es rico en compuestos azufrados y presenta una elevada capacidad antioxidante. Además, recientemente, sus propiedades como alimento funcional están dando origen a nuevos productos de creciente demanda como es el caso del ajo negro. Según la US National Library of Medicine los trabajos de investigación biomédica sobre el ajo se han incrementado más de un 1000% en los últimos 30 años. España es el tercer país europeo productor de ajo y dentro de España, Castilla-La Mancha es la principal región productora (15.836 ha de superficie de cultivo y 112.343 t de producción en 2016, datos del MAPAMA) concentrando más de la mitad de la producción nacional de ajo. El cultivo del ajo por tanto, juega un papel vertebrador de la vida rural en Castilla-La Mancha, representando el motor de la economía en muchos municipios de las dos provincias ajeras por excelencia (Cuenca y Albacete). Como consecuencia del cambio climático, se espera una alteración en el régimen de lluvias que unido al aumento creciente de las temperaturas, hará que aumente la aridez en la región. Esto puede tener consecuencias negativas en los rendimientos de los cultivos en general, y del ajo en particular, suponiendo una amenaza potencial para la economía de Castilla-La Mancha. El impacto del cambio climático se ha estudiado profusamente en cultivos como los cereales, las leguminosas, el girasol, la vid o el olivo. Sin embargo, la información disponible respecto al cultivo del ajo es ciertamente escasa. En el IRIAF se ha iniciado una nueva línea de investigación sobre ecofisiología del estrés en cultivos de interés regional que está empezando a evaluar el impacto potencial del cambio climático en la fisiología y rendimientos del ajo así como la capacidad de respuesta y adaptación de este cultivo a los escenarios climáticos previstos.

Efectos Constatados

Existen tres factores ambientales fundamentales que pueden afectar al desarrollo vegetativo del ajo y por tanto sus rendimientos productivos. Estos son la disponibilidad hídrica, la temperatura y la concentración atmosférica de CO_2. En relación con la disponibilidad hídrica, un estudio reciente llevado a cabo en el IRIAF muestra que el déficit hídrico (nivele del 15% en contenido volumétrico de agua del suelo, mantenido desde el inicio de la bulbificación hasta la cosecha) produce reducciones en la producción y rendimientos de ajo. Sin embargo, hay que destacar que el impacto del déficit hídrico dependió de la variedad. En primer lugar las variedades tempranas o de ciclo corto ("spring") se vieron menos afectadas, probablemente por adelantar su ciclo de crecimiento, anticipándose al momento en el que el déficit hídrico es más acusado (finales de primavera-verano).

En segundo lugar, dentro de las variedades tardías o de ciclo largo, se observó que las variedades tradicionales, y en particular, el ajo fino de Chinchón tuvo un menor impacto por déficit hídrico que otras variedades comerciales como el ajo blanco "Gardacho" (Gráfico 1). Por otra parte, el déficit hídrico podría tener un efecto positivo respecto al impacto de determinadas plagas y enfermedades. En este mismo estudio se pudo constatar que la afección por el hongo *Penicilium sp* se atenúa en condiciones de sequía en las variedades de ciclo largo (Tabla 1).

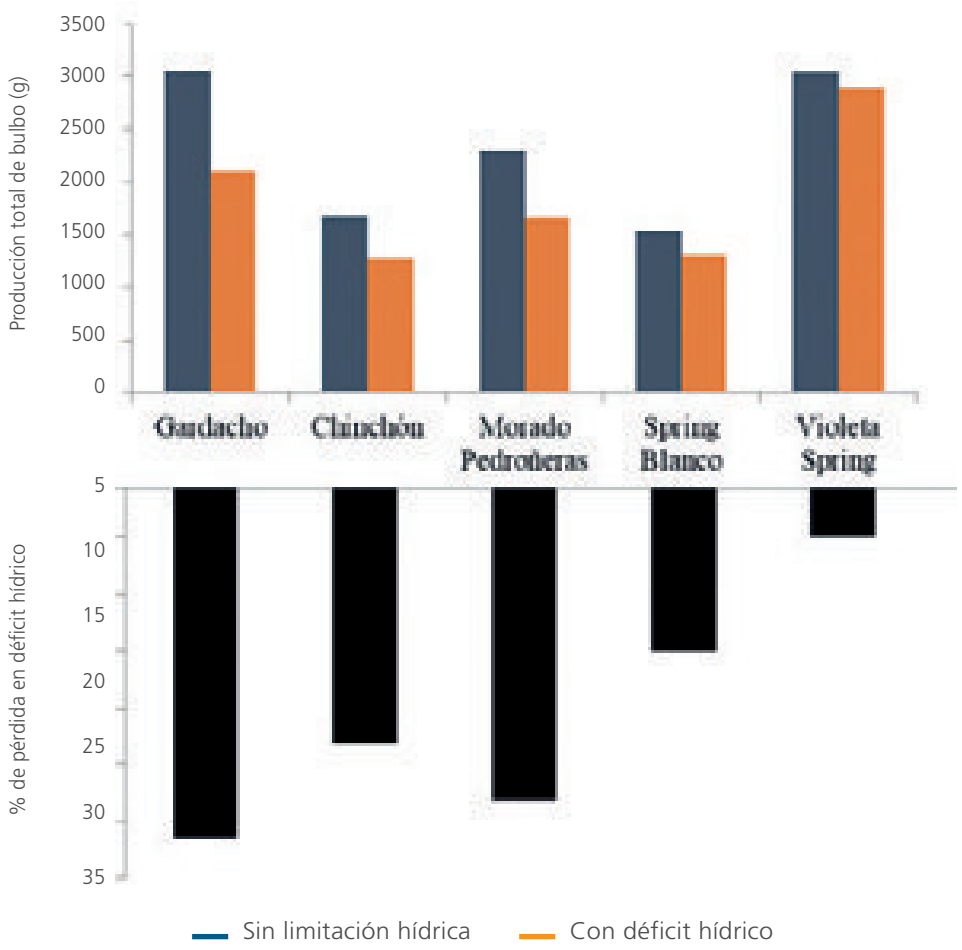


Gráfico 1.: Producción total de bulbo (suma de pesos de los bulbos producidos) para cada disponibilidad hídrica en las diferentes variedades estudiadas y porcentaje de pérdidas en la producción de bulbo en las parcelas sometidas a déficit hídrico respecto de aquellas sin limitación hídrica. Elaboración propia a partir de datos experimentales llevados a cabo en el Centro de Investigación Agroforestal de Albaladejito del IRIAF.

Además se observó que la sensibilidad del ajo a *Penicilium sp* no sólo dependió de la disponibilidad de agua en el suelo sino también de la variedad. Por ejemplo la variedad "Violeta Spring" fue muy poco sensible a la enfermedad mientras que "Spring Blanco" fue muy sensible bajo las mismas condiciones experimentales. Aunque la reducción de la disponibilidad de agua en el suelo puede afectar a la producción y rendimientos de ajo, en Castilla-La Mancha y en España en general, se ha producido en este cultivo una transición progresiva del secano al regadío en los últimos 30 años. Estoha permitido asegurar una buena disponibilidad de agua en el cultivo independientemente de las condiciones ambientales y por tanto evitar el déficit hídrico. Esta transición se ha traducido en un aumento paralelo de los rendimientos del ajo en la región (Grafico 2A). Sin embargo, investigaciones recientes por parte del Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) y la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) indican que en general se está regando por encima de las necesidades hídricas del cultivo. Existiría margen para reducir los aportes de agua de riego en 650 m^3/ha,

ahorrando así recursos hídricos. Además mediante técnicas de optimización del riego como el "Riego Deficitario Optimizado por Etapas" (ORDI) se podrían minimizar pérdidas en rendimientos maximizando el ahorro de agua (Léllis et al. 2016).

Con respecto al efecto de las temperaturas, no se conocen estudios desarrollados en Castilla-La Mancha o en España. Sin embargo, sí existe información procedente de otros países en los que se han estudiado otras variedades de ajos. Por ejemplo en un proyecto de investigación llevado a cabo en Argentina (Roig 2013) se observó que un aumento de la temperatura del aire de unos 2 ºC en inverno y 5 ºC en primavera se tradujo en un aumento del área foliar (desarrollo de mayor superficie de hojas), una mayor altura de la plantas, un acortamiento del ciclo vegetativo, pero iguales rendimientos de bulbo. Por otra parte, se produjo una atenuación del color de los dientes en variedades rojas o moradas. Otros estudios experimentales muestran que el aumento de las temperaturas durante el desarrollo vegetativo del cultivo, no sólo reducen el periodo vegetativo, acortándose el tiempo hasta la cosecha, sino que se mejora la formación del bulbo y se producen bulbos más pesados en variedades de ajo local de China (Wu et al. 2016).

En relación al efecto del incremento atmosférico en la concentración de CO_2 no existen estudios específicos en ajo, pero se sabe de manera general que el incremento de CO_2 atmosférico puede ser positivo para el crecimiento del cultivo, por su efecto fertilizador sobre la fotosíntesis. Además, niveles altos de CO_2 inducen el cierre de los estomas de las hojas, disminuyendo las pérdidas de agua por transpiración y aumentando la eficiencia en el uso del agua del cultivo (Tuba et al. 1994).

En los últimos 30 años se ha producido en Castilla-La Mancha un aumento de las temperaturas medias de 1 ºC al tiempo que han disminuido moderadamente las precipitaciones, aproximadamente 10 mm por década (de Castro Muñoz de Lucas 2008). Además, los niveles de CO_2 atmosférico han pasado de 325 a 407 ppm. Durante este periodo de tiempo se observa un claro incremento en los rendimientos tanto en España como en Castilla-La Mancha (Gráfico 2A). Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, la causa de este incremento en los rendimientos se debe a la transición acontecida de cultivos de secano, a cultivos de regadío, que generan mayores rendimientos (Gráfico 2B). En la década de los 70, en Castilla-La Mancha menos del 20% de los cultivos eran de regadío mientras que actualmente, prácticamente el 100% es regadío, siendo los cultivos de secano testimoniales. De hecho, si se analizan

	Variedad				
	Gardacho	Chinchón	Morado Pedroñeras	Spring Blanco	Violeta Spring
Mortalidad por Penicilium sp (%) sin limitación hídrica	20	20	18,3	35	8,3
Mortalidad por Penicilium sp (%) déficit hídrico	16,7	18,3	13,3	35	8,3

Tabla 1.: Porcentaje de mortalidad por Penicilium sp en los distintos tratamientos hídricos y diferentes variedades de ajo estudiadas durante la campaña 2015-2016. Elaboración propia a partir de datos experimentales llevados a cabo en el Centro de Investigación Agroforestal de Albaladejito del IRIAF.

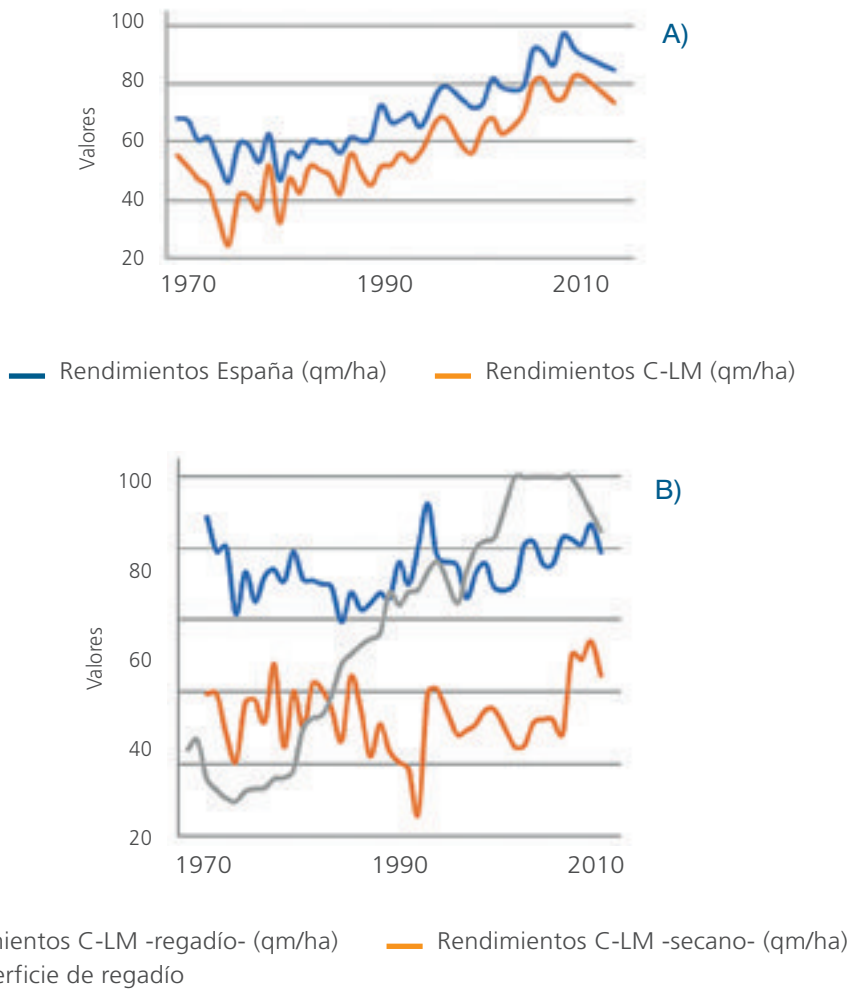


Grafico 2.: Series temporales de los rendimientos de ajo en España y Castilla-La Mancha (A) y rendimientos en Castilla-La Mancha desglosados según superficie de secano o regadío, así como porcentaje de la superficie total cultivada dedicada a regadío (B). Elaboración propia a partir de datos de los Anuarios de Estadística Agraria (MAPAMA). Se recoge el periodo 1971-2014.

por separado, no se observa una tendencia significativa de evolución en los rendimientos, ni en los cultivos de secano ni en los de regadío (Gráfico 2B). Esto es llamativo ya que en los últimos 30 años se han producido indudables mejoras en el cultivo del ajo, como ha ocurrido también en otros cultivos de la región (p. ej. mayor tecnificación, mejora de las técnicas de cultivo, introducción de nuevas variedades más productivas y utilización de mejor calidad de "semilla"). Es muy improbable que todas estas mejoras técnicas y agronómicas no hayan tenido un efecto positivo sobre los rendimientos. Esto invita a pensar que otros factores (como el cambio climático) deben haber contribuido negativamente en la misma magnitud, contrarrestándose unos efectos a otros, dando como resultado la aparente estabilidad de rendimientos, tanto en secano como en regadío, observada en los últimos 30 años (Gráfico 2B).

Previsión de futuro

El ajo es un cultivo muy dependiente de la temperatura para su correcto desarrollo. Por ejemplo, el ajo necesita la acumulación de horas de temperaturas inductivas para el control y duración del periodo de latencia y para que se produzca una correcta bulbificación. Como se ha explicado anteriormente, hay estudios que indican que el aumento de temperaturas, una vez iniciado el desarrollo vegetativo del ajo resultaría beneficioso para la bulbificación y la producción de bulbos de más peso, sin embargo, las temperaturas más altas en el invierno podrían reducir la acumulación de horas de frío (vernalización) durante el periodo de latencia del ajo lo que podría tener consecuencias negativas en el desarrollo vegetativo posterior produciéndose alteraciones fisiológicas y mermas en la producción. Como consecuencia del aumento de las temperaturas medias, diferentes estudios indican que se produciría un acortamiento del ciclo vegetativo. Concretamente, para el ajo morado, se prevé un acortamiento de 28 días en el ciclo vegetativo para el año 2070 (Domínguez et al. 2008). Además de producirse una aumento de las temperaturas medias, también se producirá un aumento de las temperaturas máximas que, en combinación con los altos niveles de radiación solar de primavera y verano, podría aumentar la probabilidad de las hojas de sufrir daño oxidativo. Esto podría tener consecuencias negativas para el crecimiento vegetal y por tanto podría disminuir los rendimientos. Como se ha explicado anteriormente el aumento de las temperaturas también puede afectar a la calidad del ajo producido, por ejemplo atenuando la coloración de los dientes de variedades rojas o moradas. Por otra parte, el aumento de las temperaturas implicaría un incremento de la evapotranspiración del cultivo que, unido a unas menores precipitaciones, aumentaría el déficit hídrico. En relación a este punto, simulaciones realizadas con modelos predictivos indican que si las precipitaciones se redujeran hasta los 410 mm, el ajo aumentaría sus necesidades hídricas en unos 270 m^3 /ha, reduciéndose la productividad del agua de riego menos del 10% (Lorite 2002). Esto es, ciertamente, un impacto menor si se compara con otros cultivos. Por ejemplo, en el maíz aumentarían las necesidades de riego en 1830 m^3/ha y la reducción de la productividad del agua de riego sería superior al 20% bajo las mismas condiciones. Otras simulaciones realizadas para la Cuenca del Júcar y el ajo morado en particular (Domínguez et al. 2008), indican que la productividad futura del ajo podría incluso incrementarse ligeramente.

Es importante tener en cuenta también la modificación previsible en los patrones temporales e incidencia de plagas y enfermedades. Los cambios ambientales no sólo influirían en que pudieran producirse más o menos daños debido a plagas y enfermedades, si no que estas plagas y enfermedades podrían aparecer antes o después, afectando a etapas del cultivo diferentes a las que venían siendo habituales.

Por **último,** habría que considerar el efecto estimulante del crecimiento vegetal que tendría el aumento de la concentración de CO_2 atmosférico.

En resumen, el impacto potencial del cambio climático sobre el cultivo del ajo es multifactorial y complejo, produciendo efectos tanto positivos como negativos en la fisiología y rendimientos del cultivo. En base a la información parcial disponible, resulta difícil predecir si el resultado neto del cambio climático en los rendimientos de ajo será favorable o desfavorable, aunque comparativamente con otros cultivos el ajo mostraría una menor sensibilidad al cambio climático.

Soluciones. Medidas de adaptación y mitigación

Medidas de adaptación.

Será necesario realizar ajustes en el calendario de las actividades agrícolas así como modificaciones en las condiciones del cultivo, por ejemplo actuando sobre las rotaciones o reajustando fertilización y riegos. Además, sería importante implementar estrategias orientadas a optimizar el uso del agua como los riegos deficitarios. Debido al aumento de las temperaturas, las zonas más adecuadas para el cultivo se moverán

previsiblemente hacia el norte y a zonas de mayor altitud por lo que será necesario considerar el desplazamiento de los cultivos a hacia estas zonas. Por otra parte, la elección adecuada de variedades será fundamental. Como se ha indicado anteriormente las distintas variedades de ajo difieren en su respuesta a las condiciones ambientales por lo que disponer de alternativas varietales será un aspecto central para la adaptación del cultivo frente al cambio climático. Además, habría que tener en cuenta otras medidas como la selección individual, consistente en la selección de aquellos individuos dentro de una población que presenten caracteres deseables. La multiplicación posterior de dichos individuos aumentaría progresivamente las capacidades de adaptación del cultivo ante condiciones climáticas adversas.

Medidas de mitigación.

Se pueden citar medidas generales como la reducción del uso de combustibles fósiles y sus sustitución por fuentes de energía alternativas, la reducción de la producción de subproductos y residuos, el seguimiento de buenas prácticas agrarias (BPA) así como la adopción de modalidades alternativas de producción como la integrada y la ecológica.

Visión del autor. Reflexión

La información disponible y los estudios desarrollados hasta la fecha indican que el ajo es un cultivo relativamente resistente al cambio climático en comparación con otros cultivos, sobre todo en términos de rendimientos. Sin embargo, sí parece probable que se pueda ver afectada la calidad del ajo producido. Esto es muy importante en aquellas variedades que gozan de algún tipo de figura de protección como es el caso de la IGP Ajo Morado de las Pedroñeras, cuyas características distintivas y de calidad podrían verse modificadas por los cambios ambientales. El impacto del cambio climático sobre la calidad del ajo producido ha de recibir una mayor atención en los estudios y evaluaciónes que se hagan en el futuro.

Como se ha indicado anteriormente, existen muy pocos estudios desarrollados específicamente para evaluar el impacto del cambio climático en el ajo. Además, la información disponible es muy parcial y procede mayoritariamente de estudios en los que se analiza el efecto de un único factor aislado. Es urgente por tanto, desarrollar nuevos estudios que evalúen el efecto de múltiples factores ambientales y su interacción en la fisiología y crecimiento del ajo de una manera más global. Esto es fundamental para poder evaluar adecuadamente el potencial adaptativo del ajo frente al cambio climático y generar predicciones de futuro fiables.

La variabilidad en respuesta al déficit hídrico observada en los estudios de ajo desarrollado en el IRIAF indica que la selección varietal puede permitir ampliar los márgenes de adaptación del cultivo bajo condiciones más áridas complementando y potenciando otras medidas de adaptación que ya han sido citadas. En el futuro, el protagonismo del sector ajero en la economía de región dependerá en buena medida de la capacidad de adaptación biológica del propio cultivo y de la adopción de medidas técnicas y agronómicas adaptadas a las nuevas condiciones ambientales.

Bibliografía

DE CASTRO MUÑOZ DE LUCAS M (2008) Clima y Cambio Climático en Castilla-La Mancha. En: Impactos del Cambio Climático en Castilla-La Mancha. pp 21–47. http://www.castillalamancha.es/node/75529

DOMÍNGUEZ A, TARJUELO JM, DE JUAN JA, MARTÍNEZ Á (2008) Efecto del cambio climático en los recursos hídricos y el regadío. En: Impactos del Cambio Climático en Castilla-La Mancha. pp 92–121. http://www.castillalamancha.es/node/75529

LÉLLIS BC, PARDO JJ, TARJUELO JM, MARTÍNEZ-ROMERO A, DOMÍNGUEZ A (2016) Evaluación cuantitativa y cualitativa del cultivo de ajo morado bajo aplicación optimizada de volúmenes limitados de agua de riego. En: XXXIV Congreso Nacional de Riegos. Sevilla, Spain, p B-02.

LORITE IJ (2002) Evaluación del riego de la zona regable del Genil-Cabra (Santaella, Córdoba): índices de calidad de riego. Analistas Económicos de Andalucía, Fundación Unicaja.

ROIG, E. (2013). Simulan el cambio climático en el ajo. [online] UNIDIVERSIDAD. Disponible en: http://www.unidiversidad.com.ar/simulan-el-cambio-climático-en-el-ajo.

TUBA Z, SZENTE K, KOCH J (1994) Response of photosynthesis, stomatal conductance, water-use efficiency and production to long-term elevated CO_2 in winter-wheat. Journal of Plant Physiology 144:661–668.

WU C, WANG M, CHENG Z, MENG H (2016) Response of garlic (*Allium sativum* L.) bolting and bulbing to temperature and photoperiod treatments. Biology Open 5:507–518.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

El almendro en Castilla-La Mancha frente al cambio climático

Martínez Burgos, Esaú; Couceiro López, José Francisco; Cabello Cabello, María Jesús; Armadoro, Stefano.

[1] Centro de Investigación Agroambiental El Chaparrillo – Instituto de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF). Crta de Porzuna s/n 13071 Ciudad Real.

Introducción y situación actual

Castilla-La Mancha, como otras regiones del interior peninsular, está contemplando una verdadera revolución en el sector de la producción de almendra. En tres años ha aumentado la superficie en un 83%, hasta las 114.442 hectáreas, a un ritmo de 18.000 hectáreas anuales. La superficie en ecológico representa un 26% del total regional, y la producción media de almendra grano en los últimos 5 años ha sido de 4.982 toneladas (11% de la prod. media nacional). Las superficies provinciales se distribuyen de la siguiente manera:

Además, la explotación de este frutal se ha intensificado notablemente, sustituyéndose paulatinamente el cultivo tradicional de secano, en los suelos más pobres y de peores cualidades, por plantaciones mucho más modernas y preferiblemente en regadío, que ya representa un 10% de la superficie total.

Esto es debido a la conjunción de dos factores cruciales que han marcado el devenir de todo el sector a nivel nacional en los últimos años: el incremento de los precios de la almendra en el último lustro más allá del 250% con respecto a la media de los últimos años y la aparición de nuevas variedades de floración tardía y autofértiles que facilitan el manejo del cultivo y permiten su introducción en zonas donde hasta ahora sufrían frecuentemente el daño de las heladas primaverales en floración.

Actualmente ha aparecido un nuevo sistema de cultivo denominado en seto o en super alta densidad (Foto 1), en el que se busca, como el viñedo en espaldera, maximizar las producciones por superficie foliar expuesta, y reducir costes mediante la poda y la cosecha totalmente mecanizadas. En Castilla-La Mancha existen unas 100 hectáreas con este sistema, en la vega del Tajo principalmente.

Efectos constatados

Dentro de los cultivos leñosos típicos del secano de Castilla-La Mancha, podemos afirmar que el olivo y el pistachero son más resistentes a la sequía que el almendro, ya que, pese a que es también un cultivo tolerante a la falta de agua, requiere unos mayores aportes hídricos para producir cosechas aceptables y ofrecer un mínimo de rentabilidad al agricultor. La producción de almendra disminuye considerablemente en situaciones prolongadas de déficit hídrico, y los casos extremos de sequía provocan la pérdida de hojas

ALBACETE	CUENCA	TOLEDO	CIUDAD. REAL	GUADALAJARA
62.780 ha	20.822 ha	18.012 ha	12.670 ha	158 ha

Tabla 1.: Superficie de almendro en Castilla-La Mancha. Año 2017. Fuente: Consejería de Agricultura, M.A. y D.R.

y la detención del metabolismo. La combinación de temperaturas más altas y menos cantidad de lluvia, con primaveras y veranos netamente más secos, está poniendo actualmente en riesgo la viabilidad de la producción del secano, sólo sustentada por los precios anormalmente altos que está teniendo la almendra hasta la campaña pasada. Un ejemplo claro de esta afirmación la tenemos en lo acaecido durante el periodo de sequía prolongada de los años 2013 y 2014 en el Sureste español, uno de los más secos desde que se tienen registros, durante el cual se arrancaron entre 12 y 14.000 hectáreas de almendros de secano que no pudieron resistir los rigores de esta sequía extrema (1). Según datos de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, tan sólo en esa comunidad, se vieron afectadas unas 19.000 hectáreas de almendros de secano, la producción se redujo en más de un 30% y la posterior Orden de ayudas para el arranque y replantación de almendro, financiada por las tres administraciones (regional, nacional y europea), supuso el reparto de más de 20 millones de euros entre los agricultores afectados (2).

La primavera es la época en la que se dan los mayores requerimientos hídricos del almendro, y cuando se produce el cuajado y engorde del fruto, creciendo hasta su tamaño definitivo. Por lo tanto, la reducción de las precipitaciones primaverales estaría ya afectando muy negativamente a la productividad de las plantaciones de almendro en secano, que recordemos representan casi el 90% del total en Castilla-La Mancha.

El sustancial aumento del número de días de lluvias intensas (32-64 mm) previsto, agravará los casos de asfixia radicular a la que esta especie es sensible cuando crece en terrenos con poco drenaje. Estas situaciones de alta humedad y poco oxígeno en el suelo tienen, además, una alta correlación con ataques de ciertas enfermedades criptogámicas como Phytophthora o Monilia (Teviotdale, 2001). Foto 2.

En cuanto al aumento de las temperaturas que se está produciendo a causa del cambio climático, el efecto más comprobado en el almendro es el adelanto de su floración, con el consiguiente incremento del riesgo de congelación de las flores por un mayor periodo de exposición a las posibles heladas. El momento del inicio de la floración es una característica de la variedad, y a grandes rasgos depende de dos factores: la acumulación de tiempo por debajo de una determinada temperatura durante los meses de frío (horas con Tª < 7ºC)



Foto 1.: Ensayo de almendro en seto. CIA El Chaparrillo. Ciudad Real.

y la acumulación de tiempo por encima de una determinada temperatura cuando ya se han cumplido estos requisitos de descanso invernal.

Un adelanto del desarrollo floral provoca habitualmente pérdidas de cosecha, al estar la flor y el pequeño fruto en desarrollo expuestos durante más tiempo a posibles episodios de bajas temperaturas. Una sola helada en el momento de la floración o durante los días siguientes daña las flores, con el consiguiente efecto sobre la producción. Así, se estima que como media, el aumento de las temperaturas medias invernales acaecido en los últimos años, seguidos de posteriores episodios de heladas, ha dado al traste con buena parte de la producción de almendra en las regiones del interior peninsular en al menos 4 de los 10 últimos años. Sin embargo, paralelamente al adelanto de la fecha media de floración también se prevé una reducción considerable en el número e intensidad de las heladas primaverales tardías y por lo tanto una disminución en los daños producidos.

Las nuevas variedades que se están introduciendo en el interior peninsular por su floración tardía (Guara, Vairo, Lauranne, etc.) o extratardía (Penta, Mardía, etc), que necesitan acumular bastantes más horas de calor y de frío invernal para florecer, han sufrido en menor medida esta situación de daños por heladas en floración, pero como contrapartida, algunas de ellas tienen una menor resistencia al estrés hídrico, o sus frutos son de mayor tamaño, pero de menor calidad.

Por otra parte, como efecto beneficioso del aumento de temperaturas, se ha constatado un adelanto de la fecha de maduración de la almendra en una horquilla que va de 4 a 7 días, existiendo actualmente algunas variedades que ya pueden cosecharse desde mediados de agosto e incluso antes. Al estar el fruto menos tiempo expuesto a las inclemencias meteorológicas que puedan derribarlo del árbol antes de su recolección, los parámetros de cosecha se ven así favorecidos.



Foto 2.: Almendros sobre patrón Garnem, afectados de asfixia radicular tras episodio de fuertes lluvias.

(1) http://www.rtve.es/noticias/20140605/sequia-asola-levante-espanol-ya-acabado-20-del-cultivo-almendro/948280

(2) https://www.borm.es/borm/documento?obj=anu&id=723016

En cuanto a la distribución y alcance de plagas y enfermedades, mencionar que los cambios en las temperaturas, humedad relativa y precipitaciones están ya afectando a la manera de hacerles frente. Como paradigma de tal situación hay que mencionar por su importancia, los daños que está causando en los almendrales de la provincia de Albacete, la "avispilla del almendro" *Eurytoma amygdali*, un pequeño himenóptero que se detectó por primera vez en nuestro país en 2010 y que ya es considerada una plaga de cuarentena de especial peligrosidad, muy difícil de combatir, (foto 3). Este pequeño insecto pasa el invierno en fase de larva en el interior del fruto que previamente ha consumido, por lo que es muy difícil de combatir con los productos fitosanitarios habituales. La disminución de la frecuencia e intensidad de las heladas invernales, que antes servían para acabar o reducir al máximo el nivel poblacional de esta y otras plagas invernantes, está favoreciendo su actual expansión.

Previsión de futuro

Según el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés), los posibles efectos del cambio climático sobre los sistemas agrarios indican impactos importantes por el aumento de la concentración de CO_2, los cambios en los valores de las temperaturas del aire y el suelo y las variaciones en las precipitaciones estacionales, que tendrán efectos contrapuestos y no uniformes en la Península Ibérica.

Aunque el almendro es un cultivo bien adaptado a las zonas templadas y subtropicales, los cambios previstos en los patrones de distribución de las precipitaciones y el progresivo aumento de las temperaturas pueden llegar a obligar a los productores de almendra a tomar medidas para asegurar la viabilidad de la producción, especialmente en las plantaciones de secano o aquellas con riego en precario.

Según el estudio sobre impacto del cambio climático en la agricultura de la Fundación Biodiversidad, las proyecciones muestran una clara evolución hacia floraciones cada vez más tempranas del almendro. A finales de siglo el promedio de días necesarios para que se cumplan los requisitos térmicos para la floración podría llegar a adelantarse un mes. Además, es probable que mucho antes de llegar a la situación



Foto 3.: Eurytoma amygdali, avispilla del almendro. Adulto, larva y daños en fruto.

prevista para finales de siglo, ya sean habituales las temporadas con floraciones adelantadas debido a la intervariabilidad anual propia del sistema.

A diferencia de otras especies del género *Prunus*, el almendro presenta requerimientos de frío relativamente bajos para una adecuada ruptura de la dormición e inicio de la nueva estación de crecimiento. Estos requerimientos varían entre 200 y 500 horas de frío (HF), según las variedades cultivadas. Es muy susceptible a las heladas primaverales, por lo que se beneficia con inviernos bien definidos. Actualmente no se han constatado trastornos o daños por falta de vernalización en el almendro en Castilla-La Mancha, pero la previsible falta de acumulación de suficientes horas frío en invierno, en aquellas zonas más cálidas de Castilla-La Mancha (Sureste de Albacete), y para las variedades de más requerimientos de este parámetro (que pueden llegar hasta 700 HF), puede provocar un desborre descontrolado o retrasado y una pérdida de flores (Grasselly, 1984).

Otro previsible impacto, relacionado con el aumento de las temperaturas, es que el almendro estará durante más tiempo fuera del rango de temperaturas óptimo para su crecimiento, que se halla entre los 20 y los 25ºC. Por lo tanto, es previsible que el aumento de las temperaturas máximas mensuales tenga efectos perjudiciales no sólo en la floración, sino también para el crecimiento y la producción, sobretodo en situaciones de poca disponibilidad de agua, puesto que además crecerá significativamente la demanda evapotranspirativa, afectando todo ello negativamente a la tasa fotosintética.

Soluciones, medidas de adaptación y mitigación

Prescindiendo de los aspectos legales, una posible solución ante el previsible aumento de las situaciones de estrés hídrico sería la de cambiar el modo de producción de secano a regadío con riegos de apoyo, mediante técnicas de riego deficitario controlado. Estas técnicas estudian los momentos de máxima demanda hídrica del cultivo para aplicar en esas situaciones la cantidad óptima de riego, restringiéndolo en las etapas de menores necesidades. Para el almendro, los momentos cruciales, en los que la cantidad de agua de riego aplicada maximiza su beneficio, son la fase de engorde y llenado del fruto y el periodo de postcosecha, donde se diferencian las yemas a flor o a hoja para el año siguiente. Estas fases deben ser estudiadas más a fondo, pues difieren ligeramente según variedades y zonas de cultivo.

En previsión de que las situaciones de estrés hídrico sean cada vez más recurrentes, sería interesante programar con mayor precisión la eliminación de la flora adventicia o cubierta vegetal de las parcelas, antes de que empiecen a competir por el agua del suelo con los árboles, así como las labores de cultivo, ya que en virtud del momento en que se realicen, profundidad, aperos, etc, pueden contribuir bien a mejorar o bien a reducir la reserva de agua del suelo. En definitiva, deberíamos empezar a aplicar los conceptos de **agricultura de conservación** al cultivo del almendro, con lo que además se contribuiría a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

Por otro lado, la obtención de nuevas variedades autofértiles y de floración tardía, que tanto han contribuido al rápido y potente desarrollo del sector del almendro, debe seguir potenciándose, a través de proyectos conjuntos entre centros públicos de investigación y el sector viverístico, muy potente en nuestro país. Debe impulsarse por tanto la investigación para obtener nuevas variedades que incorporen, junto a las mejoras ya conseguidas, otras cualidades que las hagan mejor adaptadas a las nuevas condiciones climatológicas. En especial deberán obtenerse nuevos patrones y variedades resistentes a la sequía y a enfermedades, y con mayores requisitos de calor para florecer. Todo ello sin dejar de lado la calidad y la productividad que se les debe suponer.

Visión del autor. Reflexión

Los impactos de las altas temperaturas pueden producir serias consecuencias en términos de estabilidad de la producción, especialmente en los procesos de polinización y formación del grano, afectando con ello negativamente a la rentabilidad de las explotaciones de almendro. Estos efectos no van a ser com-

pensados previsiblemente con la estimulación positiva del crecimiento debido al incremento de los niveles de CO_2. Tales cambios, junto con el incremento de la variabilidad de la precipitación, plantean el reto de buscar la solución para que los sistemas de cultivo del almendro puedan ser más resistentes al estrés generado por las variaciones climáticas. La conexión entre la respuesta fisiológica y las características genéticas suministra la clave para crear sistemas de cultivo más resistentes que puedan enfrentarse al cambio climático. La evaluación de la interacción de la genética con el medio ambiente, especialmente en el escenario potencial del cambio climático, requerirá un entendimiento de cómo estas variables interactúan durante el ciclo de crecimiento del almendro.

Las variaciones previstas en el régimen de lluvias y el aumento de la evapotranspiración son aspectos importantes a estudiar para tratar de mantener la viabilidad de las explotaciones de almendro en secano, que seguirán siendo la gran mayoría en Castilla-La Mancha. Se hace por tanto muy necesario profundizar, dentro de un marco general de planificación del manejo de los sistemas agrícolas de nuestra región frente al cambio climático, en la estimación cuantitativa de los cambios esperados en las producciones agrícolas de Castilla-La Mancha, los usos alternativos del agua, su disponibilidad, etc.

Por último, y como se ha puesto ya de manifiesto, la distribución y alcance de plagas y enfermedades del almendro será diferente y los cambios en las temperaturas, en la humedad relativa o en las precipitaciones obligará a modificar los métodos de control para hacer frente a dichas plagas. Deberíamos por tanto comenzar a trabajar, tanto desde la propia administración como desde el sector privado, en la gestión de previsibles problemas fitosanitarios que podrán verse acentuados con motivo del cambio climático o ante la irrupción de nuevos agentes patógenos.

Bibliografía

FUNDACION BIODIVERSIDAD-AMIGOS DE LA TIERRA. VARIOS AUTORES. ELABORADO POR METEOCLIM SERVICES, MARZO 2014. Impactos del cambio climático en la agricultura.

LOPEZ BELLIDO, L. 2017. Estrategias de adaptación de los cultivos al cambio climático. Vida Rural nº 5/2017. p 21-25.

MAGRAMA, OECC Y FUNDACION BIODIVERSIDAD. VARIOS AUTORES. FEBRERO 2016. Cambio climático, informe de síntesis. Madrid.

MANUEL MUNCHARAZ POU. 2004. El almendro, manual técnico. Ed. Mundiprensa.

SOZZI, GABRIEL O. 2008. Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. 1ª reimpresión. Buenos Aires: Facultad de Agronomía. p.53.

El caso del regadío

Pablo Rodríguez Bustamante
GEOCyL Consultoría

El análisis de datos de temperaturas y precipitaciones de los últimos años, revela el aumento de las temperaturas máximas y la disminución generalizada de las lluvias; esto está provocando en la actualidad intensos y cada vez más largos períodos de sequía. Según los expertos, "en 2017, hasta noviembre, en España llovió un 24,3% menos y la temperatura ha subido de media 1,4 grados" (Andrés del Campo, 2017)[1], datos extrapolables a Castilla-La Mancha.

Sin embargo, no sólo se producirán alteraciones en la disponibilidad del agua, sino que también afectará a su calidad y a la concentración de contaminantes, haciendo que sea de menos calidad, o incluso no siendo apta para el consumo o el regadío.

A esta falta de agua, se añade la necesidad del aumento de suelo de cultivos de regadío; recientes estudios determinan que será necesario hasta un 20% más de regadío a consecuencia del cambio climático, lo que derivará en una mayor necesidad de agua que tendrá que ser aportada de forma antrópica o no natural. Pero no solo deben tenerse en cuenta las precipitaciones, sino también las reservas de agua o agua embalsada, que también se ven disminuidas a causa de la sequía y ausencia severa de precipitaciones durante largos períodos de tiempo.

Todo ello hace que se vislumbren importantes problemas en la recarga de acuíferos y en los caudales ecológicos, y por lo tanto también en la disponibilidad para el regadío en determinadas zonas. En algunos lugares, se prevén reducciones del 20% al 40 % en las estimaciones globales de recursos hídricos, llegando incluso en algunas cabeceras hasta una disminución del 50%, como es el caso del Júcar (José Manuel Delgado Pérez - 2017).

Estos amplios lapsos sin precipitación afectan, por tanto, al regadío desde una doble óptica: la menor humedad del suelo y la escasez de agua embalsada para el riego.

En los próximos años, se prevé una acentuación de fenómenos extremos, con períodos de sequías más frecuentes y de mayor intensidad. Estos fenómenos meteorológicos extremos pueden ocasionar importantes perturbaciones de la producción, especialmente durante las fases críticas de desarrollo vegetativo. Debido a los inviernos cada vez más templados, habrá un mayor riesgo de heladas tardías que perjudicará en especial al sector frutícola y al vitícola, éste último también se verá afectado por un acortamiento del período de maduración, produciéndose una tendencia a la deslocalización del cultivo de vid. La posible disminución de rendimiento y de producción podría además llegar a provocar volatilidad en el abastecimiento de alimentos y ocasionar incrementos en el precio final al consumidor.

Por otro lado, la vulnerabilidad de la agricultura varía en función del contexto social y económico de las explotaciones agrarias. El grado de dicha vulnerabilidad será diferente en base a las propias características de las explotaciones, como el tipo de producción, el tamaño de la explotación y su nivel de intensidad. También varía en función de la situación socioeconómica general, teniendo en cuenta que los agricultores de recursos limitados o residentes en zonas rurales aisladas son más vulnerables.

[1] DEL CAMPO, ANDRÉS, *Agronews Castilla y León*, 2017 | [http://www.agronewscastillayleon.com/la-federacion-de-regantes-asegura-que-los-cultivos-exigiran-hasta-un-20-mas-de-agua-por-la-subida-de]

Es necesario, por tanto, plantear entre otras, medidas de prevención ante las sequías y no sólo actuación una vez hayan acontecido estos eventos. Las necesidades de agua para los próximos años en materia de regadío aumentarán, como se ha indicado anteriormente, entre el 10% y el 20%, debido a la afección sobre el rendimiento natural de los cultivos en regadío que verán mermadas las condiciones favorables para su desarrollo. El problema principal viene determinado por la ausencia del reposo invernal. Los cultivos están continuamente en activo, aumentando considerablemente su demanda de agua.

Esta es una realidad que hace que se deba poner en marcha un plan de medidas estructurales que permita a los agricultores actuar con anticipación ante el impacto negativo de la sequía tanto en el plano económico como medioambiental, de ahí la necesidad de planificar y prever antes que solucionar.

Regadíos existentes y planificación de nuevas demandas		
Demarcación	Superficie actual de regadío (ha)	Nuevas superficies de regadío que se pretenden crear en las próximas dos décadas (ha)
Miño-Sil	18.673	0
Cantábrico Occidental	5.587	0
Cantábrico Oriental	0	0
Tajo	217.534	14.627
Ebro	965.698	445.000
Duero	547.780	93.060
Guadiana	463.231	69.972
Guadalquivir	856.429	29.260
Ceuta	0	0
Melilla	0	0
Júcar	389.812	0
Segura	261.010	600
Galicia Costa	4.237	-28
C. Internas Cataluña	66.568	0
Cuencas Mediterráneas	167.168	-4.503
Guadalate-Barbate	61.942	0
Tinto-Odiel y Piedras	32.647	39.698
Baleares	15.338	0
Total	4.073.654	687.686

Tabla1.: Regadíos existentes y planificación de nuevas demandas en España. Fuente: Planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas 2015-2021.

Situación actual

La situación actual ante estos hechos, la disminución de las precipitaciones y, en definitiva, la humedad en la atmósfera y en el suelo esencialmente que es lo que necesitan los cultivos, hace pensar que se deba migrar a un cultivo en regadío más extenso (una hectárea de regadío genera cinco veces más renta que una hectárea de secano), con el problema asociado de que una mayor demanda de regadío agotará aún más el volumen de agua embalsada, el otro de los problemas directamente asociados al cambio climático.

También, las reducidas cifras de producción de la cosecha de cereal hacen que se motive esta iniciativa por fomentar el regadío (algo que parece paradójico ante tal situación, pero que podría garantizar la producción). La cosecha de cereal en 2017 ha sido menor que la media de la última década como consecuencia de la sequía.

La gravedad de la sequía que adolece los últimos años Castilla-La Mancha y el resto de España, se sufre, por tanto, en particular en la agricultura. Existe una extrema dificultad en la cuenca del Guadiana con un ejemplo paradigmático: Daimiel (17,8 litros en abril de 2017 frente a los 97,6 litros de abril de 2016). La sequía se torna como "crónica" en las cuencas de los ríos Segura y Júcar, y la cabecera del Tajo cuenta con un volumen de agua embalsada menor al 15% de su capacidad (datos de mayo de 2017).

En esta línea, se estima un aumento considerable de la demanda de agua por el aumento generalizado de las temperaturas y la escasez de precipitaciones que se notará de forma llamativa en los cultivos, ya que al no tener la "tregua" provocada por el reposo invernal, intensificarán su ciclo vegetativo, llegando a aumentar el consumo de recursos hídricos entre un 10% y un 20% anual. Por ello, algunos colectivos del sector, exigen que se plantee el aumento de la capacidad de agua embalsada, algo que no parece del todo apropiado cuando el volumen de agua en los embalses cuenta con unas cifras tan reducidas.

Ante tales acontecimientos, actualmente, y como parece obvio, resulta complicado obtener una concesión de agua autorizada por lo que las ayudas, tecnologías e implementaciones que se están desarrollando van destinadas a regadíos ya implantados (se estima que tan sólo un 10% de éstas irán destinadas a regadíos de nueva creación).

"Castilla-La Mancha es además la comunidad autónoma con mayor porcentaje de riego por goteo en España. En Castilla-La Mancha existen 168 comunidades de regantes, con 40.000 comuneros y 135.000 hectáreas. En términos generales es la segunda región con más consumo por riego con un 82,3 % del consumo total de agua, sólo por detrás de Andalucía, por encima del promedio nacional con un 80,2%." (Francisco Martínez Arroyo) "

Impacto sobre el regadío

A la hora de analizar el impacto del cambio climático sobre el regadío, deberíamos pensar también en el impacto del regadío sobre el cambio climático. Aunque el primero de los fenómenos o hechos sea de mucha mayor entidad -y escala-, las consecuencias del aumento de los regadíos sobre el cambio climático también pueden ser notorias.

El cambio climático hace, como hemos visto, que se necesite más agua para garantizar las producciones de los cultivos, que el agua embalsada se encuentre cada vez más reducida (o cueste cada vez más ver los embalses con un volumen de agua notable), hecho que a su vez hace que su importancia crezca, se retroalimente, ya que una evidencia afecta a la otra. Igualmente, el regadío puede afectar al cambio climático a escala local primero, y global, después por esa falta de agua embalsada, ese aporte "antrópico" de agua sobre superficies que anteriormente no contaban con éste.

Vamos a obviar este hecho, difícil de cuantificar y estudiar, y centrémonos en el impacto actual del cambio climático sobre el regadío, más allá de lo comentado con anterioridad. El cambio climático ha hecho

que "tradicionalmente", o durante los últimos años, se haya optado por incrementar la superficie de regadío hasta un 20% durante las dos últimas décadas, en términos generales. Este hecho ha desencadenado un aumento, por tanto, de la demanda de agua para riego asociada a una menor disponibilidad de agua "el porcentaje de agua para riego ha aumentado considerablemente frente al de abastecimiento para uso o consumo humano. Además, el abastecimiento cuenta con un retorno del 80% frente al escaso 10% de retorno del agua para regadío" (Mariano Soto García, 2015). Esta decisión cuestionable ha desencadenado alternativas que ahora miran más hacia la modernización del regadío más allá de la intensificación de éste. El futuro -y el presente- nos marcan que deben desarrollarse acciones para hacer más sostenible el regadío, más eficiente, más productivo, más rentable en definitiva (en términos económicos, ambientales y sociales).

Hemos alcanzado el umbral de plenitud en la utilización de nuestros recursos hídricos, más allá de la posible incorporación de algunos nuevos recursos tradicionales y otros no convencionales, como la desalación o la reutilización de aguas regeneradas. No es posible con criterios de sostenibilidad hidrológica, económica, social, territorial o ambiental aumentar de forma importante la disponibilidad de recursos hídricos. A cambio, nos queda mucho camino por explorar en la mejora de la eficiencia en la utilización de estos recursos, medida en idénticos parámetros de sostenibilidad.

Así surgen nuevas iniciativas, tecnologías, tendencias y actuaciones que lo que tratan hacer es realizar acciones que optimicen el consumo de agua y la utilización de la energía para su extracción.

Posibles alternativas

Muchas de las adaptaciones que han de desarrollarse se encaminan hacia la gestión del suelo, adaptar cultivos de mejora genética, eficiencia en el riego, mejora de la información y el asesoramiento, economía circular y aprovechamiento de los residuos, una apuesta por las energías renovables, la producción ecológica y un futuro marcado en el entorno del I+D+i, todo ello en términos de mejora agrícola.

Algunas de las soluciones que pueden proponerse ante esta adversidad, ante estos hechos imponderables, se encaminan hacia la apuesta por flexibilizar la cesión temporal de derechos del uso del agua entre cuencas y por potenciar el uso temporal de pozos y aguas subterráneas en épocas de sequía, realizando recargas artificiales de acuíferos en los años húmedos para que existan recursos en los años de falta de lluvias. Así se puede hacer un uso alternativo de aguas superficiales y subterráneas.

El cambio climático está obligando además a variar el ciclo de las cosechas. Los agricultores adelantan cada vez más la siembra y utilizan variedades "extratempranas" y resistentes a la sequía para adaptarse a las inclemencias climatológicas. Se trabaja desde hace años, por ejemplo, en el proyecto Life + Climagri para la identificación del impacto de estos hechos y llevan a cabo estudios de estrés hídrico y aumento de la temperatura para ver cómo se comporta el cultivo tanto en su floración como en su maduración. A mayor nivel de calor antes se produce la maduración. En los cultivos extensivos como el maíz, que sirve muy bien como testador, se adelanta la fecha de siembra aproximadamente un mes. De esta manera se evita el estrés térmico en la floración y se asume menos riego. Por tanto, al tratarse de inviernos menos fríos, baja el riesgo de heladas y se cosecha antes de los meses de julio y agosto, lo que ahorra a su vez agua.

Muy importantes son algunas actuaciones desarrolladas en materia de información y asesoramiento al agricultor y, en concreto, al regante, tales como: el SIAR a escala nacional y el SIAR regional -que no responden a los mismos acrónimos- aunque van muy encaminados. A nivel estatal, el Sistema de Información Agroclimática para el Regadío y a escala regional, el Servicio Integral de Asesoramiento al Regante en donde pueden consultar recomendaciones para el riego y obtener datos meteorológicos para optimizar el uso del agua para regadío.

Otras soluciones tienen que ver con la modernización agrícola y la implementación tecnológica en el sector agrario, entre las que destacan las referentes a la modernización de regadíos.

Modernización de regadíos

Uno de los aspectos clave para afrontar el cambio climático es la modernización de regadíos. Uno de los ejemplos que trabajan en esta línea es el proyecto "Misión Posible: Conservar el agua de La Mancha" que ha permitido ahorrar unos 3.000 millones de litros del acuífero 23 del Alto Guadiana. Todo ello mediante la implementación de tecnología 3.0.

Existe un convencimiento constatado por parte de las administraciones de que el cambio climático es acuciante y es necesaria una preparación y planificación previa a través de una política del agua adecuada y adaptada a las circunstancias actuales. Se hace necesario compatibilizar la protección de los acuíferos y el futuro de la agricultura, los episodios de sequía son consecutivos ya tras varios años y cada vez preocupa más la falta de agua, contando con que van a suceder más episodios similares -o quizá más severos- en el futuro.

Esta tecnología 3.0 lo que permite es facilitar recomendaciones a los agricultores (350 inmersos en la iniciativa) en cuanto al riego. Sencillas advertencias y medidas que han de tomar para optimizar el uso del agua, basadas en tres herramientas que aplican nuevas innovaciones tecnológicas, obteniendo el máximo beneficio o calidad del agua, sin desperdiciar o tener pérdidas por su mal uso. Junta publicará el lunes la convocatoria para la modernización de regadíos Las herramientas, puestas a disposición gratuita de los regantes de 16 municipios manchegos --Daimiel, Manzanares, Alcázar de San Juan, Llanos del Caudillo, Herrera del Duque, Villarta de San Juan, Herencia, Tomelloso, San Clemente, El Provencio, Campo de Criptana, La Solana, Membrilla, Villarrubia de los Ojos, Socuéllamos y Argamasilla de Alba-- son 'Acuas' y 'Sitar' para la planificación y asesoramiento del riego de los cultivos herbáceos, así como 'Optiwine' para el asesoramiento en viñedo.

En primer lugar, 'Acuas' elabora un plan de cultivos personalizado donde se ajusta la superficie de riego a los permisos de utilización de agua subterránea. De esta manera se consigue también una distribución más efectiva entre las parcelas. Gracias a 'Acuas' se han ahorrado más de 1.600 millones de litros de agua. De otro lado, la herramienta 'Sitar' se ha diseñado para los principales cultivos herbáceos comerciales de La Mancha. El agricultor recibe dos veces por semana un mensaje de texto con la recomendación diaria de riego en horas y minutos de bombeo a la semana, en función de la climatología y del tipo de cultivo. Gracias a dicha herramienta, se han ahorrado más de 1.100 millones de litros de agua. En cuanto a 'Optiwine', permite ajustar al máximo la cantidad de agua en el viñedo gracias a sensores de humedad de suelo, del estado de las plantas y de las variables climáticas. Para ello se combinan imágenes de satélite con estos sensores de campo.

Buen exponente de la apuesta firme para la modernización de regadíos está en las convocatorias de ayudas que versas sobre este tema y se centran fundamentalmente en:

- Inversiones en nuevas infraestructuras de riego y mejora de las existentes para ahorrar recursos o mejorar su eficiencia energética.
- Captación, filtrado, balsas de regulación, transporte, distribución, redes de drenaje, aplicación, gestión, medición y control del agua.
- Nuevas tecnologías de comunicación vinculadas a la mejora del regadío o la red de energía, o que permitan ahorro de energía (no entra creación de centrales de bioenergía, aunque si inversiones para su uso).
- Tratamiento y transporte de aguas regeneradas.
- Implantación y mejora de las instalaciones eléctricas vinculadas al riego.
- Nuevas tecnologías que permitan ahorro de energía (no entra creación de centrales de bioenergía, aunque si inversiones para su uso).

- Informatización y automatización de las instalaciones de riego.
- Mejora de la red viaria asociada al regadío.
- Honorarios de proyectos y dirección de obra y estudios y coordinación sobre seguridad y salud.

Todas ellas con el único objetivo de conseguir un riego más eficiente y optimizar el consumo de agua y de energía para su extracción como se ha comentado anteriormente. Deben cumplir varias condiciones, entre ellas las de producir un ahorro potencial de agua mínimo, que puede variar entre el 5 % y el 22% en función de la inversión de la que se trate.

Referencias

DEL CAMPO, ANDRÉS, *Agronews Castilla y León*, 2017 | [http://www.agronewscastillayleon.com/la-federacion-de-regantes-asegura-que-los-cultivos-exigiran-hasta-un-20-mas-de-agua-por-la-subida-de]

DELGADO PÉREZ, JOSÉ MANUEL, *"Agricultura y Cambio Climático"*, 2017 | [https://www.upa.es/upa/uControlador/index.php?nodo=1021&item=2128&hnv=2128&sub=50&page=]

DEL CAMPO, ANDRÉS *"El cambio climático y las reservas de agua en España". Jornada "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y su vinculación con las presas"*, 2017. [http://foroagroganadero.com/news/Getappnews/Category/1]

COROMINAS MASIP, JOAN. *"¿Modernización o reconversión de regadíos? Dimensiones socio-económicas, ambientales y territoriales."* Junta de Andalucía.

DOORENBOS, J. Y PRUITT, W.O. 1977. *Requerimientos de agua en el cultivo.* Estudio FAO: Riego y drenaje N.º 24. Roma, FAO.

DELGADO PÉREZ, JOSÉ MANUEL. *"Implicaciones del cambio climático en el sector agrario".* 2016)

SOTO GARCÍA, MARIANO. "La sostenibilidad de la agricultura de regadío frente a la escasez de agua" en iAgua. 2015. [https://www.iagua.es/blogs/mariano-soto/sostenibilidad-agricultura-regadio-frente-escasez-agua]

STANHILL, G., LAKE, J.V. Y RUDD-JONES, D. 1985. *The Water Resource for Agriculture*. Philosophical Transactions. Royal Society Biological Series. Londres 310:161-173.

"JUNTA PUBLICARÁ EL LUNES LA CONVOCATORIA PARA LA MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS", EuropaPress, Castilla-La Mancha. Ciudad Real, 2017. [http://www.europapress.es/castilla-lamancha/noticia-junta-publicara-lunes-convocatoria-modernizacion-regadios-20171129150321.html]

RETEMA, *Revista Técnica de Medio Ambiente* [https://www.retema.es/noticia/los-cultivos-necesitaran-hasta-un-20-mas-de-agua-por-el-cambio-climático-qHyut]

Herramientas para mitigar el efecto del cambio climático sobre los regadíos

Alfonso Domínguez Padilla;, José María Tarjuelo Martín-Benito; Eulogio López Mata; José Jesús Pardo Descalzo; Bruno César Léllis Conceição; Antonio Martínez Navarro; Ángel Martínez Romero
Universidad Castilla-La Mancha (UCLM). Centro Regional de Estudios del Agua (CREA)

Introducción

Aunque los modelos actuales no permiten cuantificar con precisión las variaciones climáticas que puedan acontecer en Castilla-La Mancha (CLM) como consecuencia del cambio climático, en la mayoría de los escenarios analizados se prevé una disminución en la disponibilidad de recursos hídricos. Las principales causas de esta situación son tanto una reducción de la precipitación anual como un aumento de la temperatura media, lo que provocará una reducción en la recarga de las masas de agua, tanto superficiales como subterráneas, consecuencia de un menor aporte hídrico y de una mayor evaporación desde el suelo y desde las láminas libres de agua (*Domínguez et al., 2009*).

En una región de clima semiárido como CLM, la dotación media de agua para las explotaciones de regadío es baja (2667 m^3 ha^{-1}) e inferior a la media nacional (4140 m^3 ha^{-1}). Sin embargo, aunque la superficie de regadío sólo supone el 14% de la superficie agrícola regional, este sector genera el 40% de los ingresos percibidos por los agricultores.

Para apoyar a la intensificación sostenible de la agricultura, además de políticas que favorezcan la conservación del agua y la reducción de las emisiones de CO_2, se necesitan sistemas de riego fiables, eficaces y de bajo coste. En consecuencia, el riego sostenible óptimo debe tener en cuenta criterios ambientales y económicos. Para ello, es necesario el desarrollo de herramientas y modelos que contribuyan a mejorar el uso del agua y la energía en el riego, con un enfoque holístico para el diseño y gestión de las infraestructuras, contemplando todos los factores que intervienen en el proceso.

El riego deficitario controlado es una metodología que permite incrementar la eficiencia en el uso del agua por parte de los cultivos, es decir, obtener un mayor rendimiento por unidad de volumen de agua aplicada. En una región como CLM, donde el principal factor limitante es el agua, y donde cada año parte de la superficie regable queda en barbecho o es ocupada por cultivos de secano por no haber agua suficiente, parece razonable que el objetivo sea maximizar la productividad del agua y no la de la superficie cultivable.

Partiendo de esta situación, el Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), está desarrollando herramientas y metodologías que permitan mitigar los efectos del cambio climático en el regadío, garantizando el uso sostenible de los recursos naturales y la competitividad del sector. Entre ellas se encuentra el modelo MOPECO (*Ortega et al., 2004*), cuyo objetivo es maximizar la rentabilidad de las explotaciones de regadío mediante un uso más eficiente del agua de riego, a través de la utilización de técnicas de riego deficitario controlado optimizado "ORDI" (*Domínguez et al., 2012b*), y de la superficie regable disponible (*López-Mata et al., 2016*). Este modelo está siendo calibrado para los principales cultivos de CLM como maíz (*Domínguez et al., 2012a*), cebolla (*Domínguez et al., 2012c*), ajo (*Domínguez et al., 2013*) y melón (*Leite et al., 2015b*).

Descripción del modelo mopeco

A partir de los datos que definen una explotación (superficie, dotación, costes, etc.), de los datos climáticos típicos de la zona, y de los parámetros calibrados de los cultivos, MOPECO calcula la superficie que el agricultor debe dedicar a cada cultivo y la cantidad de agua de riego que debe aplicarle para lograr la máxima rentabilidad (Figura 1).

Generalmente, y para las condiciones de CLM, la cantidad de agua de riego asignada a los cultivos por el optimizador es inferior a sus necesidades máximas, por lo que el CREA ha desarrollado una metodología para ayudar a los agricultores en la determinación de los calendarios de riego que maximizan el rendimiento bajo condiciones de volúmenes limitados de agua de riego utilizando la metodología "ORDI" (*Leite et al., 2015b*). Esta metodología consiste en determinar la dosis de riego que debe aplicarse en cada etapa de desarrollo del cultivo dependiendo de la sensibilidad al déficit hídrico en esa etapa, la cual es variable a lo largo del ciclo de crecimiento. Además, el modelo tiene en cuenta el efecto de la uniformidad del sistema de riego (*López-Mata et al., 2010*) y de la salinidad del agua utilizada (*Domínguez et al., 2011*) sobre el rendimiento finalmente obtenido.

ET_o: evapotranspiración de referencia (mm); P_e: precipitación efectiva (mm); EC_{ei}: conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo al inicio de la campaña de riegos (dS m^{-1}); Y_m: rendimiento potencial del cultivo (kg ha^{-1}); K_c: coeficiente del cultivo (adimensional); K_y: factor de respuesta del cultivo al déficit hídrico (adimensional); EC_{et}: conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo que reduce la ET del cultivo (dS m^{-1}); grupo de ET: condiciona el valor diario de la fracción del agua total disponible en el suelo que un cultivo puede extraer sin sufrir estrés por déficit hídrico; CU: coeficiente de uniformidad del sistema de riego (%); EC_{iw}: conductividad eléctrica del agua de riego (dS m^{-1}).

Repercusión de mopeco en el sector del regadío regional

Con el fin de validar MOPECO para las condiciones de CLM, el CREA está llevando a cabo una serie de ensayos experimentales. Así, durante las campañas 2014 y 2015 se comparó la gestión de una explotación situada en Minaya (Albacete), siguiendo el manejo tradicional (aportar a los cultivos sus necesidades de riego, dejando parte de la explotación sin regar por la baja disponibilidad de agua) con el manejo propuesto por MOPECO (aportar a los cultivos una cantidad de agua inferior a las necesidades de riego según ORDI, regando un mayor porcentaje de la superficie de la explotación).

En ambos escenarios, la cantidad total de agua de riego utilizada fue la misma (se consideraron 7 volúmenes disponibles, desde 2000 hasta 8000 m^3 ha^{-1}), variando las superficies dedicadas a cada cultivo. Las tres especies

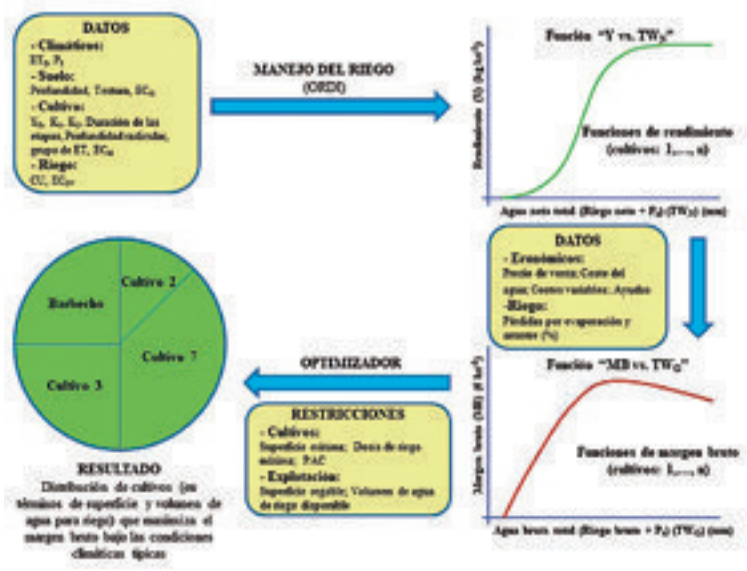


Figura 1.: Diagrama de flujo del modelo MOPECO.

cultivadas fueron cebada, maíz y cebolla. MOPECO propuso manejar los cultivos aplicando un 30% de déficit a la cebada (por ser el menos rentable), y un 10% tanto al maíz como a la cebolla. Para el análisis económico de los resultados se consideraron diferentes precios de venta de las cosechas. Los resultados mostraron que para dotaciones inferiores a 5000 m^3 ha^{-1}, situación en la que se encuentran la mayoría de las explotaciones de CLM, el manejo de la explotación propuesto por MOPECO mejoró la rentabilidad hasta en un 8,2%, siendo mayores las diferencias con respecto al manejo tradicional cuanto menor fue la disponibilidad de agua. Para el conjunto de escenarios, la mejora media de rentabilidad fue del 2,8%, siendo inferior a las previsiones del modelo para las condiciones medias (8%). Este resultado puede justificarse por una climatología adversa durante 2015 y un bajo precio de venta de la cebolla en 2014. Además, en el momento de realizar este ensayo aún no estaba desarrollada la metodología ORDI para volúmenes limitados de agua (*Leite et al., 2015b*), que logra un perfecto ajuste entre el volumen de agua de riego disponible y el realmente utilizado. De haberse utilizado esta técnica, y si se repitiera el ensayo durante un mayor número de años, se espera que la mejora económica fuera similar a la estimada para las condiciones medias (*Domínguez et al., 2017*).

La metodología ORDI para volúmenes limitados de agua se aplicó en dos ensayos con ajo morado de Las Pedroñeras y con cebada cervecera durante 2015 y 2016 en Albacete. El objetivo fue analizar el efecto de ORDI sobre el rendimiento y la calidad de las cosechas para 5 volúmenes de agua de riego disponible: sin déficit (la cantidad de agua de riego utilizada varía según las condiciones climáticas de cada año); 100%; 90%; 80%; y 70% del volumen de agua necesario para cubrir las necesidades netas de riego típicas del cultivo (2750 y 2500 m^3 ha^{-1} para el ajo y la cebada, respectivamente) (Figura 2).

Los resultados demostraron que la metodología ORDI permite obtener cosechas elevadas para los volúmenes de agua de riego utilizados (entre 10046 y 8267 kg ha^{-1} para el ajo y entre 8538 y 6368 kg ha^{-1} para la cebada, siendo el rendimiento más alto el del tratamiento sin déficit y el más bajo el del 70%). Además, el porcentaje de pérdida de rendimiento fue inferior que el de reducción de agua de riego con respecto al tratamiento sin déficit.

Durante el ensayo del ajo se encontró que los coeficientes de cultivo (K_c) utilizados en la región para determinar las necesidades de riego estaban sobreestimados. La calibración de los K_c permitió reducir las necesidades de riego del ajo en un 11,3% sin alterar el rendimiento final. Además, hay que tener en cuenta que excesos en la aplicación de agua pueden favorecer la aparición y desarrollo de enfermedades que afectan al ajo.

Al mejorar la productividad del agua se logró reducir la huella hídrica de ambos cultivos, es decir, la cantidad de agua necesaria para obtener una unidad de un cierto bien o servicio. En concreto, disminuyeron las componen-



Figura 2.: Ensayos de riego deficitario controlado optimizado en ajo morado de Las Pedroñeras y cebada cervecera en el Centro Integrado de Formación Profesional de Aguas Nuevas (Albacete).

tes azul (agua puesta de forma artificial al servicio del cultivo, es decir, el agua de riego) y gris (agua necesaria para diluir la carga contaminante del agua utilizada hasta valores permitidos por la ley), mientras que la verde (agua utilizada en el proceso procedente del medio ambiente sin usar medios artificiales, es decir, el agua del suelo procedente de la lluvia) se incrementó. Consecuentemente, esta metodología permite reducir el consumo de la energía utilizada en el riego (huella de carbono), y la transferencia de fertilizantes y fitosanitarios hacia las masas de agua subterráneas por percolación profunda y hacia las superficiales por escorrentía.

Con respecto a la calidad de las cosechas, el calibre de los bulbos de ajo disminuyó en mayor medida cuanto mayor fue el déficit aplicado, disminuyendo la rentabilidad de las cosechas. El resto de parámetros cualitativos como el color, y otros relacionados con el sabor, no se vieron afectados o lo hicieron de forma positiva. En cuanto a la cebada, todos los tratamientos lograron calidad maltera, incrementando el precio del producto.

El análisis económico de los resultados puso de manifiesto que en aquellas zonas de CLM donde el volumen de agua de riego utilizable por los agricultores está limitado, a pesar de la disminución por unidad de superficie de la rentabilidad de las cosechas (debido al menor rendimiento, y tamaño de los bulbos en el caso del ajo), la distribución optimizada de la superficie regable y del agua disponible incrementa la rentabilidad de la explotación.

Los trabajos de investigación anteriores se realizaron en el marco del Proyecto TEMAER (Ref. AGL2014-59747-C2-1-R), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Los autores quieren agradecer a las empresas Balsillas S.L., Albafrost S.L., Intermalta S.A. y Coopaman S.C.L. y al CIFP de Aguas Nuevas el apoyo técnico y de infraestructuras aportado durante estos trabajos.

Soluciones. Medidas de adaptación y mitigación

Los resultados anteriores demuestran que la utilización de modelos como MOPECO y de técnicas de riego deficitario controlado como ORDI, pueden ayudar a mejorar la rentabilidad de las explotaciones mediante un uso más eficiente de los recursos disponibles, especialmente el agua, ayudando de esta manera a mitigar los efectos del cambio climático en CLM. Además, la cada vez mayor sensibilidad medioambiental de los consumidores, está provocando que las empresas distribuidoras de alimentos exijan al sector primario productos respetuosos con el medio ambiente, por lo que aplicar metodologías capaces de reducir la huella hídrica y la de carbono mejorarán la competitividad e imagen de nuestros productos en el mercado nacional e internacional. Por lo tanto, además de la *transferencia al sector productivo del modelo MOPECO para cultivos herbáceos*, se proponen las siguientes medidas indispensables para mitigar los efectos del cambio climático en el sector del regadío de CLM:

- **Mejorar la gestión de la demanda,** ofreciendo información sobre las necesidades de riego de los cultivos mediante Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR) que utilicen metodologías de última generación como modelos de previsión y gestión, y la utilización de la teledetección de alta y muy alta resolución.
- **Ajustar los valores de Kc de las principales variedades cultivadas en la región,** permitiendo determinar adecuadamente las necesidades de riego de los cultivos.
- **Desarrollar y transferir guías de riego para los cultivos leñosos**. La viña, el almendro, el olivo y el pistacho son cultivos relevantes para CLM, muy eficientes con el uso del agua, y para los que deben desarrollarse herramientas que asesoren a los regantes en la aplicación de técnicas de riego deficitario, que logren un adecuado equilibrio entre producción y calidad.
- **Promover el uso de las nuevas tecnologías de la información y telecontrol**, haciendo más eficiente la gestión del agua y la energía en las explotaciones.
- **Mejorar el diseño y el manejo eficiente y sostenible de los sistemas de riego** mediante el uso de herramientas y modelos de ayuda en la toma de decisiones y una adecuada formación de los técnicos y los regantes.

- **Aplicar técnicas de benchmarking para evaluación del regadío**, junto con indicadores de gestión, que permitan mejorar el uso del agua y la energía.
- **Revisar las concesiones administrativas de agua**, adaptándolas a las necesidades reales de explotaciones, con sistemas de riego bien diseñados y manejados, y favoreciendo a aquellas que realicen un uso más eficiente y productivo del agua.

Bibliografía

DOMÍNGUEZ A, TARJUELO JM, DE JUAN JA, MARTÍNEZ-ROMERO, A (2009) Efecto del cambio climático en los recursos hídricos y el regadío En: Impactos del cambio climático en Castilla-La Mancha, Fundación General de Medio Ambiente, JCCM, Toledo.

DOMÍNGUEZ A, TARJUELO JM, DE JUAN JA, LÓPEZ-MATA E, BREIDY J & KARAM F (2011) Deficit irrigation under water stress and salinity conditions: The Mopeco salt model. Agr. Water Manage. 98: 1451-1461.

DOMÍNGUEZ A, MARTÍNEZ RS, DE JUAN JA, MARTÍNEZ-ROMERO A & TARJUELO JM (2012A) Simulation of maize crop behavior under deficit irrigation using MOPECO model in a semi-arid environment. Agr. Water Manage. 107: 42–53.

DOMÍNGUEZ A, DE JUAN JA, TARJUELO JM, MARTÍNEZ RS & MARTÍNEZ-ROMERO A (2012B) Determination of optimal regulated deficit irrigation strategies for maize in a semi-arid environment. Agr. Water Manage. 110, 67-77.

DOMÍNGUEZ A, JIMÉNEZ M, TARJUELO JM, DE JUAN JA, MARTÍNEZ-ROMERO A & LEITE KN (2012C) Simulation of onion crop behaviour under optimized regulated deficit irrigation using Mopeco model in a semi-arid environment. Agr. Water Manage. 113: 64–75.

DOMÍNGUEZ A, MARTÍNEZ-ROMERO A, LEITE KN, TARJUELO JM, DE JUAN JA & LÓPEZ-URREA R (2013) Combination of typical meteorological year with regulated deficit irrigation to improve the profitability of garlic in central Spain. Agr. Water Manage. 130: 154-167.

DOMÍNGUEZ A, MARTÍNEZ-NAVARRO A, LÓPEZ-MATA E, TARJUELO JM, MARTÍNEZ-ROMERO A (2017) Real farm management depending on the available volume of irrigation water (Part I): Economic analysis. Agric. Water Manage. (in review).

LEITE KN, CABELLO MJ, VALNIR JÚNIOR M, TARJUELO JM & DOMÍNGUEZ A (2015A) Modelling sustainable salt water management under deficit irrigation conditions for melon in Spain and Brazil. J. Sci. Food Agric. 95: 2307–2318.

LEITE KN, MARTÍNEZ-ROMERO A, TARJUELO JM & DOMÍNGUEZ A (2015B) Distribution of limited irrigation water based on optimized regulated deficit irrigation and typical meteorological year concepts. Agr. Water Manage. 148: 164-176.

LÓPEZ-MATA E, TARJUELO JM, DE JUAN JA, BALLESTEROS R & DOMÍNGUEZ A (2010) Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. Agr. Water Manage. 98: 190-198.

LÓPEZ-MATA E, ORENGO-VALVERDE JJ, TARJUELO JM, MARTÍNEZ-ROMERO A & DOMÍNGUEZ A (2016) Development of a direct-solution algorithm for determining the optimal crop planning of farms using deficit irrigation. Agr. Water Manage. 171: 173-187.

ORTEGA JF, DE JUAN JA, MARTÍN-BENITO JM & LÓPEZ-MATA E (2004) MOPECO: an economic optimization model for irrigation water management. Irrig. Sci. 23(2): 61-75.

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Daños en infraestructuras

Eduardo Bustillo Holgado
GEOCyL Consultoría

El cambio climático causa impactos no solo de carácter medio ambiental o social, sino que tiene una importancia en la configuración económica de la región. Existen numerosas actuaciones generadas por el ser humano que contribuyen al cambio climático, bien sea por la generación de gases de efecto invernadero (GEI), bien por la destrucción de sumideros.

Uno de los mayores responsables de las emisiones de GEI es el transporte de personas y bienes, en un 95% generado en carreteras, en menor medida la provocada por ferrocarriles o el transporte aéreo. Pero al igual que las infraestructuras de transporte contribuyen al cambio climático, estas se ven afectadas por él, y se hace necesaria adaptación, generando una serie de impactos.

Para Castilla-La Mancha supone un reto mantener su infraestructura de transporte, que se va a ver afectado por impactos tanto directos como indirectos, bien sobre la infraestructura propiamente o su sistema de explotación.

Los efectos del cambio climático, no solo van a impactar sobre carreteras, vías de ferrocarril o en los aeropuertos de Albacete y Ciudad Real, sino que va a marcar cambios en las decisiones de elección de modo de transporte por parte de los viajeros y empresas que necesiten mover sus mercancías.

Abarcar los impactos del cambio climático sobre infraestructuras en Castilla-La Mancha, supone una novedad en este documento respecto al Primer Informe de Cambio Climático. No son muchas las publicaciones en España que trabajan sobre esta línea de trabajo.

El Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005 – 2020 del Ministerio de Fomento propone un conjunto de medidas para la cohesión social y territorial, y actuaciones orientadas a lograr un sistema de transportes, integrado, seguro, eficiente y respetuoso con el medio ambiente, si bien, no entra en profundidad a analizar cuáles de los escenarios futuros tienen en cuenta el cambio climático. Otro de los documentos de trabajo del Ministerio de Fomento "Informe OTLE. Observatorio de Transporte y la Logística en España" si relaciona el transporte con el cambio climático, pero más como elemento generador de GEI, que como infraestructura receptora de impactos. En esa línea podemos encontrar varios documentos.

La principal contribución a conocer los daños del cambio climático sobre las infraestructuras y la toma de decisiones viene promovido por el Ministerio de Fomento, junto con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, que a través del documento generado por el *Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España*, llevar a cabo un análisis preliminar sobre cuáles pueden ser las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Sobre sus investigaciones y conclusiones se deben generar la trasposición a cada una de las Comunidades Autónomas, por lo que siguiendo su metodología se comentarán aquellos impactos más relevantes en el ámbito de actuación de Castilla-La Mancha.

La red de transporte en Castilla-La Mancha

Vial

La Red de Carreteras de Castilla-La Mancha con 8.792 km es la tercera en longitud de las redes autonómicas españolas, por detrás de Castilla y León y Andalucía, constituyendo una malla que sirve para dar

accesibilidad a los 919 municipios del territorio, además de conectar con las provincias y comunidades autónomas limítrofes.

El resultado de esta situación es una elevada dotación de carreteras por cada mil habitantes, concretamente 4,16 km/mil habitantes, casi el triple de los valores medios nacionales (1,53 km/mil habitantes), y una dotación por superficie de 11 km/100 km^2.

Es por ello que esta situación obliga a una mayor inversión en carreteras respecto a otras regiones.

Es relevante para el análisis de la red de comunicaciones por carretera en Castilla –La Mancha resaltar la cercanía a la Comunidad de Madrid, lo que ha provocado en las últimas décadas fenómenos demográficos como el aumento de población en aquellos más cercanos al límite provincial.

Además, su situación espacial dentro de España y Europa, lo convierte en una zona estratégicamente relevante, tanto por su cercanía con el puerto de Valencia, como por estar en el eje de comunicación Norte - Sur de Europa.

Otro hecho destacable es que la mayor parte de la extensión de Castilla-La Mancha presenta una orografía llana si bien existen algunas elevaciones destacables, principalmente en el perímetro autonómico y en los Montes de Toledo (situados entre Toledo y Ciudad Real).

Consecuentemente, la red viaria no está condicionada excesivamente en su configuración, salvo en las zonas de la Serranía de Cuenca (conexión con provincia Teruel), Sierra de Alcaraz (conexión entre provincia de Albacete y Andalucía), la Sierra de Ayllón (conexión entre Guadalajara y Castilla y León), Sierra de San Vicente (conexión entre Toledo y Ávila) y Montes de Toledo (conexión entre Ciudad Real y Toledo) que suponen discontinuidades en el sistema viario a la hora de comunicar nodos relevantes.

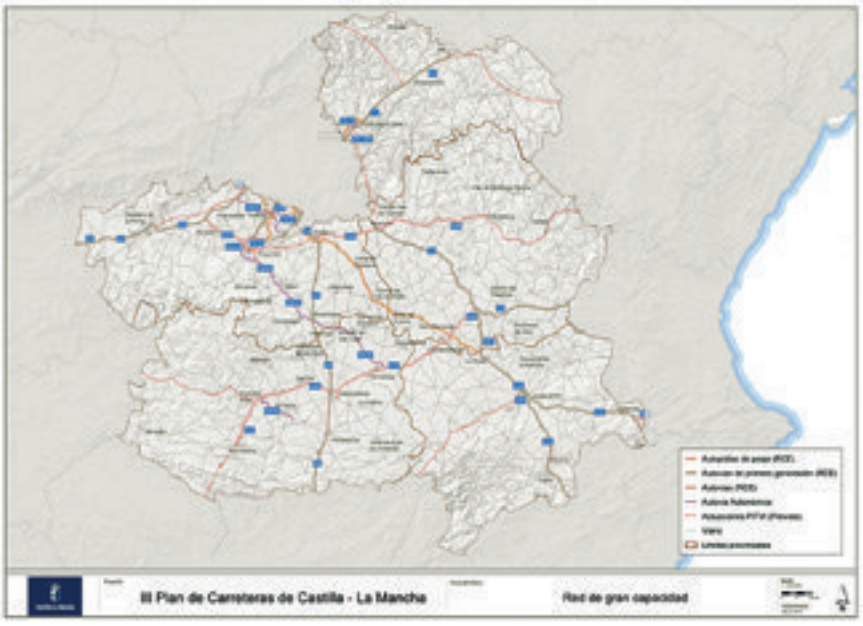


Imagen 1: Red de Gran Capacidad – III Plan de Carreteras de Castilla-La Mancha

Por su parte, la economía castellano-manchega es la novena de España, en cuanto al tamaño de su Producto Interior Bruto. Si bien el sector primario ha tenido tradicionalmente gran peso en la economía regional, este ha sido desplazado de forma progresiva por el sector servicios, destacando en la actualidad la gran potencialidad del turismo en todas sus modalidades (patrimonial, ecoturismo, gastronómico…) y los temas relacionados con la promoción económica en los espacios naturales, como la conservación de parques naturales y la actividad cinegética regional.

Precisamente, para conseguir potenciar el desarrollo sostenible en el medio rural, la existencia de una red viaria que garantice la accesibilidad a las zonas periféricas y de difícil acceso de la región es un elemento imprescindible en el que se apoyan las estrategias contenidas en los planes específicos de turismo, tanto regionales (Plan Estratégico para el Turismo de Castilla-La Mancha) como nacionales (Plan de Turismo Español Horizonte 2020).

Por otra parte, la industria se concentra fundamentalmente en torno a los principales ejes de comunicación de Castilla-La Mancha de la zona centro (Corredor del Henares y Comarca de la Sagra), donde además es llamativo el crecimiento de población experimentado por los municipios situados en el límite territorial con la Comunidad de Madrid, población que bascula sobre Madrid con apoyo del vehículo privado, y en las áreas urbanas más pobladas (capitales de provincia y ciudades medias) con el consiguiente impacto que esto tiene sobre la capacidad de viaria de estas zonas. (III Plan Regional de Carreteras de Castilla-La Mancha).

Ferroviaria

La red ferroviaria en Castilla-La Mancha comprende la red de Alta Velocidad, Red Convencional (aproximadamente 1.587 km) y Cercanías (aproximadamente 22 km), lo que hace tenga una buena dotación por habitante3 (916,64 frente a 340,79 km por cada millón de habitantes de media estatal), mientras que las dotaciones por superficie son ligeramente inferiores a la media nacional (24,40 km por cada 1.000 km^2, y 31,47, respectivamente).

El conjunto de la Red Convencional y de la Red de Alta Velocidad articula las conexiones con el sistema urbano, conectando los nodos entre sí y estos con los sistemas urbanos de las Comunidades limítrofes, principalmente con Madrid y Valencia.

A diferencia de la red viaria que presenta un sistema mallado, la red ferroviaria cuenta con un esquema en árbol. En cuanto a la red de Alta Velocidad, Castilla-La Mancha es la comunidad autónoma que cuenta con un mayor número de estaciones (en las cinco capitales provinciales y Puertollano).

Aeroportuaria

Castilla-La Mancha cuenta con dos aeropuertos, Albacete y Ciudad Real, un importante helipuerto militar en Almagro y 46 aeródromos dedicados a los trabajos aéreos, aviación deportiva o tareas de defensa forestal.

Principales impactos esperados

Es difícil cuantificar los impactos del cambio climático sobre la red de transporte, y esta ha de ser más cualitativa basada en juicios expertos. El *Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España,* valora los impactos en diversas fases, tanto en la de planificación de infraestructuras de transporte, así como en la de diseño, construcción y operación.

Se resaltan aquellos impactos que van a demandar un cambio en las prácticas actuales para mantener los niveles de servicio que se ofrecen. Si bien, estos impactos, pueden ser tanto adversos como positivos.

El aumento de fenómenos meteorológicos extremos puede aumentar el gasto en el mantenimiento de las infraestructuras. No hay que irse muy lejos en el tiempo, febrero de 2015, para recordar noticias

en prensa que titulaban *"Más de 50 carreteras afectadas por la nieve en C-LM"* Más de 50 carreteras de Castilla-La Mancha presentaron incidencias por la nieve y el hielo que dejó el temporal de frío que azotó a toda la Península. Dos de estas vías, situadas en concreto en la provincia de Guadalajara fueron cortadas al tráfico por la cantidad de nieve acumulada." Pero no solo afecta a carreteras, sino también al ferrocarril, sin ir más lejos en enero de 2017: *"La nieve para cuatro trenes y deja sin electricidad a 10.336 usuarios en Albacete".*

En la actualidad, la mayor parte de las incidencias asociadas a variables climáticas que suponen restricciones de circulación en la red troncal de carreteras son debidas a nieve, y alrededor de una cuarta parte de las incidencias por razón climatológica que afectan a la circulación de los trenes de Renfe Operadora son atribuibles a la nieve y al hielo. Aunque en menor medida, la reducción de nevadas/heladas también incidirá positivamente sobre el transporte aéreo, puesto que éstas están en el origen de un 8% de las incidencias que afectan de forma significativa a la operación aeroportuaria.

Impactos en la fase de planificación de las infraestructuras

La incidencia que tiene el cambio climático en la planificación de infraestructuras es limitada en comparación a su diseño u operación. Hay que tener en cuanto a la planificación dos aspectos, como son los estudios de demanda de infraestructuras, y el emplazamiento de los mismos.

En el análisis de las alternativas de emplazamiento hay que tener presente el riesgo de alteración de las condiciones climáticas locales que puedan restar eficiencia y regularidad a las operaciones en infraestructuras nodales. Los aeropuertos, por ejemplo, han de planificarse de forma que permitan que las aeronaves operen, la mayor parte del tiempo, en condiciones normales de viento.

La afección del cambio climático sobre la demanda de transporte y sobre el comportamiento de la movilidad de viajeros y mercancías y sus patrones de encaminamiento y elección modal, resulta difícil de predecir. Diversos estudios realizados en España señalan posibles cambios en los patrones de distribución territorial de la población y de los hábitos turísticos como se analiza en el apartado correspondiente. Se habla de una mayor dispersión espacial de los núcleos turísticos debido a la escasez de agua, o el descenso de la idoneidad climática, pero es difícil predecir en qué medida puede esto afectar en Castilla-La Mancha.

Impactos que pueden repercutir sobre el diseño de nuevas infraestructuras

Los impactos con mayor repercusión sobre el diseño de nuevas carreteras en la red troncal conciernen sobre todo a taludes y firmes.

En el caso de los taludes, se puede suponer en aumento de los daños en aquellas zonas donde se produzca el aumento de la intensidad de lluvias intensas pero de corta duración. Estas afectan a la estabilidad de los taludes por la escorrentía. También puede darse el caso que estas avenidas extraordinarias afecten a la estabilidad de los taludes en terraplenes que discurren paralelos a cauces de río.

Existen trágicos referentes en la Comunidad, como el ocurrido en los periodos de lluvias de primeros de abril, donde el **hundimiento de un puente en carretera N-420** en la localidad ciudadrealeña de **Fuencaliente** como consecuencia de la crecida del río Yeguas por las intensas lluvias ha causo la **muerte a dos personas que viajaban en un camión y en un coche.**

El aumento de las temperaturas acelera el envejecimiento de las marcas viales o provocar la rotura de los elementos de unión por dilatación excesiva en tramos muy largos de barrera de seguridad metálica.

Aunque el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas pueda producir localmente mayores exigencias sobre el drenaje, se considera que el impacto del cambio climático sobre este componente en nuevas carreteras no será a priori relevante, como consecuencia de los criterios básicos de diseño que incorpora la *Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial*.

En líneas ferroviarias de la red convencional, se prevé que los mayores impactos estén relacionados con componentes de la infraestructura, cuyos criterios de diseño son más antiguos y no responden a las mismas exigencias que actualmente cumplen las líneas de alta velocidad.

- Líneas troncales que conectan el conjunto del sistema urbano de las provincias de Cuenca, Albacete, Ciudad Real y Toledo:
  - Línea 300 (Madrid-Valencia).
  - Línea 400 (Alcázar de San Juan-Cádiz).
  - Línea 500 (Madrid-Valencia de Alcántara).
- De las líneas troncales surgen el resto de ramas ferroviarias:
  - Línea 310 a Cuenca y la Línea 320 a Cartagena, desde la Línea 300.
  - Línea 522 (Manzanares-Ciudad Real) y la Línea 520 (Ciudad Real-Badajoz) desde la línea 400.

Además de estas líneas, existe la Línea 200 (Madrid-Barcelona) que discurre a través de Guadalajara en paralelo a la línea AVE (Madrid-Barcelona).

Las obras de tierra, las estructuras y las obras de drenaje son a priori los componentes más vulnerables. En la mayoría de casos, los impactos guardan relación con el aumento de los episodios de lluvias intensas.

Respecto de los componentes de la superestructura, en líneas de la red convencional se identifican impactos relacionados sobre todo con el aumento generalizado de temperatura y de las oscilaciones térmicas, así como con la ocurrencia de tormentas más intensas y, eventualmente, un aumento de la intensidad máxima en las rachas de viento.

Destacan a este respecto los impactos debidos a la temperatura sobre el carril y las sujeciones, así como la previsión de aumento del riesgo de daños a la catenaria por sobretensiones por tormentas eléctricas y por caída de objetos por efecto de rachas de viento.

En líneas ferroviarias de alta velocidad de nueva construcción, los principales impactos se producirán previsiblemente sobre los componentes de vía, la catenaria y determinados elementos auxiliares de la infraestructura, como las pantallas y las plantaciones. El aumento generalizado de las temperaturas máximas y de las oscilaciones térmicas aumentará la dilatación de los carriles y sus tensiones internas, afectando a las solicitaciones del sistema carril-traviesa-sujeción, en mayor medida incluso que en el caso de líneas convencionales, al estar las líneas de alta velocidad sujetas a mayores requerimientos.

- Alta Velocidad Madrid-Sevilla / Málaga, que conecta en el interior de la región con Toledo, Ciudad Real y Puertollano.
- Madrid – Barcelona (Francia), con parada en Guadalajara.
- Madrid – Valencia / Alicante, con parada en Cuenca y Albacete (en los viajes con destino a Alicante).

Impactos en la fase de construcción

En relación con la construcción de infraestructuras, el cambio climático incide sobre todo en algunos aspectos de seguridad y salud y de prevención de riesgos durante la obra. El aumento de las temperaturas máximas y de las olas de calor afecta a las condiciones y/o periodos de trabajo y a los requerimientos de funcionamiento y confort de la maquinaria de obra.

También incrementa el riesgo de incendios fortuitos durante la ejecución de las obras. El aumento de la intensidad de lluvias ocasionales extremas aconseja reforzar los sistemas de drenaje y de protección, especialmente durante la construcción de explanadas y obras de tierra.

Como consecuencia del cambio climático, también puede ser necesario prestar más atención a ciertos procesos constructivos (por ejemplo, al fraguado y curado del hormigón, como consecuencia del aumento

de la insolación) o incluso recurrir a procesos alternativos que supongan menor consumo de agua, debido a la carestía de recursos hídricos.

Bibliografía

"Plan estratégico de infraestructuras y transporte" Documento de Diagnóstico, Ministerio de fomento – 2005

Hacia una estrategia temática sobre el medio ambiente urbano Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. DCOM 2004/60 FINAL, 11-2-2004

Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), TAU Consultora Ambiental, 2004

Informe OTLE. Observatorio de Transporte y la Logística en España, informe anual 2017, Ministerio de fomento

Impactos en el turismo rural

Emilio Martínez Ibarra. *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Granada*
María Belén Gómez Martín, *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Barcelona*

Introdución

El calentamiento planetario durante los últimos lustros y su relación con la actividad antrópica, así como sus implicaciones en el resto del sistema climático y su influencia global, constituye una realidad asumida por la mayor parte de la comunidad científica.

Por otro lado, el turismo como sector económico trascendental y estratégico, en buena medida, tiene condicionado su futuro por los previsibles efectos del cambio climático y sus implicaciones globales.

Al respecto, debe tenerse en cuenta que la relación clima-turismo mantiene una componente bidireccional. Por tanto, el turismo aparece tanto como víctima como verdugo.

La proyección del cambio climático en el sistema turístico se concreta en efectos directos e indirectos. Los primeros están relacionados con las modificaciones experimentadas por las facetas del medio atmosférico, al influir en la sensación de disfrute, el confort y la salud de los turistas. Mientras que los segundos se refieren a aquellos de índole socio-económica y ambiental que parten del cambio climático.

Ello obliga a considerar de forma seria y con acciones firmes y concretas el nuevo contexto interno y externo al que se enfrenta el sector turístico, tanto desde instancias públicas como privadas, donde aparece como cuestión clave el *input* energético que alimenta el metabolismo exosomático de las sociedades post-industriales.

En este contexto de cambio global el calentamiento planetario, el post-fordismo, el post-productivismo, el refuerzo de los valores pos-materiales y el agotamiento del sistema energético actual, se presentan como nuevas oportunidades y retos para el sector turístico de la región de Castilla-La Mancha. Éstas deben ser aprovechados, para reducir la incertidumbre y la vulnerabilidad e incrementar la adaptación, al nuevo escenario mundial, con proyección inter-escalar, especialmente manifiesta en un mundo globalizado.

Situación actual del sector turístico: contexto internacional y nacional

El turismo se configura como uno de los sectores económicos de mayor trascendencia a nivel mundial, que durante las últimas seis décadas ha denotado una continua expansión y diversificación (UNWTO, 2016), revelando además una destacada elasticidad a las crisis. Así, en el contexto mundial, en 2015 las llegadas de turistas internacionales alcanzaban los 1.186 millones, derivando en unos ingresos de 1.160.200 euros (UNWTO, 2016). A tenor de ello, el turismo se posicionaba en un lugar destacado en las exportaciones mundiales, ocupando el tercer lugar, tras la industria de combustibles y de productos químicos. Las estimaciones establecidas por la UNWTO en 2016 indicaban que la industria turística representaba en torno al 10% del PIB mundial.

En el marco internacional, el continente Europeo es la región que más turismo recibe, acumulando el 51% de las llegadas turísticas, con 608 millones, y el 36% de los ingresos, con 415.300 millones de euros (UNWTO, 2016). Además, como es conocido, España ocupa un lugar muy destacado a nivel mundial: se sitúa en tercera posición tanto en llegadas internacionales (con 68,2 millones de llegadas de turistas), como en ingresos por turismo internacional (52.000 de millones de euros). Según las estimaciones establecidas en la Cuenta Satélite del Turismo, disponible en la INEbase (2017), en 2015 la aportación del turismo en España asciende a 119.011 millones de euros, representando el 11,1% de Producto Interior Bruto, generando unos 2,49 millones de puestos de trabajo, el 13% respecto al total.

Tomando como referencia los últimos datos definitivos de FRONTUR (Encuesta de Movimientos Turísticos en Fronteras), para el caso de las llegadas de turismo internacional, cabe resaltar no sólo los totales sino también los datos desagregados. Al respecto, la procedencia y medio de transporte deben ser destacados, por su importancia en las emisiones de gases de efecto invernadero y los posibles efectos en las políticas de mitigación (ecotasas, gravamen en los precios del carburante como medida para reducir las emisiones, etc.).

En este sentido, cabe resaltar que en 2014 llegaron a España unos 107 millones de visitantes, con una tasa de variación interanual del 3,8%. De ellos 65 millones fueron turistas, con una tasa de variación interanual del 7%, y constituyendo, en este caso, el motivo principal del viaje el ocio y las vacaciones (86,5%).

A pesar de que la mayor parte de los turistas internacionales provienen de Europa (el 91%), especialmente de Reino Unido (23,10%), Francia (16,3) y Alemania (16%) (Figura 1), la gran mayoría sigue utilizando el medio de transporte más cómodo y rápido para distancias largas: esto es, el transporte aéreo, que es empleado por el 79,8% de los turistas internacionales que acuden a España (Tabla 1). Al respecto, conviene subrayar que este tipo de transporte es también el que genera mayores emisiones de CO_2 por la actividad turística. Ciertamente, el transporte aéreo suma el 40% del total de las emisiones derivadas de la práctica turística.

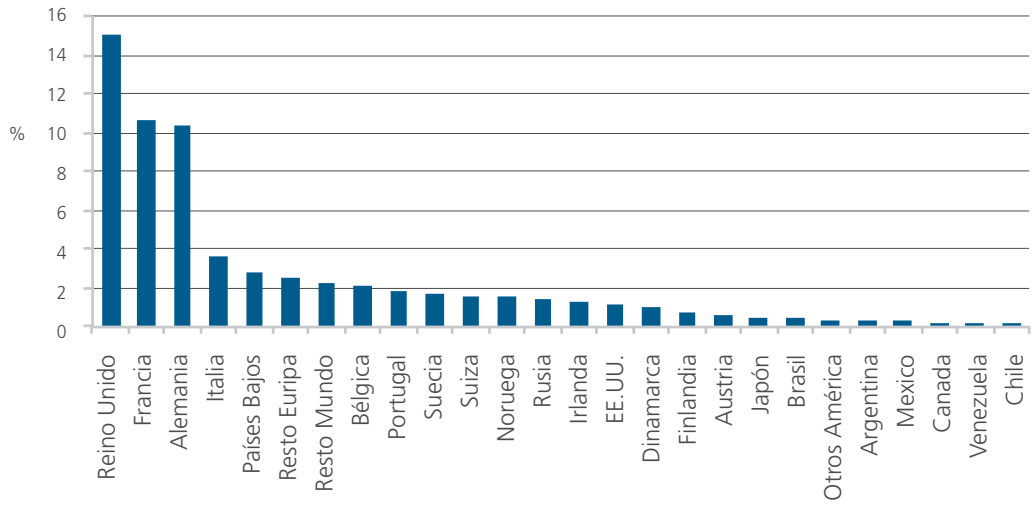


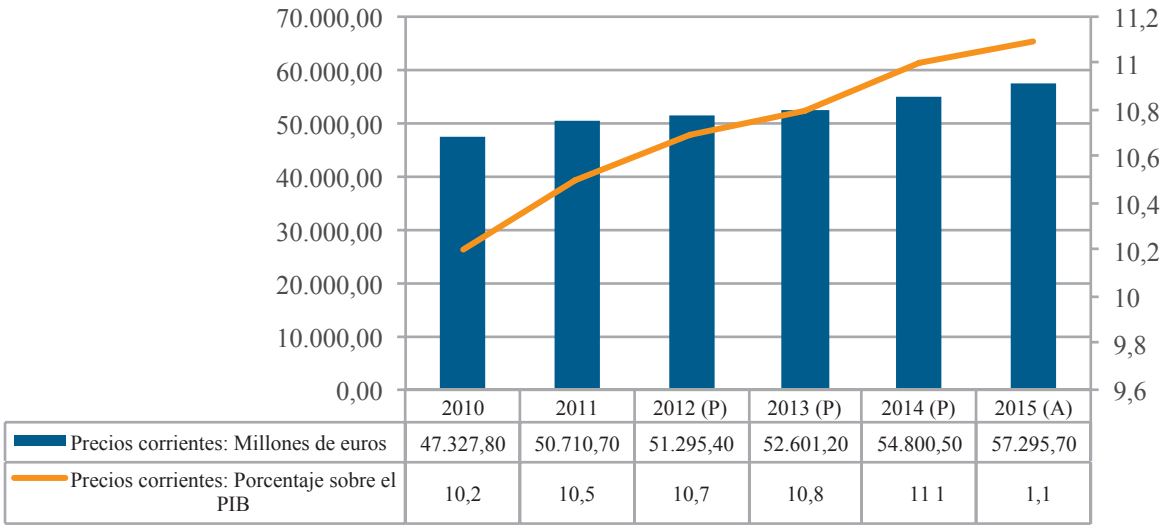
Figura 1.: Entradas de turistas internacionales en España (en millones) según país de residencia (datos definitivos: 2014). Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FRONTUR. Elaboración propia.

En 2014, de acuerdo con FRONTUR, el tipo de alojamiento más utilizado por el turismo internacional es el alojamiento hotelero o similar, representado el 63,2% de los casos, seguido por la vivienda gratuita (de familiares o amigos) con el 19,3% del total, y la vivienda alquilada (11,4%).

Por tanto, se deduce que el turismo sigue equilibrando la balanza comercial en España, y, como un sector estratégico, manifiesta una trascendencia en el engranaje económico, capaz, por sí solo, de dinamizar otros sectores económicos. Además, como puede observarse en la figura 2, ha sido notable la recuperación económica del sector, manifestándose, previsiblemente, una tendencia alcista desde el 2010 a 2015.

Medio de transporte	Total	Porcentaje	Tasa de variación inte-ranual
Aeropuerto	51.822.657	79,80%	6,3%
Carretera	11.953.093	18,40%	9,8%
Puerto	858.984	1,30%	-5,4%
Ferrocarril	304.210	0,50%	162,7%

Tabla 1.: Entradas de turistas a España según medio transporte (Datos definitivos: año 2014). Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FRONTUR. Elaboración propia.



	2010	2011	2012 (P)	2013 (P)	2014 (P)	2015 (A)
Precios corrientes: Millones de euros	47.327,80	50.710,70	51.295,40	52.601,20	54.800,50	57.295,70
Precios corrientes: Porcentaje sobre el PIB	10,2	10,5	10,7	10,8	11 1	1,1

Figura 2.: Cuenta Satélite del Turismo de España. Base 2010. Serie contable 2010-2015. Fuente: INEbase (2017). Elaboración propia.

Con todo, no menos cierto es que, desde hace unas décadas se advierte la existencia tanto de un punto de inflexión en el ciclo económico, como en la necesidad de adoptar el modelo turístico español a nuevas circunstancias sociales y económicas: cambios demográficos en las sociedades desarrolladas, disminución de la demanda en Europa Occidental, desempleo, sobreoferta, etc. Por ello, para consolidar y reforzar las bases sobre las que se sustenta el sistema turístico, existe la necesidad de asegurar su liderazgo y competitividad. Por ejemplo, a partir de nuevos modelos de gestión empresarial, nuevas formas de comunicación, búsqueda del bienestar del cliente, donde la salud y su relación con el entorno trascienden sobremanera.

Asimismo, la importancia del sector turístico muestra desigualdades espaciales. Para el caso del turismo internacional en España, según FRONTUR, el 85% del turismo internacional se concentra en el 33% de la superficie de España, esto es, las comunidades peninsulares con litoral mediterráneo y los dos archipiéla-

gos. Por comunidades autónomas, Cataluña, por la presencia del litoral mediterráneo y la capitalidad de Barcelona, es la que más turistas recibe, con casi 17 millones de turistas, el 25,9% del total. A continuación, le siguen el archipiélago Canario y Balear, con algo más de 11 millones de turistas internacionales, seguidas por Andalucía y la Comunidad Valenciana, con casi 8,5 y algo más de 6 millones de turistas internacionales, respectivamente. La concentración espacial del turismo internacional es especialmente manifiesta en los archipiélagos Balear y Canario, con una ratio de 2.273,3 y de 1.540,9 de turistas internacionales por Km^2, respectivamente.

El resto de las comunidades autónomas, especialmente si carecen de una capitalidad con proyección internacional importante (como Madrid o Bilbao), presentan una modesta representatividad en el turismo internacional, con porcentajes inferiores al 2%, tal es el caso de Castilla-La Mancha, con 182.606 turistas internacionales, el 0,3% del turismo internacional: esto es, 2,3 turistas internacionales por Km^2. Estos últimos datos referentes a Castilla-La Mancha deben verse como una oportunidad, dada la saturación turística de los archipiélagos y el litoral y algunos entornos urbanos, ante las nuevas tendencias experimentadas en la demanda turística, en el contexto del post-fordismo, el pos-productivismo, la valoración de los valores pos-materiales y la búsqueda de experiencias más auténticas, en este caso, asociadas al mundo rural y los espacios culturales y naturales.

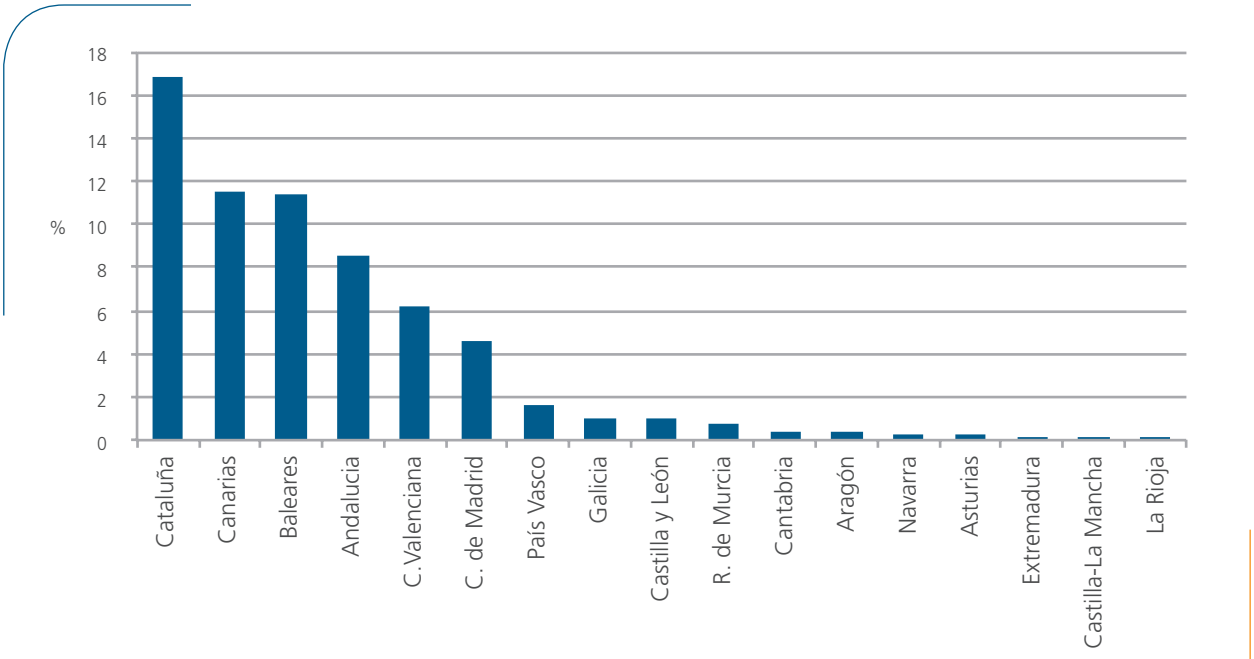


Figura 3.: Entradas de turistas internacionales en España (en millones) por comunidad autónoma (datos definitivos: 2014) Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FRONTUR. Elaboración propia.

Para el caso del turismo nacional, según los datos de FAMILITUR (Encuesta de Movimientos Turísticos de los Españoles), en 2014 los españoles han realizado algo más de 151 millones de viajes, concentrándose éstos especialmente durante los fines de semana, unos 80 millones. Su distribución mensual está controlada por las vacaciones estivales (casi 18,5 millones de viajes), las vacaciones de Semana Santa (con algo más de 5 millones de viajes) y las de Navidad (unos 3,5 millones de viajes). De los 151 millones de viajes la mayor parte se desarrollan dentro del territorio nacional, algo más de 139 millones.

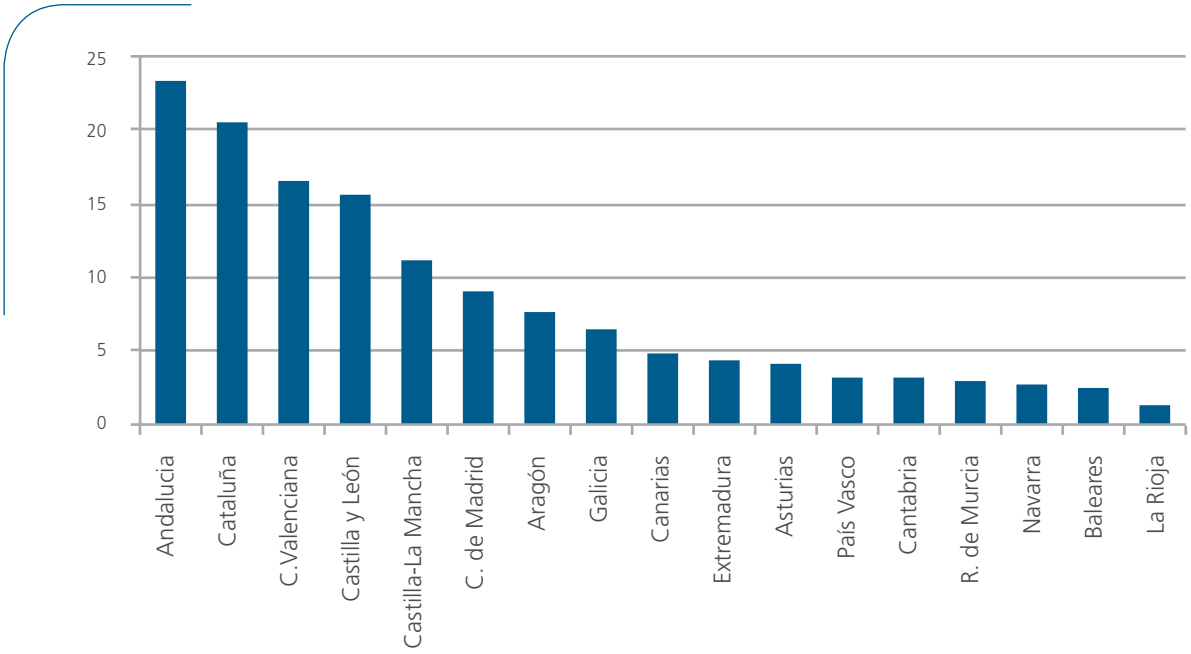


Figura 4.: Número de viajes (en millones) por Comunidad Autónoma (datos definitivos: 2014) Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FAMILITUR. Elaboración propia.

Respecto a la distribución por comunidades autónomas, se observan diferencias significativas con el turismo internacional, que responden al peso poblacional de las propias comunidades autónomas y las diferentes motivaciones de viaje del turismo interno frente al internacional. No obstante, de nuevo destaca la importancia de las comunidades autónomas del litoral mediterráneo, especialmente las de Andalucía, Cataluña y la Comunidad Valenciana, con unos 23, 20 y 16 millones de viajes, lo que implica que el 43% del turismo interno se concentra en estas tres regiones, el 28,3% de la superficie de España. Las diferencias se aprecian claramente en la importancia que adquieren las comunidades autónomas del interior, particularmente aquéllas que disfrutan de la rentabilidad de la proximidad de focos de demanda importante, y una oferta en recursos culturales, naturales y rurales significativos: tales son los casos de Castilla y León y Castilla-La Mancha, pues reciben más de 15 y 11 millones de viajes, respectivamente (Figura 4).

Las contrastes observados entre el turismo internacional y el nacional también se manifiestan tanto en el medio de transporte utilizado como en el tipo de alojamiento empleado. Así, en el turismo interno el transporte en coche como el alojamiento "gratuito" (vivienda propia, en multipropiedad, o el uso de la vivienda de familiares o amigos) es ampliamente mayoritario, alcanzando el 84 y el 68,6%, en cada caso.

El turismo en Castilla-La Mancha

De acuerdo con el Plan Estratégico de Turismo de Castilla-La Mancha 2015-2019, la comunidad autónoma contaba en 2014 con unas 64.000 plazas de alojamiento turístico, repartidas en 3.346 establecimientos (Figura 5). El tipo de alojamiento predominante es el rural (60,1%), si bien el mayor número de plazas se concentra en establecimientos hoteleros (54,88%).

Respecto a la oferta hotelera en 2014, según el anuario estadístico del Instituto Nacional de Estadística, el 61,6% del número de plazas formaban parte de la categoría de "hoteles estrella de oro", correspondiendo la mayor parte a la de dos y tres estrellas, en la categoría "hoteles estrella de plata".

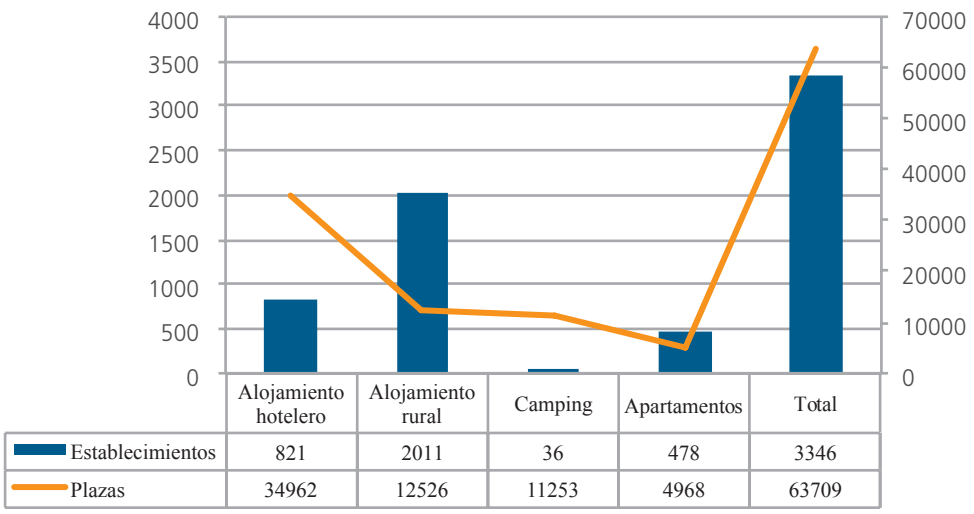


Figura 5.: Oferta de alojamiento turístico en Castilla-La Mancha. Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

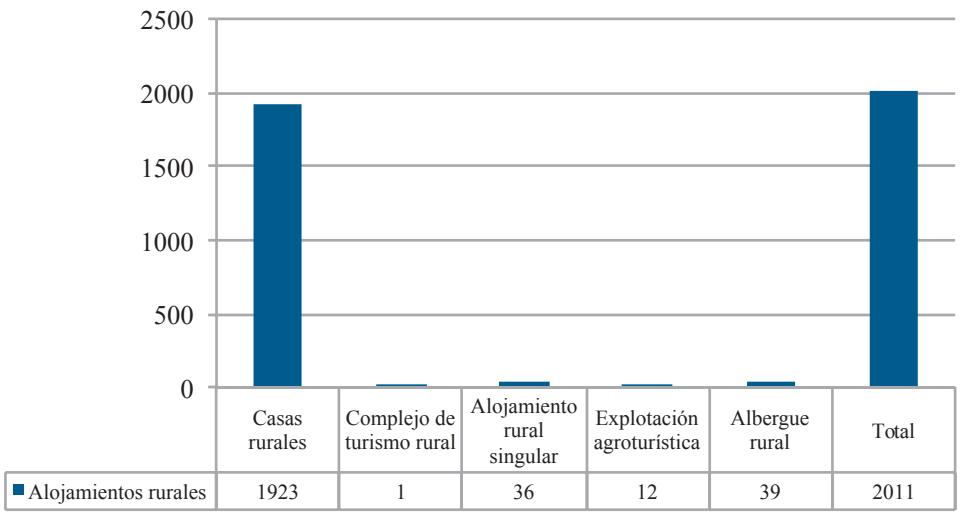


Figura 6.: Alojamientos rurales en Castilla-La Mancha según tipología Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

A esta oferta se suma la de restauración, las agencias turísticas y las empresas turísticas de turismo activo, con unos 16.000, 400 y 170 establecimientos, respectivamente.

Dadas las tendencias turísticas de las últimas décadas y las características geográficas de Castilla-La Mancha, el turismo rural juega un papel muy importante. Así, en 2014, según los datos obtenidos del Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha, existían 2.011 establecimientos vinculados con este segmento turístico, representando las casas rurales el 95,6% del total (Figura 6), de las que el 57,4% formaban parte de la categoría de una "espiga".

Con respecto a la demanda, según los datos ofrecidos por el INE, para 2014 en Castilla-La Mancha se contabilizaron unos 2 millones de viajeros, de los cuales la gran mayoría quedaban representados por el turismo nacional, concretamente el 83% del total. Ello derivó en algo más de tres millones de pernoctaciones, el 84% ligado al turismo interno. La distribución mensual muestra un rango intranual de algo más de 191 mil viajeros (6%). El máximo aparece en agosto con unas 350 mil pernoctaciones (el 10,8%). Mientras que el mínimo se presenta en enero, con unas 152 mil (el 4,8%).

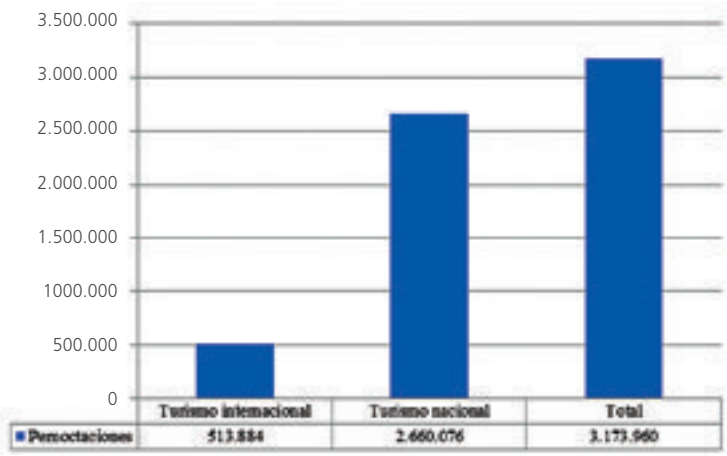


Figura 7.: Pernoctaciones totales según procedencia en Castilla-La Mancha (2014)
Fuente: INE. Elaboración propia.

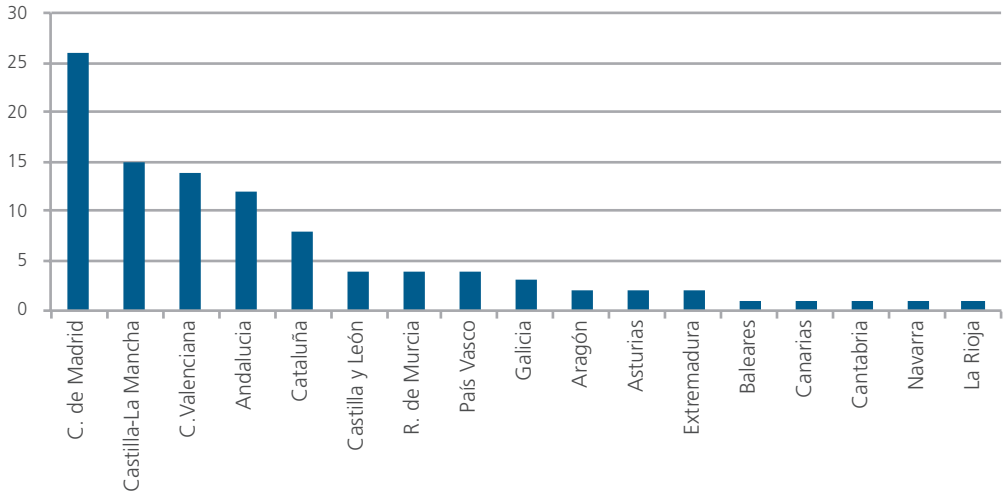


Figura 8.: Procedencia (valores porcentuales) de los turistas españoles en Castilla-La Mancha (2014)
Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

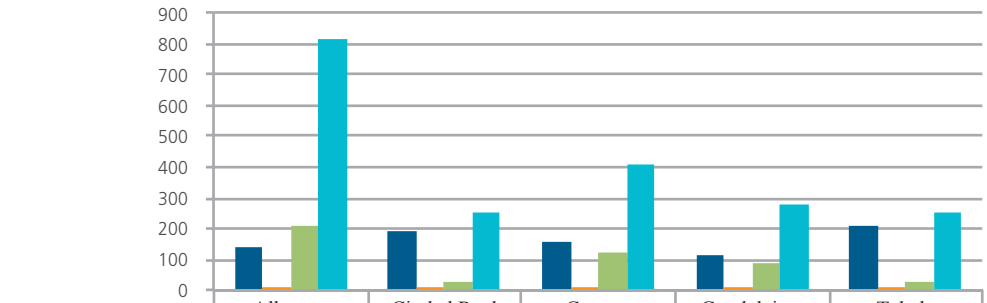
La relativa proximidad y la existencia de un mercado potencial importante explican, en parte, la procedencia del turismo internacional en Castilla-La Mancha. De hecho, en torno al 51% del mercado internacional acude a Castilla-La Mancha desde Francia (16,5%), Reino Unido (12%), Alemania (9%), Italia (6,8%) y Portugal (6,5%). Si bien, cabe destacar la importancia del mercado estadounidense (8,6%) y japonés (5,7%).

Los factores geográficos anteriormente aludidos condicionan, en este caso, sobremanera, la procedencia del turismo nacional en Castilla-La Mancha. Así, el 67% de los turistas que viajan a la región provienen de la Comunidad de Madrid (26%), Castilla-La Mancha (15%), la Comunidad Valenciana (14%) y Andalucía (12%). Asimismo, se observa la importancia del turismo interno dentro de la propia comunidad (Figura 8).

Si se desagregan las pernoctaciones realizadas en Castilla-La Mancha por tipo de alojamiento, dada la oferta existente y sus características, observaremos que predomina ampliamente la ligada a los establecimientos hoteleros, con un 76,1%, seguida, a gran distancia, por los establecimientos rurales, que ronda el 10,3%.

Datos desagregados a nivel provincial

La mayor parte de la oferta de alojamiento de Castilla-La Mancha se concentra en la región de Albacete, ésta reúne el 35,1% de la misma (1.175 establecimientos). A distancia le sigue la provincia de Cuenca, con el 20,9% de la misma (700 establecimientos). Mientras que las provincias de Ciudad Real, Toledo y Guadalajara mantienen una oferta similar, situándose entre el 14,5-14,8% respecto al total (480-500 establecimientos) (Figura 9).



	Albacete	Ciudad Real	Cuenca	Guadalajara	Toledo
Hoteles	139	194	160	116	209
Camping	9	7	9	5	6
Apartamentos	211	30	120	88	29
Alojamientos rurales	816	257 4	11 2	75	252

Figura 9.: Tipología de alojamiento por provincias en Castilla-La Mancha. Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

La estructura de la oferta de alojamiento (por establecimientos) en la Comunidad se organiza principalmente en torno a los alojamientos rurales (60,2%), y en segundo lugar alrededor de los hoteles (24,5%). Esta distribución sólo es rota en el caso de la provincia de Albacete, dada la mayor importancia de los alojamientos rurales (69,4%), y, especialmente, porque el segundo pilar de su oferta no lo constituye la oferta hotelera sino la de apartamentos. Ciertamente, éstos representan el 18% de los establecimientos, según el Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha.

Como se comentó anteriormente, la oferta de turismo rural (establecimientos) trasciende en Castilla-La Mancha. Si observamos los datos por provincias, en concordancia con los datos anteriores, Albacete es la que concentra el mayor número de establecimientos, 816, lo que representa el 40,6% del total de la oferta de la comunidad autónoma. Cuenca es de nuevo la segunda provincia en número de establecimientos rurales, con 411 establecimientos, el 20,4% del total. El resto de las provincias mantiene una oferta rural similar, entre 250-260 establecimientos, lo que representa entre el 12,5-12,8%.

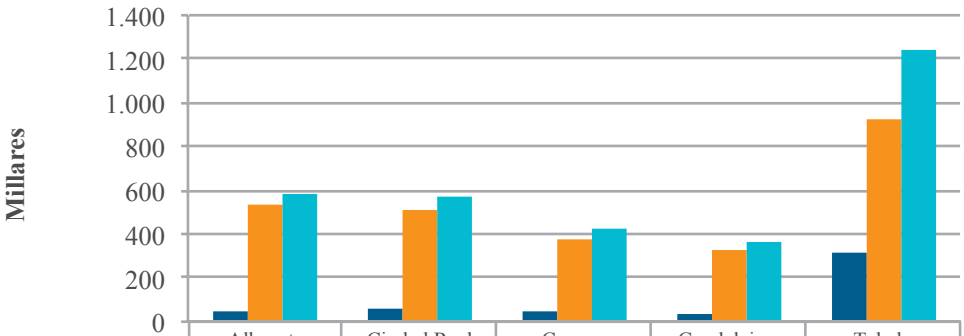
Sin embargo, para el caso de la demanda, de acuerdo con los datos extraídos del INE, en 2014, Toledo es la provincia turística por excelencia de la comunidad de Castilla-La Mancha. En la misma se registraron prácticamente 811 mil viajeros, representando el 42,5% de toda la región. El resto de las provincias ha registrado valores significativamente inferiores y similares entre ellas, situándose entre los 200 y los 350 mil, es decir, entre el 11 y el 18%. Toledo destaca tanto en turismo nacional como internacional, si bien es especialmente significativo el turismo exterior, pues en dicha provincia se ha concentrado el 65,6% del turismo extranjero de la región (prácticamente los 215 mil viajeros).

Así, Toledo ha sido la provincia que ha registrado en 2014 un mayor número de pernoctaciones, con un total de algo más de 1,2 millones, representando el 39,2% del total, seguida a gran distancia por la de Albacete (algo menos de 580 mil, 18,2%), Ciudad Real (algo menos de 570 mil, 17,9%), Cuenca (unas 423 mil, 13,4%) y Guadalajara (prácticamente 360 mil, 11,3%).

De nuevo, las diferencias entre Toledo y el resto de las provincias aparecen especialmente notables con respecto a las pernoctaciones del turismo internacional, concentrando ésta un total que supera ligeramente las 320 mil, lo que representa el 62,3% de toda la comunidad (Figura 10).

Turismo rural en Castilla-La Mancha

El contexto presente desde hace unos años se ha materializado en nuevas oportunidades para el medio rural. Así es, el post-fordismo, el post-productivismo, el refuerzo de los valores post-materiales, y la puesta en marcha de políticas europeas con carácter territorial, así como la saturación de los espacios turísticos

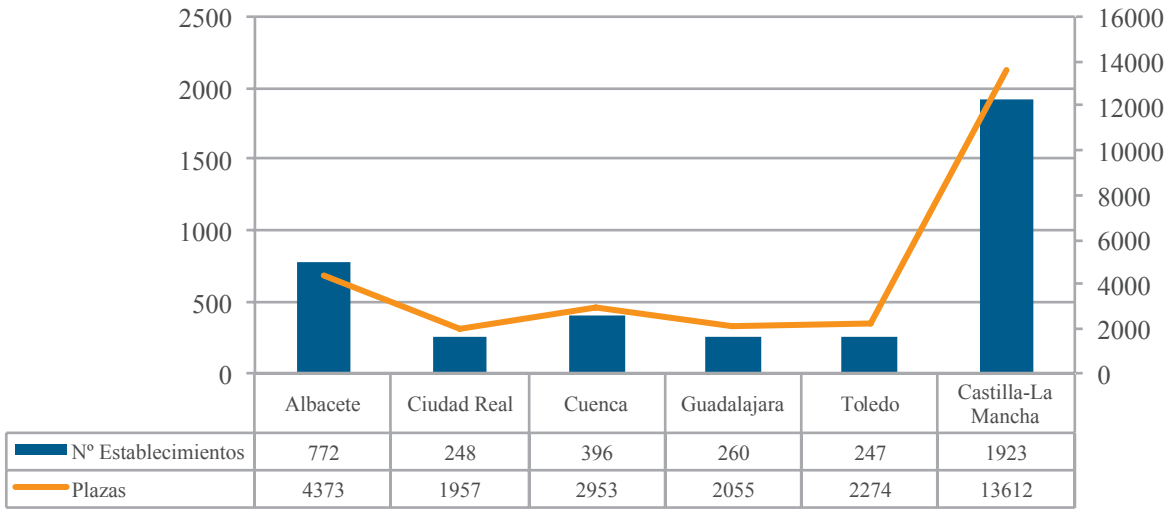


	Albacete	Ciudad Real	Cuenca	Guadalajara	Toledo
Turismo internacional	45.558	62.612	47.551	37.885	320.282
Turismo nacional	532.002	505.499	376.287	321.676	924.610
Totales	577.560	568.111	423.838	359.561	1.244.892

Figura 10.: Pernoctaciones registradas en Castilla-La Mancha por provincias en 2014.
Fuente: INE. Elaboración propia.

litorales, están convirtiendo al turismo rural en una de las modalidades de ocio y recreación más dinámicas y con una proyección futura más favorable. En estas circunstancias el turismo rural puede contribuir a mejorar las oportunidades de los espacios rurales, ayudando, en algunos casos, a invertir, hasta cierto punto, el éxodo rural. En este nuevo escenario la comunidad de Castilla-La Mancha constituye un referente.

Así, de acuerdo con los datos extraídos del Instituto de Estadística de la Junta de Castilla-La Mancha, para el 31 de diciembre de 2014, en Castilla-La Mancha el número de casas rurales dadas de alta ascendía a un total de 1.923, sumando un total de 13.612 plazas. La distribución por provincias evidencia la preponderancia de la provincia de Albacete, pues la misma concentra el mayor número de establecimientos y plazas de casas rurales, acumulando, en cada caso, algo más del 40 y el 32%, respectivamente. Le sigue a cierta distancia la provincia de Cuenca, que aglutina en torno al 21% de los establecimientos y plazas de casas rurales. El resto de provincias mantienen unos datos similares, que las sitúan alrededor del 13% de establecimientos, y entre el 14-17% de plazas (Figura 11).



	Albacete	Ciudad Real	Cuenca	Guadalajara	Toledo	Castilla-La Mancha
Nº Establecimientos	772	248	396	260	247	1923
Plazas	4373	1957	2953	2055	2274	13612

Figura 11.: Número de casas rurales y sus respectivas plazas en Castilla-La Mancha en 2014.
Fuente: Dirección General de Turismo. Consejería de Empleo y Economía (Junta de Castilla-La Mancha).
Elaboración propia.

Turismo de naturaleza en Castilla-La Mancha

Estos nuevos valores y estilos de vida, que se trasladan al comportamiento turístico y favorecen también los flujos hacia los espacios "naturales", entroncan en buena medida con el incremento de la sensibilidad por el patrimonio natural, aunque también con su propia mercantilización, que en este caso, los convierte en servicios y bienes de consumo turístico.

En este sentido, según el Atlas de los Paisajes de Castilla-La Mancha, las grandes agrupaciones morfológicas de asociaciones de tipos de paisaje presentes en Castilla-La Mancha son: 1) los llanos (campiñas y llanos interiores: 33,54% del territorio); 2) los valles y hoyas (corredores, cuencas, hoyas y depresiones, gargantas, desfiladeros y hoces y vegas y riberas: 10,9%); 3) los piedemontes, alcarrias y presierras (cerros, lomas y llanos del norte de sierra Morena y borde subbético, muelas y parameras, páramos y mesas

y penillanuras y piedemontes: 42,94%); y 4) las sierras (macizos montañosos de las cordilleras béticas, macizos montañosos del interior ibérico y sierras y montañas mediterráneas y continentales: 12,62%). Por tanto, se advierte la gran diversidad de tipos de paisaje, 24 en total, lo que en cierta forma nos permite tener una visión aproximada respecto a los recursos "naturales" existentes para el desarrollo del turismo de naturaleza.

De acuerdo con las estimaciones facilitadas por la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales de la Viceconsejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha, en 2014 acudieron en torno a 1,15 millones de visitantes a los espacios naturales de la región (Figura 12). Estas estimaciones recogen que el mayor número de visitantes que arriba a la región pasa por Ciudad Real, prácticamente la mitad, el 44%, (Figura 12). A Albacete y Cuenca vendrían en torno al 23%. Mientras que la provincia menos visitada por este motivo sería la de Toledo, que con un total de unos 26.000 visitantes sólo integraría al 1% del total (Figura 12).

Esta misma información también está desagregada por espacios naturales protegidos. Al respecto, para el 2014, cabe destacar que el parque natural de las Lagunas de Ruidera recibió casi medio millón de visitantes, de acuerdo con el conteo realizado en el centro de visitantes. Según los datos este espacio natural protegido es el que mayor número de visitantes recibe en la región de Castilla-La Mancha, y además con diferencia. Como el mismo se distribuye entre las provincias de Ciudad Real (un 61%) y Albacete, se comprende que estas sean también las provincias que mayor número de visitantes acojan en sus espacios protegidos.

A continuación, aparecen el Parque Nacional de las Tablas de Damiel (en Ciudad Real) y el Monumento Natural del río Cuervo (en Cuenca), con unos 150.000 visitantes en ambos casos.

Dentro de los espacios protegidos más visitados también se encuentran el Parque Nacional de Cabañeros (representado en un 86% por la provincia de Ciudad Real y el resto por la de Toledo), el Parque Natural de los Calares del Mundo y la Sima (en Albacete) y el Parque Natural de la Serranía de Cuenca. En todos los parques se estiman unos 90.000 visitantes.

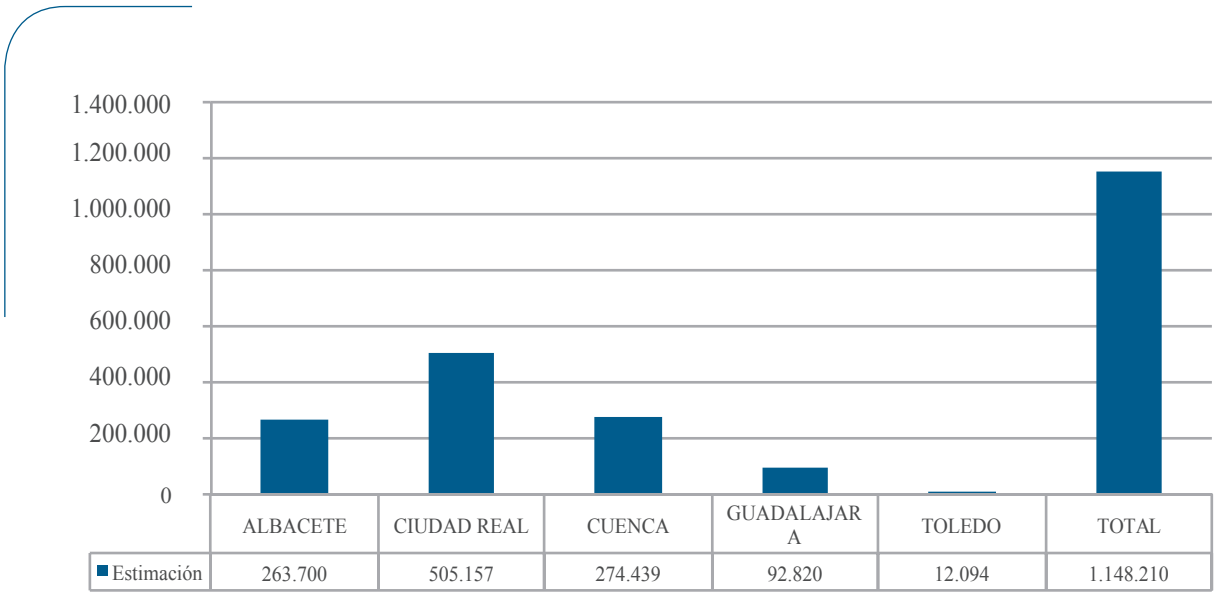


Figura 12.: Afluencia a los espacios naturales protegidos de Castilla-La Mancha por provincias (2014).
Fuente: Junta de Castilla-La Mancha. Elaboración propia.

El Parque Natural del Alto Tajo (correspondiente el 95% a la provincia de Guadalajara y el resto a la de Cuenca) y el Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara, con unos 40.000-45.000 visitantes, completan el listado de los espacios naturales protegidos más visitados.

En definitiva, sobresalen las provincias de Ciudad Real y Albacete. En Ciudad Real despunta el Parque Natural de Las Lagunas de Ruidera, el Parque Natural de las Tablas de Daimiel y el Parque Nacional de Cabañeros, declarados en 1974 y en 1995, respectivamente.

En Albacete destacan, especialmente, las Lagunas de Ruidera y las sierras de Alcaraz y Segura (destinos de Alicantinos y Murcianos), concretamente el Parque Natural de Los Calares del Mundo y de la Sima, que cuenta entre sus máximos exponentes con el nacimiento del río Mundo. En este caso, sobresale el destino turístico de Riopar. Riopar recibió en 2014 algo más de 12.000 viajeros, según los datos del INE.

En definitiva, en Cuenca destacan el Monumento Natural del Nacimiento del río Cuervo y la Ciudad Encantada (en el seno del Parque Natural de la Serranía de Cuenca). En Guadalajara conviene traer a colación el Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara, que cuenta entre sus recursos con la existencia de la denominada "arquitectura negra". Mientras que en Toledo sobresale el Parque Nacional de Cabañeros.

Turismo urbano y cultural en Castilla-La Mancha

Castilla-La Mancha también presenta una oferta en turismo urbano y cultural importante. En este sentido, son especialmente reseñables las ciudades patrimonio de la humanidad de Toledo y Cuenca y el producto turístico "Ruta del Quijote".

Toledo sobresale especialmente, no en vano fue declarada patrimonio de la humanidad en 1986. Así, Toledo constituye un hito dentro del turismo urbano español, que contiene importantes atractivos turísticos, como su catedral, el Alcázar, la casa del Greco, la Mezquita del Cristo de la Luz y las sinagogas del Tránsito y de Santa María La Blanca.

Cuenca también es también ciudad patrimonio de la humanidad desde 1996, teniendo como principal atractivo las "casas colgadas" en la hoz del río Huécar. Mientras que en Ciudad Real destaca el teatro de Almargo, en el seno del campo de Calatrava.

De otro lado, debe subrayarse la "Ruta del Quijote", uno de los productos turísticos culturales más relevantes de Castilla-La Mancha, especialmente tras la celebración del IV Centenario de la primera edición de la novela de Cervantes. Este espacio se contempla como territorio, al integrar dentro de sus atractivos turísticos a dicha novela y los recursos arquitectónicos de distinta tipología (iglesias, monasterios, conventos, castillos o edificios civiles) que, en cierta forma, trasladan al viajero al mismo contexto histórico en el que ésta se desarrolló. A ello se unen los emblemáticos molinos de viento, y otros elementos como molinos hidráulicos, palomares, bombos o acequias. En definitiva, concurren diferentes atractivos turísticos, tangibles e intangibles, lo rural y lo urbano, lo agrario y lo industrial, que, junto con los servicios creados a su alrededor, configuran un producto turístico sugestivo para el desarrollo de la práctica turística.

Las relaciones clima y turismo: situación actual, tendencias y perspecticas de futuro

El turismo por definición es desplazamiento, movimiento que implica disfrute de otros lugares, por tanto, comporta uso-consumo de espacio y sus infraestructuras y servicios. En este sentido, el espacio no sólo actúa como soporte sino también como recurso y factor de localización de la actividad turística.

Así, es conocida la influencia de las facetas climáticas del medio atmosférico (estética, física y térmica) en cuatro aspectos fundamentales de la demanda turística: la seguridad, el disfrute, el confort y la salud (Martínez-Ibarra, Gómez-Martín, 2013; Martínez-Ibarra y Pardo-Martínez, 2017).

Las cualidades estéticas del estado atmosférico para el turista vienen definidas por la insolación, la nubosidad, la duración del día, la visibilidad y la calidad del aire. Por su parte, la faceta física se relacionada con los elementos climáticos que aparecen como un agente físico material o con capacidad para movilizar materia. La precipitación (líquida o sólida), el hielo o la existencia de partículas en suspensión (que condicionan la calidad del aire) aparecen como agentes físicos materiales; mientras que el viento, cuando su fuerza supera cierto umbral, puede resultar molesto por su capacidad de movilizar materia. En casos extremos puede condicionar incluso la seguridad del turista.

La faceta térmica controla el confort del turista en materia climática. Ésta viene determinada por la temperatura, la humedad y el viento (marcan la sensación térmica), así como la radiación solar (entrada básica en el balance radiativo que se establece entre el cuerpo humano y el ambiente que le rodea).

En definitiva, el binomio clima-turismo viene condicionado por la influencia de las condiciones atmosféricas, en tanto que constituyen un recurso y atractivo turístico, en sus manifestaciones habituales, su variabilidad intranual e interanual, y en la presencia de eventos extremos.

Esta influencia no sólo se manifiesta en la fase de estancia del turista, en la que el tiempo meteorológico puede condicionar la programación y el desarrollo de las actividades turísticas. También es relevante en la fase previa, ya que los aspectos atmosféricos, tanto los relativos al espacio emisor como receptor, constituyen cuestiones que influyen en las motivaciones de viaje y en la elección del destino por parte del turista. Asimismo, durante el viaje el tiempo meteorológico condiciona el buen funcionamiento de los transportes y las comunicaciones, en ocasiones comprometiendo la propia seguridad del turista. Incluso la fase de pos-viaje puede quedar marcada por el contexto meteorológico, en este caso, por su importancia en la denominada "imagen destino", y la influencia de ello sobre futuros viajes, pues las condiciones atmosféricas pueden marcar la calidad de la experiencia y, por tanto, la satisfacción del turista, y, finalmente, su fidelidad al destino.

Además, estas influencias no se limitan a la demanda, sino que también se proyectan en la oferta. Por ejemplo, el clima condiciona hasta cierto punto el tipo de oferta presente en el destino y, en última instancia, su estacionalidad, el abastecimiento de agua o el gasto energético. Mientras que el tiempo meteorológico influye en la disponibilidad de oferta para el turista y en el rendimiento que pueda obtener el sector empresarial.



Figura 13.: Binomio medio atmosférico y turismo. Fuente: Elaboración propia.

Por último, conviene traer a colación que estas influencias no son unidireccionales, sino bidireccionales, pues, el fenómeno turístico también ejerce su influjo en las condiciones atmosféricas, tanto en la escala local como en la global (Figura 13).

Bien es cierto que, la influencia del tiempo y el clima sobre el turismo depende de la actividad que se practique, y en este sentido su relevancia va ser especialmente importante y explícita en las modalidades turísticas que se asienten sobre la explotación de recursos climáticos, tal es el caso del turismo de sol y playa y el de nieve. No obstante, en ocasiones dichas influencias se mostrarán de forma más implícita, pues, por ejemplo, el turismo relacionado con el paisaje, a pesar de que éste constituya una construcción, en muchos casos explícitamente antrópica, y fruto de un proceso histórico, viene en gran medida influido por las condiciones climáticas. Además, debemos tener presente que en condiciones de tiempo extremo ninguna actividad turística queda ajena a la influencia del ambiente atmosférico, mostrándose sensible, en estas circunstancias, a las condiciones atmosféricas.

No obstante, las actividades turísticas dependientes y sensibles a las condiciones atmosféricas son las que deben mostrar mayor preocupación por el clima y el cambio climático (Tabla 2).

La evaluación de la aptitud del medio atmosférico para la práctica turística puede estimarse a partir de tipos de tiempo con vocación analítica en materia turística, o, en su defecto, a partir de índices climático-turísticos. Entre estos últimos el más conocido es el publicado por Mieczkowski en 1985. En este trabajo se empleará el modelo simplificado de Mieczkowski adaptado por Moreno (2010), que además atiende a las consideraciones de Scott et al (2004).

TURISMO ACTIVO	TURISMO PASIVO	DEPENDIENTE DEL CLIMA	SENSIBLE AL TIEMPO
Turismo cultural			• (en ocasiones, cuando impliquen actividad al aire libre)
Turismo religioso			• (en ocasiones, cuando impliquen actividad al aire libre)
Turismo de salud		•	•
Turismo náutico		•	•
Deportes de invierno		•	•
Turismo de caza y pesca deportiva		•	•
Golf			•
Deportes de aventura		• (en ocasiones)	•
Turismo de congresos			
Turismo de Parques Temáticos		•	•
Agroturismo			•
Turismo verde		• (en ocasiones al determinar tipo paisaje)	•
	Sol y Playa	•	•

Tabla 2.: Clasificación de las actividades turísticas según su sensibilidad al tiempo meteorológico y dependencia al clima. Fuente: Elaboración propia. Además se pueden establecer modelos estacionales de aptitud climática para la práctica turística (Figura 14).

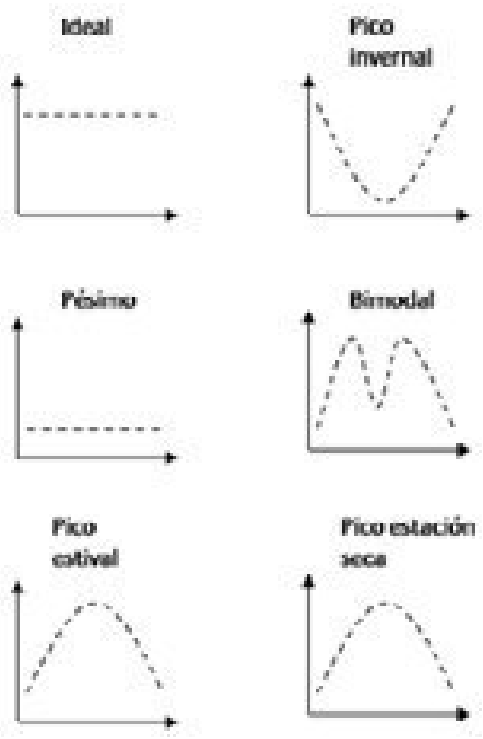


Figura 14.: Modelos estacionales de aptitud climática para la práctica turística. Fuente: Scott y McBoyle, 2001. Elaboración propia.

Por tanto, el cálculo del índice climático-turístico (*ICT*) se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$ICTm,s = 2 \cdot [(\lambda \cdot ITmax) + (\omega \cdot IP)]$$

En la misma *ICT* representa el valor obtenido a partir del índice climático, para un mes (*m*) y segmento (*s*) determinado. *ITmax* y *IP* constituyen dos subíndices, cuyos valores quedan determinados por la temperatura media de las máximas mensuales y los totales de precipitación mensual, respectivamente (ver tabla 3). Por su parte, λ y ω representan la importancia asignada a cada uno de los subíndices antes indicados. El resultado obtenido de la suma de la ponderación de los dos subíndices se multiplica por dos, con el objeto de que el valor máximo alcanzado por el *ICTm,s* sea 100.

Moreno (2010) propone las siguientes ponderaciones para el índice climático turístico enfocado al turismo cultural y de ciudad: *ICTC* (λ=*6.7* y ω=*3.3*), quedando la expresión tal que así:

$$ICTc = 2 \cdot [(6,7 \cdot Tmax) + (3,3 \cdot P)]$$

Para el caso del turismo rural, de naturaleza y montaña los pesos asignados a cada subíndice son (λ=*5* y ω=*5*), por ello la valoración debe realizarse a partir de:

$$ICT(r,n,\ m) = 2 \cdot [(5 \cdot Tmax) + (5 \cdot P)]$$

Puntuación (subíndice)	Tmax mensuales (ºC)	P mensual (mm)
5	20,1a 27	0 a 14,9
4,5	19,1a 20 y 27,1a 28	15 a 29,9
4	18,1 a 19 y 28,1 a 29	30 a 44,9
3,5	17,1 a 18 y 29,1 a 30	45 a 59,9
3	15,1 a 17 y 30,1 a 31	60 a 74,9
2,5	10,1 a 15 y 31,1 a 32	75 a 89,9
2	5,1 a 10 y 32,1 a 33	90 a 104,9
1,5	0,1 a 5 y 33,1 a 34	105 a 119,9
1	-5 a 0 y 34,1-35	120 a 134,9
0,5	35,1 a 36	135 a 149,9
0	-10 a -5,1 y > 36,1	150 a 210
-1	-15 a -10,1	> 210
-2	-20 a -15,1	
-3	<-20,1	

Tabla 3.: Conversión (puntuación) de los valores de temperatura media máxima mensual y precipitación mensual a sus respectivos subíndices. Fuente: Moreno (2010). Elaboración propia.

Valor numérico del ICT	Valoración cualitativa descriptiva
80 a 100	Excelente
70-79	Muy bueno
60 a 69	Bueno
40 a 59	Aceptable
0 a 39	Desfavorable

Tabla 4.: Equivalencia entre puntuación cuantitativa del índice climático turístico (*ICT*) y su valoración cualitativa. Fuente: Adaptado de Moreno (2010). Elaboración propia.

Considerando lo anterior, se han realizado los cálculos para los "valores normales" de los observatorios completos de la AEMET, disponibles para la región de Castilla-La Mancha. Esto es, para los observatorios completos de Albacete, base aérea; Cuenca; Toledo y Molina de Aragón (Guadalajara). Los valores "normales" considerados han sido los del periodo 1961 a 1990 (periodo base para las proyecciones climáticas).

Los resultados obtenidos, tanto para el turismo cultural y urbano, como para el rural, de naturaleza y montaña, aparecen en las figuras 15 y 16.

Como puede observarse en ningún observatorio y para ningún mes los valores del índice bajan de 40 (Figuras 15 y 16), por lo que las condiciones para dicho periodo de base siempre pueden considerarse adecuadas para la práctica del turismo.

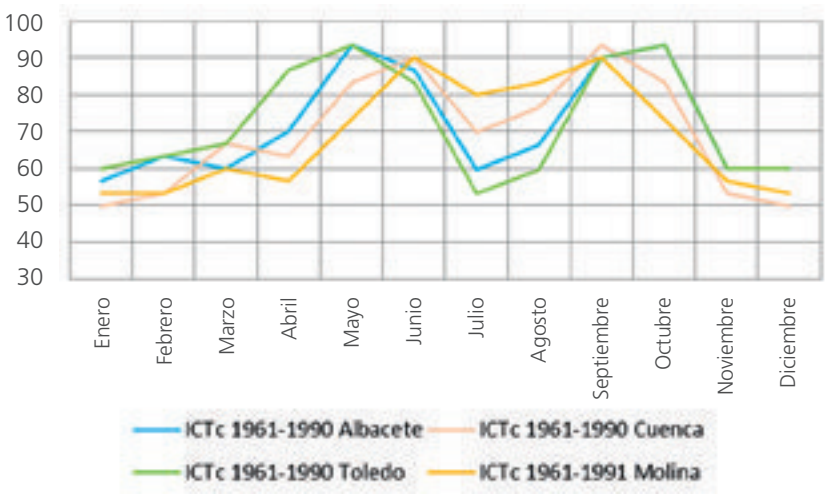


Figura 15.: Aptitud climático-turística en valores de 0 a 100 para el turismo cultural y urbano (1961-1990). Fuente: AEMET. Elaboración propia.

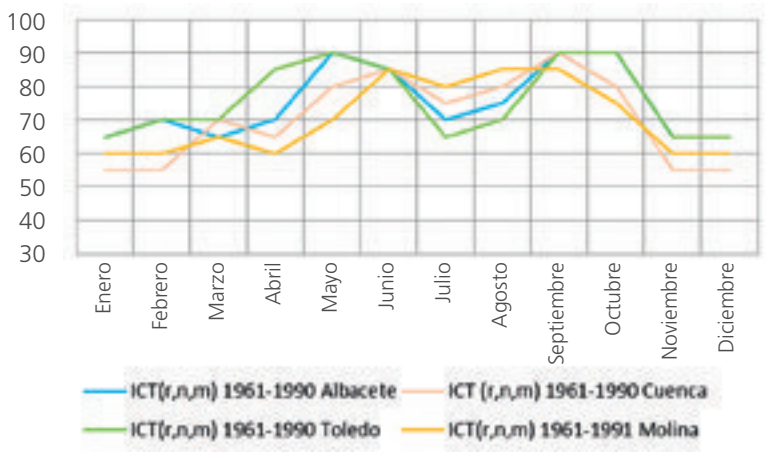


Figura 16. : Aptitud climático-turística en valores de 0 a 100 para el turismo rural, de naturaleza y de montaña (1961-1990). Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Los valores más bajos, "aceptables" en el caso del turismo cultural y "buenos" para el caso del turismo rural, de naturaleza y de montaña, se alcanzan en los meses más fríos del año, de noviembre a febrero, por la penalización que introducen las bajas temperaturas, pues las precipitaciones mensuales no son abundantes, no superan los 60 milímetros mensuales. Las escasas precipitaciones invernales corrigen en ese periodo el índice climático-turístico en sentido "positivo".

Por su parte, los valores más elevados del índice, de al menos un valor 80, mostrando, según este índice, unas condiciones excelentes para la práctica del turismo, aparecen avanzada la primavera (los meses de mayo y junio) y a principios de otoño (septiembre), cuando las precipitaciones ya han descendido o no se han incrementado, en cada caso, y las temperaturas aún se mantienen confortables.

Es de hacer notar como los valores del índice, con la excepción de Toledo, no muestran una curva ascendente continua desde el invierno al verano, dada la penalización que introducen las relativamente abundantes precipitaciones del mes de abril.

Por tanto, en líneas generales y para ambos casos, se observa una distribución bimodal del potencial climático-turístico, especialmente para el turismo urbano y cultural, dado el mayor peso otorgado para este segmento de demanda turística a los valores térmicos, y los "excesos" que a este respecto conlleva el estío en el interior de la meseta meridional española. Esta distribución bimodal es más marcada en ambos casos en Albacete y Toledo, respecto a Cuenca y Molina de Aragón, dado que el verano es más cálido, por su menor altitud, en las dos primeras ciudades. En definitiva, se observa un descenso del potencial climático turístico estival, tanto más pronunciado cuanto menor es la altitud del observatorio considerado. Esto trasciende sobremanera, dado que es justo durante ese periodo cuando más turistas acuden a la región.

Respecto a la tendencia reciente del índice climático turístico, esto es, entre el periodo 1961-1990 y el último periodo internacional reconocido, 1981-2010, se observan cambios, que si bien no determinan aún transformaciones significativas, pueden ser de interés el comentarlos.

En líneas generales, todos los meses en los observatorios considerados se siguen prestando para la práctica del turismo cultural, rural, de naturaleza o de montaña. Incluso, para el caso del turismo cultural se aprecian sensibles mejorías a finales de otoño (noviembre) y principios de invierno (febrero) y primavera (marzo y abril), dada la subida de temperatura entre dichos periodos.

En cambio, por esa misma tendencia en las temperaturas, en los meses de julio y agosto se observa una ligera tendencia al empeoramiento, que en el caso del turismo cultural traduce que en el mes de agosto las condiciones cambien de "buenas" a "aceptables" en Albacete, empeorando su potencial e igualándolo al de Toledo. Las zonas más frescas, como Cuenca, pasan de presentar unas condiciones "muy buenas" a "buenas" (situación que anteriormente tenía Albacete); y de "excelentes" a "muy buenas" son los cambios calculados para el caso de Molina de Aragón, que ahora se sitúa en el ranking que ostentaba Cuenca.

Para el caso del potencial climático-turístico del turismo rural, de naturaleza y montaña, los cambios producidos también apuntan a una pérdida de calidad de las condiciones atmosféricas para dichas prácticas. En término generales, la aptitud cambia de una valoración "muy buena" a "buena", consecuencia de la disminución de aptitud del subíndice térmico.

Por tanto, se ha observado una ligera merma del potencial climático-turístico estival, si bien aún las condiciones son adecuadas para la práctica turística. Un mes especialmente sensible en este sentido, y con suma trascendencia turística es agosto. Por ello, conviene analizar los datos disponibles (periodo 2005-2016) sobre la evolución del número de pernoctaciones mensuales en las principales capitales de Castilla-La Mancha (datos extraídos de la encuesta de ocupación hotelera) y en los espacios protegidos de la región (datos extraídos de la encuesta de ocupación en alojamientos de turismo rural). Del estudio de las figuras 17 y 18 podemos advertir que no se observan evoluciones que puedan responder a un empeoramiento del índice climático-turístico. Ciertamente, la evolución de la aportación relativa del mes de agosto respecto al total anual de cada año concreto así lo refleja, al menos, a escala mensual (la mayor resolución temporal disponible para los datos turísticos). No obstante, el incremento de la importancia relativa del mes de agosto en el total de pernoctaciones en Cuenca y, muy especialmente, Toledo, a lo largo de la última década, puede responder a la influencia de la crisis financiera de 2008, que reduce los flujos exteriores del turismo nacional (Figuras 17 y 18).

Como quiera que las condiciones atmosféricas se prevén francamente más cálidas de cara al futuro, se han utilizado los datos estacionales de temperaturas máximas y precipitaciones totales, previstos en las proyecciones climáticas regionalizadas, elaboradas a partir de los datos del Quinto Informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Concretamente, se han trabajado los resultados de la regionalización estadística de análogos para el s.XXI disponibles a través de la web de la Agencia Estatal de Meteorología a nivel provincial. Específicamente, se han utilizado los datos promediados de los siguientes escenarios, que, ordenados de mayor a menor potencial de calentamiento global, son: RCP 8.5, RCP 6.0 y RCP 4.5. Así es, con el RCP 8.5 se asume que las emisiones de CO_2 no se reducirán en todo el s.XXI; con el RCP 6.0 éstas tendrían un máximo en 2080 y luego comenzarían a reducirse; mientras que con el RCP 4.5 el pico se alcanzaría en 2040, y a partir de ahí se reducirían (Tablas 6 y 7).

Para el caso del potencial climático-turístico del turismo cultural y urbano se observa un claro empeoramiento de las condiciones estivales, perceptible ya en el escenario más pesimista (RCP 8.5) para el periodo 2011-2040, ya que bajo este contexto y en conjunto, las condiciones se tornarían "aceptables". Esta merma, en el potencial climático-turístico, se muestra, para ese mismo periodo, especialmente notable, en la ciudad turística por excelencia de Castilla-La Mancha, Toledo. Así, las condiciones en julio ya serían calificadas desde el punto de vista climático-turístico como desfavorables en cualquiera de los escenarios previstos. Para dicha ciudad la situación es verdaderamente preocupante en estío, pues, según todos los escenarios utilizados, las condiciones desfavorables se ampliarían también al mes de agosto, de acuerdo con las previsiones para los periodos 2041-2070 y 2071-2100. Incluso, en el escenario más pesimista (RCP 8.5), para el periodo 2071-2100, dicha condición climático-turística "desfavorable" se ampliaría a todo el trimestre estival: junio, julio y agosto (Tabla 6).

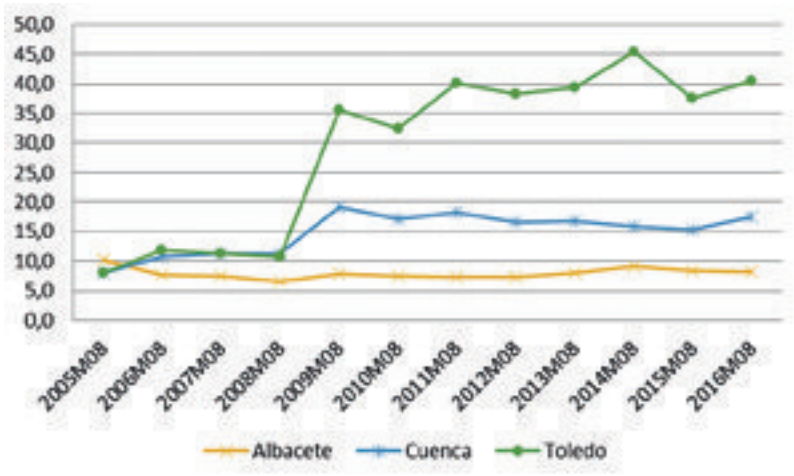
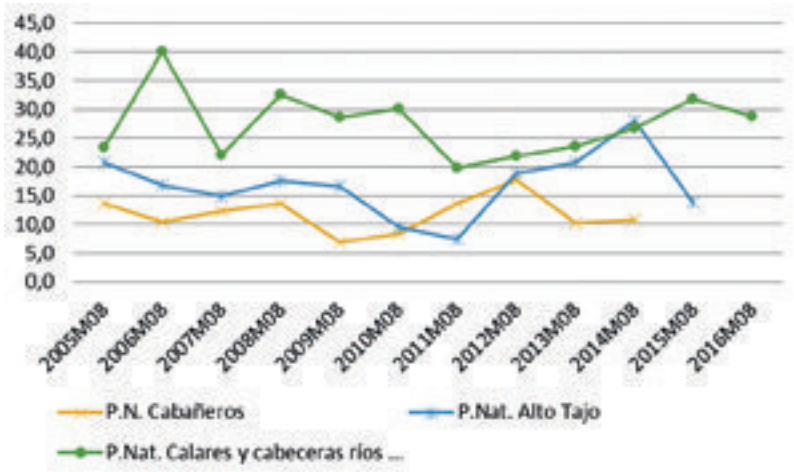


Figura 17.: Evolución de la importancia relativa del mes de agosto en el número de pernoctaciones en Albacete, Cuenca y Toledo. Fuente: INE. Elaboración propia



Figuras 18.: Evolución de la importancia relativa del mes de agosto en el número de pernoctaciones en espacios naturales protegidos. Fuente: INE. Elaboración propia.

Durante el verano, incluso en zonas más elevadas y con temperaturas más suaves, como en Albacete y Cuenca, en el peor de los casos, periodo 2071-2100 y escenario RCP 8.5, las condiciones desfavorables para la práctica del turismo cultural y urbano también abarcarían los meses de julio y agosto (Tabla 6).

En cambio, en zonas más elevadas, como el caso de Molina de Aragón, durante el periodo vacacional por excelencia, aún en el peor de los casos, las condiciones atmosféricas, si bien empeorarían, seguirían siendo aceptables (Tabla 6).

Como consecuencia de la previsión de veranos cada vez más cálidos y dilatados, otro hecho a remarcar, es la agudización de la distribución bimodal del potencial climático- turístico, por la pérdida de potencial

estival, y el traslado de los máximos de aptitud climático-turístico hacia los meses más otoñales y el inicio de la primavera (Tabla 6).

Estos mismos hechos se constatan también en los resultados obtenidos para el índice climático-turístico para el turismo rural, de naturaleza y de montaña. No obstante, dado el menor peso otorgado en el mismo a la faceta térmica, los resultados obtenidos en este caso no son tan alarmantes (Tabla 7).

De otro lado, una de las principales consecuencias del calentamiento global es la agudización de la "crudeza" climática estival en zonas mediterráneas. Así, por ejemplo, en el estudio que hemos realizado sobre olas de calor en España 1968-2010 (Gómez Martín, Armesto López y Martínez Ibarra, 2014), hemos observado una tendencia al incremento no sólo en su número, sino también en su intensidad y duración, especialmente en sectores montañosos y del interior de España, más aún en la mitad sur, como es el caso de Castilla-La Mancha, y en algunos sectores de la costa mediterránea. Estos hechos pueden constituir un elemento disuasivo importante a medio y largo plazo para la afluencia turística con destino a Castilla-La Mancha, especialmente con respecto a la demanda internacional.

Ciertamente, en verano la península Ibérica, especialmente la zona española y al sur de la cordillera Cantábrica, más aún al sur del sistema Central, se convierte, desde el punto de vista climático, en un apéndice del norte del continente Africano, con la presencia de un cuerpo de aire muy cálido. Esta característica a lo largo de los últimos años se está intensificando.

Además, cabe mencionar que, según las previsiones, los problemas de abastecimiento hídrico se incrementarán, al reducirse la temporada de lluvias y al incrementarse las temperaturas. En definitiva, el balance entre precipitación y evapotranspiración sería cada vez más negativo. Así, se agravaría el problema de la penuria pluviométrica estival en Castilla-La Mancha. Ello puede tener consecuencias significativas en la afluencia turística estival a los espacios naturales protegidos, al incrementarse el riesgo de incendios forestales, lo que puede obligar a la Administración a establecer medidas de gestión que limiten la afluencia estival a estos entornos. La falta de recursos hídricos puede condicionar la presencia de agua en los humedales manchegos, por lo que éstos presentan gran vulnerabilidad en este sentido. En materia turística en la región analizada este hecho no es una cuestión baladí, ya que como se ha indicado dos de los espacios naturales más visitados son las Lagunas de Ruidera y las Tablas de Daimiel.

A ello habría que añadir, a nivel general, los posibles impactos en el atractivo natural de esos espacios, por la vulnerabilidad de la flora y la fauna al calentamiento global, lo que puede conllevar una pérdida de biodiversidad y cambios en el paisaje: elementos destacados en la atracción de flujos turísticos en esta tipología de destinos turísticos.

La reducción de la exposición y la vulnerabilidad: medidas de mitigación y adaptación al cambio climático

El turismo debe afrontar unos retos ante el cambio climático concretados en una serie de medidas de mitigación y adaptación, que a su vez pueden posicionar al destino sobre sus homólogos, mejorando su competitividad (Gómez Martín, 2017).

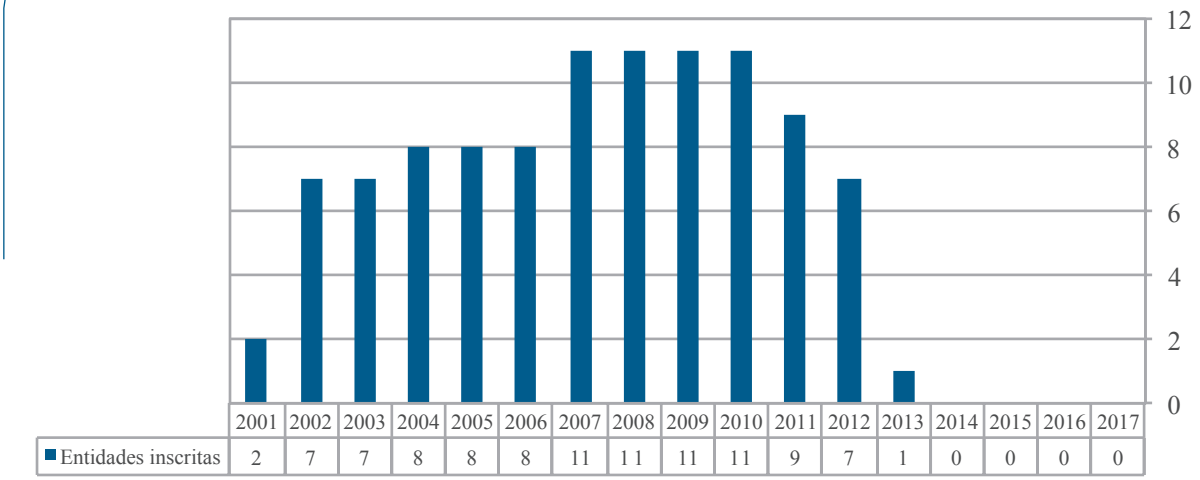
Por ello, desde el sector turístico se están proponiendo diferentes medidas de mitigación al cambio climático, como, por ejemplo, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en los destinos turísticos. Esta propuesta debe entenderse además como una estrategia para el destino, en el nuevo contexto global post-materialista, ya que este tipo de actuaciones pueden significar un distintivo de calidad para los establecimientos de alojamiento turístico. Nos estamos refiriendo, por ejemplo, a la adjudicación de etiquetas ecológicas de raigambre climática, como: "Carbon Neutral Certification", "Carbon Reduction Label" o "Climatop", entre otras.

ALBACETE	ICTC 2011-2040 RCP 8.5	ICTC 2011-2040 RCP 6.0	ICTC 2011-2040 RCP 4.5	ICTC 2041-2070 RCP 8.5	ICTC 2041-2070 RCP 6.0	ICTC 2041-2070 RCP 4.5	ICTC 2071-2100 RCP 8.5	ICTC 2071-2100 RCP 6.0	ICTC 2071-2100 RCP 4.5
Enero	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Febrero	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Marzo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno
Abril	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Julio	Aceptable	Desfavorable	Aceptable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable
Agosto	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Desfavorable	Aceptable	Aceptable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Muy bueno	Bueno
Diciembre	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
CUENCA	**ICTC 2011-2040 RCP 8.5**	**ICTC 2011-2040 RCP 6.0**	**ICTC 2011-2040 RCP 4.5**	**ICTC 2041-2070 RCP 8.5**	**ICTC 2041-2070 RCP 6.0**	**ICTC 2041-2070 RCP 4.5**	**ICTC 2071-2100 RCP 8.5**	**ICTC 2071-2100 RCP 6.0**	**ICTC 2071-2100 RCP 4.5**
Enero	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Febrero	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Marzo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Bueno	Bueno
Abril	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno
Julio	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Desfavorable	Aceptable	Aceptable
Agosto	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Desfavorable	Aceptable	Aceptable
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Excelente	Excelente	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno
Diciembre	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
TOLEDO	**ICTC 2011-2040 RCP 8.5**	**ICTC 2011-2040 RCP 6.0**	**ICTC 2011-2040 RCP 4.5**	**ICTC 2041-2070 RCP 8.5**	**ICTC 2041-2070 RCP 6.0**	**ICTC 2041-2070 RCP 4.5**	**ICTC 2071-2100 RCP 8.5**	**ICTC 2071-2100 RCP 6.0**	**ICTC 2071-2100 RCP 4.5**
Enero	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno
Febrero	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Marzo	Muy bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Excelente
Abril	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Desfavorable	Aceptable	Aceptable
Julio	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable
Agosto	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable
Septiembre	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Bueno	Bueno	Excelente	Excelente	Muy bueno
Diciembre	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
MOLINA	**ICTC 2011-2040 RCP 8.5**	**ICTC 2011-2040 RCP 6.0**	**ICTC 2011-2040 RCP 4.5**	**ICTC 2041-2070 RCP 8.5**	**ICTC 2041-2070 RCP 6.0**	**ICTC 2041-2070 RCP 4.5**	**ICTC 2071-2100 RCP 8.5**	**ICTC 2071-2100 RCP 6.0**	**ICTC 2071-2100 RCP 4.5**
Enero	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Febrero	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Marzo	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable
Abril	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	Muy bueno	Excelente
Julio	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Agosto	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Aceptable	Aceptable	Bueno
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Excelente	Excelente
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Bueno	Aceptable	Muy bueno	Bueno	Aceptable
Diciembre	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tabla 6.: Aptitud climático-turística para el turismo urbano y cultural expresada en términos cualitativos para distintos periodos y escenarios. Fuente: AEMET. Elaboración propia.

ALBACETE	ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 8.5	ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 6.0	ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 4.5	ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 8.5	ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 6.0	ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 4.5	ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 8.5	ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 6.0	ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 4.5
Enero	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Febrero	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Marzo	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Excelente
Abril	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Julio	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Agosto	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Excelente	Excelente	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Muy bueno
Diciembre	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
CUENCA	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 4.5**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 4.5**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 4.5**
Enero	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Febrero	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Marzo	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno
Abril	Bueno	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno
Julio	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Agosto	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Excelente	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno
Diciembre	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
TOLEDO	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 4.5**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 4.5**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 4.5**
Enero	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Febrero	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Marzo	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Excelente
Abril	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Mayo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Julio	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Agosto	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	Excelente	Excelente	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Muy bueno
Diciembre	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
MOLINA	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2011-2040 RCP 4.5**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2041-2070 RCP 4.5**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 8.5**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 6.0**	**ICT (R, N, M) 2071-2100 RCP 4.5**
Enero	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Febrero	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Marzo	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
Abril	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
Mayo	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Junio	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	Muy bueno	Excelente
Julio	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno
Agosto	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Muy bueno
Septiembre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Muy bueno	Excelente	Excelente
Octubre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Noviembre	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
Diciembre	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla 7.: Aptitud climático-turística para el turismo rural, de naturaleza y de montaña expresada en términos cualitativos para distintos periodos y escenarios. Fuente: AEMET. Elaboración propia.



	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Entidades inscritas	2	7	7	8	8	8	11	11	11	11	9	7	1	0	0	0	0

Figura 19.: Entidades de Castilla-La Mancha del sector turístico inscritas en EMAS. Fuente: Junta de Castilla-La Mancha. Elaboración propia.

En un sentido más amplio, entre las medidas de mitigación aparecen la aplicación de buenas prácticas. Éstas buscan un incremento en la eficiencia de los recursos energéticos y una sustitución progresiva del uso de combustibles fósiles por energías renovables. Al respecto, destacan las EMAS (EcoManagement and Audit Scheme), esto es, un Sistema Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría. Para el caso de Castilla-La Mancha llama la atención el descenso de las entidades inscritas en EMAS en el sector turístico (Figura 19).

Con todo, en este sentido, conviene trascender que el Parque Nacional de Cabañeros ha participado en las actuaciones financiadas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, del Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (PIMA Adapta).

De otro lado, conviene traer a colación los posibles efectos que las políticas de mitigación puedan conllevar en la movilidad del turista. Ciertamente, la implementación de políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero pueden incrementar el precio de los desplazamientos y condicionar los patrones de distribución de la demanda. Así, la introducción de tasas probablemente tenga especial consecuencia en vuelos de distancias medias y largas, y cambios en la modalidad de transporte, del aéreo al terrestre (automóvil o el tren), en las distancias medias y cortas, situación que podría beneficiar a los destinos de esta región.

Respecto a las medidas de adaptación, cabe señalar que la ordenación territorial y la planificación turística constituyen elementos claves a considerar para los destinos turísticos (Gómez Martín, 2017). Urge, en este sentido, tomar en consideración los efectos del cambio climático en el marco regulador de la gestión del territorio, procurando la implantación de modelos que promuevan opciones socio-económicas basadas en modelos de producción y consumo más limpios y sostenibles. Ello es especialmente necesario en tres grandes ámbitos, dadas sus posibles implicaciones en el sector turístico: 1) la gestión de recursos, a través de planes de eficiencia energética, uso de energías renovables, políticas de agua sectorial y de oferta y planes estratégicos de patrimonio natural y de biodiversidad, con el objeto, en este último caso, de promover la gestión multifuncional de los espacios naturales protegidos; 2) la gestión de catástrofes; y 3) el diseño urbano, por ejemplo, a través de la arquitectura bioclimática u otras medidas de adaptación efectivas que no requieran de una inversión importante, tal es el caso de las que ya se están promoviendo en algunas ciudades, como el sombreado de las arterias principales y el uso de nebulizadores en verano, ya sea en espacios públicos o privados.

Visión de los autores. Reflexión

El análisis de los posibles impactos del cambio climático en el sector turístico se enfrenta a dos escollos principales. De un lado, la complejidad del sistema climático y, de otro, el desconocimiento que aún hoy en día existe sobre las relaciones entre el clima y el turismo, debido, en parte, a la falta de datos con una resolución espacial y temporal adecuada, tanto en lo referente a las condiciones atmosféricas como en lo relativo a la actividad turística.

Con relación al sistema climático, cabe recordar que éste se caracteriza por su dificultad de aprehensión, dada la abundancia de ciclos de retroalimentación, y, por consiguiente, por la inexistencia de conexiones lineales. Conviene también tener presente el grado de incertidumbre existente en las salidas de los modelos climáticos, particularmente en los regionales.

Además, aparecen lagunas en el conocimiento sobre las relaciones clima y turismo, particularmente en los segmentos de demanda distintos al del sol y la playa. Estas deficiencias constituyen obstáculos importantes para calibrar la sensibilidad de la actividad turística al ambiente atmosférico y climático. Así, existe complejidad para valorar la posible incidencia del cambio climático en los recursos de un área determinada. También resulta complicado concretar cómo las antedichas variaciones de orden climático pueden trastocar la oferta turística y, en definitiva, proyectarse sobre la demanda.

De otro lado, cabe señalar el añadido de complejidad asociado a los cambios sociales que se avecinan. En efecto, existen diversos cambios globales, entre los que se encuentra el climático, pero también el demográfico, el político, el tecnológico, el urbano, o el del propio sistema turístico. Por tanto, cabe insistir en que de todas las evoluciones que se avecinan la climática puede que no sea la más importante, al menos para determinados segmentos y áreas receptoras.

En este sentido, cabe añadir que el sistema clima-turismo es dinámico y, por tanto, que muchas de las transformaciones que puedan avecinarse implican un encuentro de fuerzas, sociales y físicas, muchas de las cuales pueden anularse las unas a las otras. Por tanto, es un sistema que no es estable, sino que se encuentra en permanente estado de transición, en el que para una misma fase transitoria aparecen múltiples escalas, y en el que para un mismo margen temporal son también diversos los estados (Patterson, 2004: 219).

Con todo, ello no es óbice para subrayar ciertas certezas, como, por ejemplo, que el cambio climático constituye una realidad, que afecta particularmente a los "espacios frontera" (como es nuestro caso), y que los destinos que presentan mayor vulnerabilidad al riesgo de un posible calentamiento global son aquellos centros mono-específicos y dependientes del recurso climático. En el caso de Castilla-La Mancha hay que poner el acento en el mayor impacto del incremento de las temperaturas y en la frecuencia e intensidad de las olas de calor en las zonas del interior de la península Ibérica, frente a sus sectores litorales y costeros. Lo que previsiblemente puede afectar al turismo cultural, rural y de naturaleza. La poca flexibilidad para afrontar la desestacionalización del periodo vacacional por excelencia, puede tener importantes consecuencias en el cómputo total de turistas que arriben a la comunidad a medio y, especialmente, a largo plazo.

En definitiva, el turismo debe considerarse como una actividad estratégica para la región, con influencias directas e indirectas, y con clara vocación espacial. Por tanto, el cuidado del marco ambiental y las posibles implicaciones del cambio climático, a partir de acciones de seguimiento, gestión y evaluación de impactos deben considerarse y abordarse con suficiente interés y aplaque, pues pueden condicionar la propia permanencia de la actividad turística, al menos tal y como la conocemos en los términos actuales.

Debe tenerse en cuenta en este sentido que ni el principal instrumento de política turística en España (Olcina Cantos y Vera Rebollo, 2016), ni su homónimo en Castilla-La Mancha, contienen ni una sola

referencia al cambio climático. En este sentido, se insiste en que ello no debe descuidarse, dadas las oportunidades que ofrece la autenticidad de los recursos turísticos presentes en Castilla-La Mancha. Su atento cuidado, monitorización, gestión y evaluación de impactos, debe ser considerado como necesario para aprovechar el alto potencial diferenciador que se deriva de las tendencias turísticas emergentes, en materia de turismo gastronómico, enológico, de fauna y flora, entre otros. Este contexto debe ser también cuidado y aprovechado para captar un mayor número de demanda internacional, especialmente aquélla que ofrece un gran potencial en los mercados emergentes (como es el caso del mercado Chino).

Conclusiones

El nuevo escenario global y su concreción en la actividad turística comportan una serie de incertidumbres a las que el sector turístico de Castilla-La Mancha debe prestar una atención destacada, con el objeto de convertirlas en oportunidades o, en el peor de los casos, incrementar su resilencia a las mismas.

Entre las oportunidades que ofrece el nuevo contexto conviene subrayar la escasa saturación de los espacios turísticos castellano manchegos, frente al mediterráneo peninsular. Este aspecto junto con el prometedor futuro de modalidades turísticas con mayor sensibilidad por los espacios rurales y naturales y la existencia de otros productos turísticos en la región, tan emblemáticos, como la "Ruta del Quijote", pueden ser aprovechados para atraer el gran potencial existente en la demanda internacional.

Por su parte, el principal problema al que se puede enfrentar la actividad turística en Castilla-La Mancha se vislumbra a medio y, especialmente, a largo plazo, particularmente, en los espacios naturales, rurales y urbanos de menor altitud, como consecuencia del descenso del potencial climático-turístico estival. Téngase en cuenta que, en el peor de los marcos previstos, periodo 2071-2100 y escenario 8.5, está previsto que, para una ciudad tan relevante como Toledo, las condiciones atmosféricas resulten desfavorables para la práctica turística durante todo el trimestre estival: junio, julio y agosto.

Ante la previsión de dicha coyuntura climática, resulta estrictamente necesario que se lleve a cabo un seguimiento sobre la evolución del potencial climático-turístico en Castilla-La Mancha, y que se establezcan una serie de indicadores turísticos para comprobar la incidencia del Cambio Climático. Ello permitirá plantear soluciones para incrementar la elasticidad al nuevo contexto. Por ello, los instrumentos de política turística en Castilla-La Mancha deben contemplar el calentamiento global y sus implicaciones a nivel turístico, si es que se quiere afrontar con garantías el futuro a medio y largo plazo.

En este sentido, debe prestarse especial atención a las medidas de adaptación, relacionadas, especialmente, con la dinámica intranual de los flujos turísticos y el consumo de recursos energéticos e hídricos. Así, la desestacionalización turística, ante el nuevo contexto climático, aparece como uno de los grandes retos que debe afrontar el turismo en las regiones mediterráneas, y, por tanto, también en Castilla-La Mancha. En relación al consumo energético, se debe promover el empleo óptimo de las energías renovables con etiquetado verde, lo que puede constituir una estrategia para atraer a la clientela turística. Respecto al consumo de recursos hídricos, debe favorecerse el uso integral del agua, así como el seguimiento, control y, en su caso, recuperación, de las reservas hídricas subterráneas.

Por último, conviene traer a colación que, las actuaciones para afrontar el cambio climático en materia turística, requieren la colaboración del sector público y privado, así como una financiación y dotación presupuestaria explícita. Asimismo, la comprensión limitada del sistema clima-turismo en el contexto del cambio global no debe constituir un obstáculo para la acción preventiva anticipada a los efectos del calentamiento global en el sector turístico a medio y largo plazo.

Bibliografía

GÓMEZ MARTÍN MB (2017) Retos del turismo español ante el cambio climático. Investigaciones Geográficas 67: 31-47.

GÓMEZ MARTÍN MB, ARMESTO LÓPEZ X & MARTÍNEZ IBARRA E (2014) The Spanish tourist sector facing extreme climate events: a case study of domestic tourism in the heat wave of 2003. International Journal of Biometeorology 58(5): 781-797.

JUNTA DE CASTILLA-LA MANCHA (2016) Plan Estratégico de Turismo de Castilla-La Mancha 2015-2019. Misión, visión y objetivos estratégicos. Desarrollo de Planes y Líneas de actuación.

MARTÍNEZ IBARRA E & GÓMEZ MARTÍN MB (2013) Progress in tourism climatology. In: Mihalic T & Gartner WC (Eds.), Tourism and developments a Issues and challengues: 121-132. New York.

MARTÍNEZ IBARRA E & PARDO MARTÍNEZ R (2017) Preferencias climáticas para la práctica del senderismo en España: resultados preliminares. Investigaciones Turísticas 13: 164-177.

MIECZKOWSKI Z (1985) The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. The Canadian Geographer 29: 220-233.

MORENO A (2010) Turismo y cambio climático en España. Evaluación de la vulnerabilidad del turismo de interior frente a los impactos del Cambio Climático. Madrid.

OLCINA CANTOS J & VERA REBOLLO JF (2016) Cambio climático y política turística en España: diagnóstico del litoral mediterráneo español. Cuadernos de Turismo 38: 323-359.

PATTERSON T (2004) Konowledge management for tourism, recreation and bioclimatology: mapping the interactions (Part 2). In: Matzarakis A, de Freitas CR & Scott D (eds.), Advances in Tourism Climatology: 215-222. Freiburg

PONS GINER B (COORD) (2017) Atlas de los paisajes de Castilla-La Mancha. Cuenca.

SCOTT D Y MCBOYLE G (2001) Using a tourism climate index to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. In Matzarakis A & de Freitas CR (eds.), Proceedings of the Firts International Workshop on Climate, Tourism and Recreation: 69-88.

UNWTO (WORLD TOURISM ORGANIZATION) (2016) Panorama OMT del turismo internacional. Madrid.

Cambio climático y despoblación

Erica Morales Prieto
Profesora Asociada del Departamento de Geografía. Universidad de Salamanca. C/ Cervantes, s/n, 37001 Salamanca emoralesprieto@usal.es
Colaboradora Honorífica del Departamento de Geografía de la Universidad de Valladolid Técnico de Proyectos en empresa privada

Introducción

Hablar de Castilla-La Mancha, significa hablar de región rural, no solo por los condicionantes de su medio físico y por el hecho de que cuente con un total de 919 municipios, sino también por los rasgos de identidad cultural que la definen.

El carácter rural está íntimamente ligado con la constante búsqueda de mejores oportunidades dadas las escasas posibilidades de desarrollo, como consecuencia de ese predominio rural, dando lugar a la concentración demográfica y económica en las áreas más emergentes, dentro y fuera de la región, resultando muchas áreas despobladas, con menos posibilidades para el progreso y el crecimiento.

El medio rural manchego se ha visto abocado a la despoblación, entendiendo tal como el fenómeno demográfico y territorial que consiste en la disminución del número de habitantes de un territorio, o núcleo, en relación a un periodo anterior. Se habla de despoblación asociado al trasvase de población que tuvo lugar durante las décadas de 1950-1975 cuando, resultado del crecimiento económico y de los avances en diferentes campos, cantidades ingentes de población salieron desde las regiones menos desarrolladas hacia las regiones punteras, donde se concentraron las grandes industrias, circunstancia que se tradujo en el crecimiento desmesurado de las ciudades, fundamentalmente la ubicadas en los principales ejes de comunicación, en las capitales de provincia y/o cabeceras de comarca, en el mejor de los casos.

A mediados del siglo XIX este fenómeno conocido como éxodo rural tuvo como resultado la salida de población desde las áreas rurales hacia los espacios urbanos. En los primeros, la base de su desarrollo, estaba y está fundamentado en una economía tradicional de base agraria, condicionada por la disponibilidad de recursos naturales y la capacidad humana de adaptarse a éstos y en general, a las condiciones del medio natural. Dadas estas características las posibilidades de desarrollo de las áreas rurales fueron en detrimento hasta el punto de verse inmersas en un proceso de despoblación del cual aún no se han recuperado.

Los factores determinantes de la despoblación, además de los ya citados pueden ser variados. Por un lado, son resultado de un crecimiento vegetativo negativo (cuando las defunciones superan a los nacimientos), de un saldo migratorio negativo (la emigración supera a la inmigración) o de ambos simultáneamente. Y por otro lado, la despoblación es resultado de los cambios ambientales que no solo contribuyen al cambio climático sino que también condicionan el *modus vivendi* de la población.

Respecto al primero de los casos, cuando las defunciones superan los nacimientos juega un papel importante el envejecimiento, éste tiene su origen "en causas positivas como el alargamiento del ciclo vital, acompañado de un incremento en la calidad del mismo. Su consideración problemática deriva de la reducción en la tasa de natalidad la cual compromete la viabilidad de ciertas poblaciones y comarcas, existiendo por tanto una falta de relevo generacional tan importante para el mantenimiento de las actividades productivas y para la conservación del capital social, cultural y medioambiental" (Sáez Pérez et al, 2001), pero además, los nacimientos tienen su propio protagonismo en el medio rural, ya que los indicadores relativos a los nacimientos son aún más bajos porque, la proporción de mujeres en edad fértil es sensiblemente inferior a la de las ciudades por lo que las posibilidades de encontrarse con población joven y relevo generacional se reducen.

Por otro lado, se incrementan las desigualdades entre los espacios rurales y urbanos, desde el punto de vista no solo social, sino también económico y ambiental.

Por su parte, los cambios en el medioambiente están jugando un papel influyente para determinadas actividades que se desarrollan en los espacios rurales, ya que los cambios en el clima están condicionando la vitalidad de algunas zonas, habiéndose convertido en zonas vulnerables, como por ejemplo las zonas agrícolas. Éstas coinciden con estar ubicadas en los espacios rurales, es decir, los que sufren no solo los efectos de la despoblación, sino también son espacios afectados por los efectos del cambio climático, convirtiéndose, por tanto, en un aspecto crucial que afecta de manera directa a los flujos migratorios.

Hay que tener en cuenta que la dinámica que experimenta la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, se separa de otras como Castilla y León, Aragón, Extremadura, que, pese a que predomina la despoblación y el abandono de las áreas rurales, Castilla-La Mancha cuenta con una zonificación cuyo comportamiento sociodemográfico va a estar condicionado por su posición limítrofe con la capital nacional, Madrid, así como por las propias condiciones físicas e históricas de su territorio.

Como consecuencia de estos factores, la situación de Castilla-La Mancha es la tendencia a la despoblación, y consecuentemente los problemas sociodemográficos, territoriales y medioambientales que ello conlleva.

Hablar de despoblación nos hace pensar en cuáles son las causas del abandono del campo. Siempre se ha hablado del éxodo rural, sin embargo, hay que pensar cómo los problemas ambientales influyen en los comportamientos demográficos y económicos.

Por ello, este capítulo se centra fundamentalmente en analizar la situación del medio rural de Castilla-La Mancha, la situación de despoblación predominante pero también en las consecuencias ambientales y su contribución al cambio climático y, viceversa.

Situación actual de la problemática y dinámicas demográficas de la region castellano manchega.

Castilla-La Mancha es una región con una amplia extensión, siendo la tercera comunidad autónoma más extensa de España, la cual alcanza los 79.463Km^2, en la que se reparten un total de 919 municipios. Con un total de 2.041.631 personas según los datos del Padrón Municipal del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2016, podemos decir que es una Comunidad Autónoma con un escaso número de habitantes, cuya relación nos lleva a hablar de una de las densidades demográficas más bajas de España con 25,69 hab. /Km^2. Una densidad que va a estar marcada por importantes desequilibrios territoriales resultado de la propia evolución demográfica de la región, pero también de la desigual distribución del número de municipios por provincias, ya que va a variar tanto su tamaño como la distribución de su población.

Tal y como señala el Plan de Desarrollo Sostenible del Medio Rural de Castilla-La Mancha, la historia demográfica de esta región ha estado marcada por dos periodos claramente definidos, el primero de ellos marcado por la emigración, que se extendió a lo largo de la mayor parte del siglo XX y, el segundo periodo, referente a los primeros años del siglo XXI, que ha estado marcado por una tendencia al crecimiento y a la concentración de la población en núcleos de gran tamaño.

Hasta los primeros años del siglo XXI, han existido muchas fluctuaciones, una caída de población con sus precedentes históricos entre los que destacar las oleadas migratorias a América antes de la guerra civil, y hacia países europeos en las décadas de los 60, continuando en los 70. Posteriormente el protagonismo estuvo de la mano de los movimientos migratorios del campo a la ciudad. Todos estos acontecimientos han repercutido en la evolución demográfica de la región, sin embargo, a partir de la década de los 90 se

produce un cambio de tendencia y, el conjunto de la región experimenta un crecimiento positivo. A diferencia de otras CCAA, Castilla-La Mancha ha tenido una dinámica progresiva, en lo que a su conjunto se refiere, sin embargo, se van a encontrar importantes diferencias entre los espacios urbanos y los rurales, ya que existe una progresiva pérdida de población en los segundos, como veremos más adelante.

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), la población de la región ha crecido en un 18% desde 1971, pasando de los 1.732.601 habitantes a 2.041.631, en 2016. Lo que significa que la región ha ganado un total de 316.299 personas.

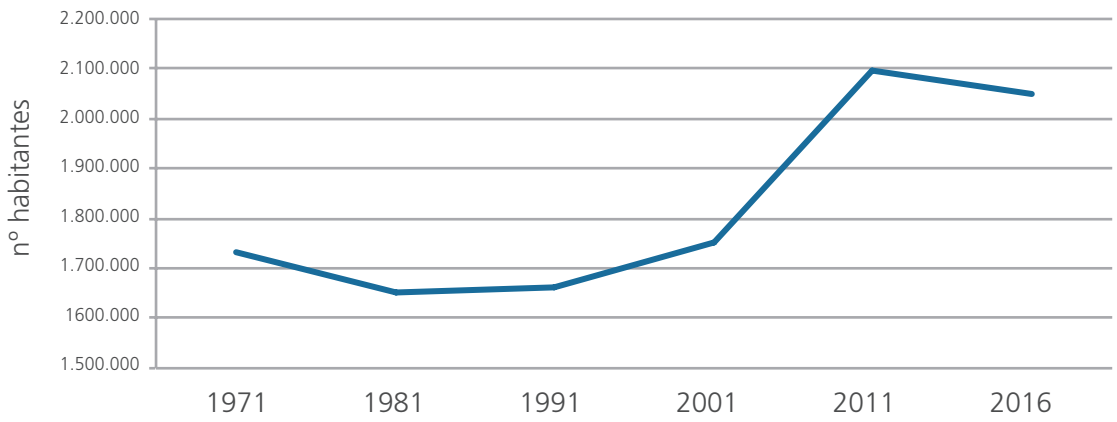


Gráfico 1.: Evolución de la población de la CCAA de Castilla-La Mancha, periodo 1971 a 2016.
Fuente: INE. Elaboración Propia

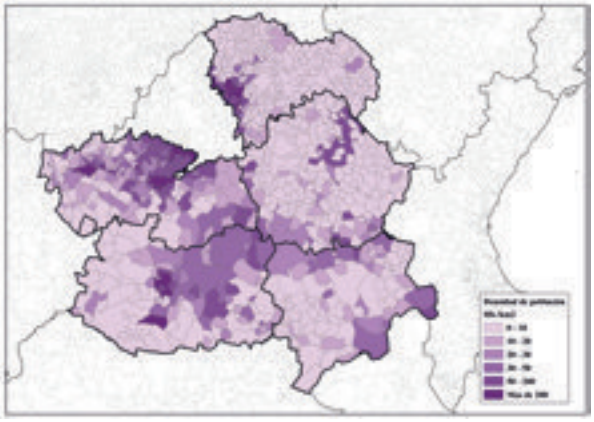
El importante aumento de la población en Castilla-La Mancha en el último año se debe en gran medida a las variaciones residenciales, habiendo sido importante el incremento de la población inmigrante, que aporta un total de 12.959 nuevos habitantes, lo que supone el 19% más respecto al año anterior, siendo menor la llegada de población procedente de otras regiones o incluso municipios de la misma CCAA.

Por provincias, la dinámica ha sido similar, un incremento del número de habitantes excepto en el caso de Cuenca que es la provincia que más población ha perdido. Existe un ligero descenso en el resto de provincias respecto a décadas anteriores, pero no es una caída notable que rompa la tendencia de crecimiento que ha experimentado la región desde los primeros años del siglo XXI. Toledo y Ciudad Real son las provincias más pobladas, seguidas de Albacete y Guadalajara, caracterizadas por el influjo del crecimiento periférico donde tiene gran influencia la capital madrileña.

Por otro lado, juega un papel importante como se distribuye dicha población en relación al número de municipios. Por provincias existen importantes desequilibrios, siendo Cuenca y Guadalajara las que con un mayor número de municipios concentran (238 y 288 respectivamente), sin embargo, son las que cuentan con un menor número de habitantes, alcanzando solo los 11,73 y los 20,71hab. /km^2. Le siguen Ciudad Real y Albacete, cuya densidad es de 25,28 y 26,27 hab. /km^2, repartidos en un total de 102 y 87 municipios respectivamente. Es la provincia de Toledo, la que mayor peso representa en lo que a densidad demográfica se refiere, concentrándose un volumen importante de población en la capital de provincia ya que tan solo cuenta con 204 municipios y una densidad de 44,81 hab./km^2.

Provincia	Superficie Km2	Población	Densidad	Nº Municipios
Albacete	14.926,0	392.118	26,27	87
Ciudad Real	19.813,0	506.888	25,58	102
Cuenca	17.141,0	201.071	11,73	238
Guadalajara	12.212,0	252.882	20,71	288
Toledo	15.370,0	688.672	44,81	204
Total Castilla-La Mancha	79.462,0	2.041.631	25,69	919

Tabla 13: Anuario Estadístico de España y Cifras de población según Padrón Municipal de Habitantes a 1 de enero de 2016. *Fuente: INE. Elaboración Propia*



Mapa 1: Densidad de población Castilla-La Mancha según Instituto Nacional de Estadística. Fuente: INE. Elaboración Propia

Esta distribución viene a definir las características globales de la región, pero si nos centramos detenidamente en el mapa de densidad de población (mapa 1) se puede observar claramente la dicotomía entre espacios rurales y urbanos y, la concentración de población en determinadas áreas o corredores, donde no solo juega un papel importante la dinámica sociodemográfica, sino también la propia morfología y las características físicas de la región. Estas características nos van a llevar a hablar de desertificación en el más amplio sentido de la palabra, tanto desde el punto de vista demográfico como ambiental.

Desde el punto de vista demográfico se puede hablar de desertificación como sinónimo de despoblación ya que tal y como afirma Santos Santos (2008) existen grandes vacíos demográficos, siendo Guadalajara, Cuenca y Albacete las provincias más despobladas. Por su parte las comarcas de Sigüenza, Molina de Aragón, Tarancón, San Clemente, Alcaraz, Hellín, son zonas que no alcanzan los 10 hab. /km^2 existiendo únicamente tres enclaves en las provincias citadas los que tienen mayor densidad de población, nos estamos refiriendo al Corredor de la Sagra en Guadalajara, el emergente corredor del Mediterráneo entre las provincia de Cuenca y Albacete, a las que se suman las capitales de provincia.

Por otro lado, los espacios más despoblados vienen a coincidir con las provincias que tienen un relieve más accidentado, aunque existen otras áreas como la zona suroeste de Albacete o la mitad occidental y el borde sur de Ciudad Real, que también pueden incluirse en esta categoría, no llegándose a superar en muchos de estos municipios los 10 Hab/Km^2.

Ciudad Real muestra una dinámica a caballo entre la despoblación y el mantenerse entre las zonas más vitales, ya que nos encontramos con enclaves como Puertollano, Daimiel, Almagro, o la propia capital de provincia, que cuentan con una densidad de población por encima de los 30-50 hab. /km^2; Toledo muestra una dinámica sustancialmente diferente, la influencia de la metrópoli madrileña, da lugar a que sea la provincia más densamente poblada con valores que superan los 50 hab. /km^2.

La heterogeneidad que presentan los 919 municipios que conforman esta región nos obliga a considerar la importancia de éste factor como elemento modulador de la distribución de las personas sobre el territorio pero también sobre las repercusiones ambientales que esto conlleva.

Desde el punto de vista ambiental, estos vacíos demográficos se traducen en importantes problemas ambientales ya que no existe un uso correcto ni sostenible de los recursos existentes, prueba de ello es por ejemplo el mal uso de los recursos hídricos y el abusivo consumo de agua en las zonas de regadío, de ahí que lo asociemos a la desertificación. A ello hay que sumar el abandono de prácticas tradicionales y la incorporación en los mercados globales que a lo largo de los años ha dado lugar a la crisis de los sistemas productivos y por ende, a la degradación ambiental que unido a los factores naturales que acusan el cambio climático como la sequia, la aridez, los incendios… los problemas ambientales de estos espacios se han visto incrementados habiéndose modificado los diferentes ecosistemas terrestres de los que depende el hombre.

Por ejemplo, ante un incremento de las temperaturas, existe una falta de disponibilidad de agua para el riego, lo que ha origina el incremento de los problemas de aridez y desertificación, consecuentemente disminuye la productividad haciendo insostenible el mantenimiento de determinados cultivos, viéndose obligados a introducir nuevas especies que se adapten a las condiciones ambientales, si esto no ocurre, disminuye la productividad, lo que origina un nuevo abandono de las tierras y consecuentemente la población busca nuevas oportunidades fuera de los espacios rurales.

Con todo ello, se puede deducir que el impacto de la despoblación está calando sobre el cambio climático y viceversa. Sin embargo, las efectos no son equitativos, existen diferencias en función del tamaño de los municipios, no es lo mismo hablar de espacios urbanos que rurales, por ello conocer sus características va a permitir definir cuáles son las medidas más correctas para paliar tanto el problema de la despoblación como del cambio climático.

La condición del tamaño de los municipios para la zonificación

La densidad de población determina la distribución de la población en Castilla-La Mancha, pero también juega un papel importante el tamaño de los municipios, existiendo una dicotomía entre los espacios rurales y urbanos, a los que hay que sumar los intermedios. Una disociación que se remonta a los orígenes históricos de la región, tal y como confirma Troitiño (1988), "la disimetría radica en la reconquista militar del territorio a los árabes y la subsiguiente ocupación y organización del mismo para el aprovechamiento de sus recursos, que ya no recibiría ninguna gran modificación estructural posterior", a lo que se une el desarrollo socioeconómico actual y, la influencia de la cercanía a la capital madrileña así como al eje mediterráneo que le otorga a determinados espacios urbanos e intermedios una importancia demográfica y económica que los municipios rurales no cuentan con ello.

Del total de los 919 municipios con los que cuenta la región tan solo el 4% se consideran urbanos (mayores de 10.000 habitantes), mientras que el 80% son rurales (menores de 2000), siendo el resto municipios intermedios, es decir entre los 10.000 y 2.000 habitantes.

	Municipios	Habitantes	% Municipios	% Habitantes
Menos de 101 hab.	258	13.190	28,1	0,6
De 101 a 500 hab.	262	65.292	28,5	3,2
De 501 a 1.000 hab.	120	88.321	13,1	4,3
De 1.001 a 2.000 hab.	97	138.801	10,6	6,8
Rurales	**737**	**305.604**	**80,2**	**15,0**
De 2.001 a 5.000 hab.	107	341.118	11,6	16,7
De 5.001 a 10.000 hab.	37	250.776	4,0	12,3
Intermedios	**144**	**591.894**	**15,7**	**29,0**
De 10.001 a 20.000 hab.	22	279.974	2,4	13,7
De 20.001 a 50.000 hab.	10	311.366	1,1	15,3
Más de 50.000	6	552.793	0,7	27,1
Urbanos	**38**	**1.144.133**	**4,1**	**56,0**
TOTAL	**919**	**2.041.631**	**100**	**100**

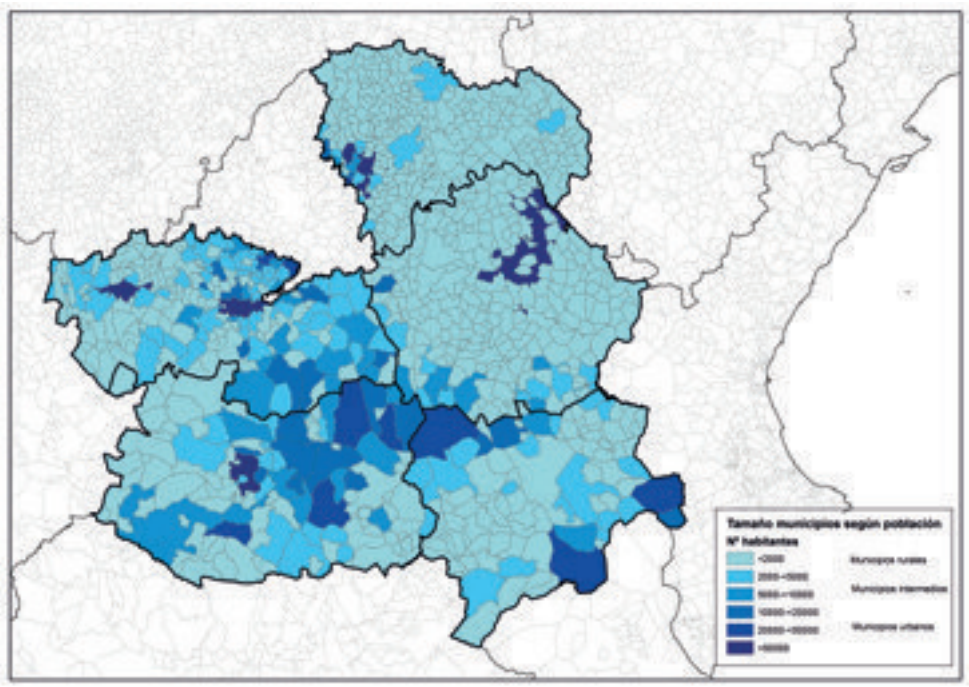
Tabla 14.: Distribución del número de municipios según el nº de municipios y del nº de habitantes (nº absolutos y relativos), 2016. *Fuente: INE. Elaboración propia*

Las provincias en las que numéricamente destacan los núcleos rurales son Guadalajara y Cuenca (con un total de 288 y 238 municipios respectivamente). De los 288 municipios que tiene Guadalajara, 268 son municipios rurales, 16 intermedios y tan solo 4 urbanos. Respecto al caso de Cuenca, de los 238, 223 son rurales, 13 intermedios y 2 urbanos, considerándose por tanto las dos provincias más rurales si lo comparamos con el resto de provincias (Albacete (63), Ciudad Real (65) o Toledo (118)).

En cuanto a núcleos intermedios, destaca Toledo (73), seguida de Ciudad Real (24) y Albacete (18). Una dinámica que se mantiene con los municipios urbanos, estando a la cabeza Toledo y Ciudad Real (13 municipios urbanos respectivamente) siendo prácticamente inexistentes en Albacete, Guadalajara y Cuenca.

Pero no solo el tamaño del municipio es significativo, juega un papel importante la distribución de la población, cuya dinámica demográfica va a estar desproporcionada.

Según los datos disponibles del Instituto Nacional de Estadística, los municipios rurales (menores de 2.000 habitantes), representan un 80% del conjunto territorial, concentrando sin embargo, únicamente el 15% de la población; más equilibrado es el porcentaje de los municipios intermedios (de 10.000 a 2.000), cuya representación es del 16% respecto al conjunto regional, concentrándose el 29% de la población, siendo los municipios urbanos, es decir, los mayores de 10.000 habitantes, los que menor peso tienen en



Mapa 2.: Distribución del tamaño de los municipios según nº de habitantes. CCAA Castilla-La Mancha, 2016 *Fuente: INE. Elaboración propia.*

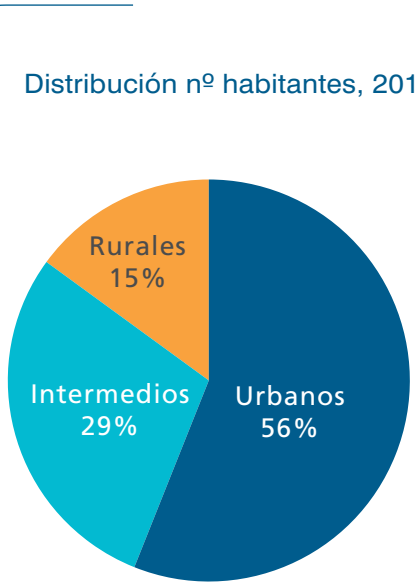


Gráfico 3: Distribución del número de habitantes según su tamaño, 2016.
Fuente: INE. Elaboración Propia

el territorio, ocupando únicamente el 4% de la distribución de los municipios, sin embargo, concentrando el 56% de la población. De los escasos municipios que se pueden considerar urbanos, es decir, mayores de 10.000 habitantes, tan solo encontramos seis que superen los 50.000 habitantes, entre las que se encuentran las capitales de provincia: Ciudad Real (74.054), Toledo (83.459), Cuenca (55.102), Guadalajara (83.633), Albacete (172.426), a las que se suma Talavera de la Reina (84.119) y a la que tradicionalmente se sumaba Puertollano, pero su población ha descendido hasta los 49.166 habitantes, seguido de Tomelloso o Alcázar de San Juan, con 36.746 y 30.967 respectivamente en la provincia de Ciudad Real.

Los núcleos urbanos, aún con ser los más escasos, son los que mayor importancia poblacional presentan en todas las provincias salvo en Guadalajara y Cuenca, destacando sobre los demás Ciudad Real y Toledo, seguidas de Albacete donde se concentra más del 45% de la población urbana.

En el extremo opuesto están Ciudad Real y Cuenca, debido a la distribución desigual del tamaño de sus municipios, donde tienen mayor peso los intermedios y los rurales.

En lo que respecta a los municipios intermedios (10000 a 2000 habitantes) son las provincias de Toledo y Ciudad Real, las que mayor peso tienen, ya que cuentan con municipios como Madrilejos, Ocaña o Consuegra (provincia de Toledo) o Villarrubia de los Ojos (provincia de Ciudad Real) que rondan los 10.000 habitantes

Por otro lado, son las provincias de Toledo y Cuenca las que mayor porcentaje de población en núcleos rurales concentran (más del 3,5% aproximadamente), mientras que el resto de provincias rondan el 2,5%, un porcentaje nada significativo, lo que viene a corroborar los signos de despoblación de los que venimos hablando a lo largo del capítulo.

Esta distribución viene a demostrar la dicotomía entre unos espacios y otros, lo que se puede traducir en diferentes problemas ambientales. De partida, se puede asociar despoblación a la ausencia de contaminación y de problemas ambientales, sin embargo, esto no ocurre así, vivimos en un mundo desarrollado donde en mayor o menor medida existen estos problemas. La ausencia de población tiene su repercusión en el abandono de las tierras y consecuentemente en factores de desertificación, aridez, incendios… pero no hay que olvidarse de los propios factores climáticos y naturales que de igual manera contribuyen al cambio climático, consecuencia del aumento de las temperaturas, el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, los cambios en los ecosistemas y en la pérdida de especies animales y vegetales necesarias para la conservación de los ecosistemas en los diferentes espacios rurales.

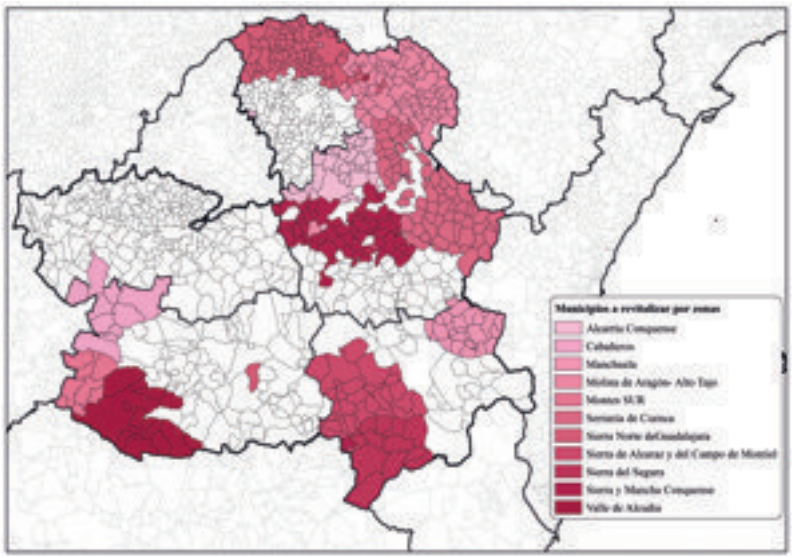
Clasificación tipológica de las zonas rurales de la región y sus problemas ambientales

En función de los criterios de distribución de la población y del tamaño de los municipios se definen las características del medio rural de Castilla-La Mancha, lo que al mismo tiempo nos lleva a asociar con los criterios de zonificación recogidos en la Ley para el Desarrollo Sostenible del Medio Rural (2007), entre los que se definen zonas rurales periurbanas, intermedias y a revitalizar. Una zonificación que se puede solapar desde el punto de vista ambiental en lo que a riesgo de incendios, desertificación, contaminación ambiental como veremos más adelante.

Esta clasificación puede servir de apoyo para mitigar determinadas secuelas ambientales para las cuales se puede definir medidas concretas que no solo ayuden a paliar la despoblación sino que ayuden a paliar los problemas ambientales que esta situación suscita. Definir categorías tiene como objetivo crear áreas homogéneas que articulen los espacios comarcales para conseguir alcanzar un mayor grado de eficiencia en lo que a políticas de desarrollo rural se refiere, pero también, para establecer las medidas oportunas para paliar los efectos sobre el cambio climático que puedan afectar a estos espacios.

Tal y como se define en la Ley 4/2007, las zonas rurales periurbanas "son las que presentan un ritmo creciente de la población que las conforman, con un predominio claro de empleos del sector terciario y situadas en el entorno de las aéreas urbanas o densamente pobladas"; las zonas rurales intermedias "son aquellas que presentan una baja o media densidad de población, con un empleo diversificado entre el sector primario, secundario y terciario y distantes del área de influencia directa de los grandes núcleos urbanos"; y por último, las zonas rurales a revitalizar "son aquellas con escasa densidad de población, elevada significación de la actividad agraria, y un importante aislamiento geográfico o con dificultades de vertebración territorial –déficit importante de infraestructuras de comunicación". Un aspecto que va a ser crucial desde el punto de vista de asentamiento de población, pero también desde el punto de vista ambiental.

En Castilla-La Mancha dicha zonificación se reparte en once zonas, distribuidas por toda la región, excepto la provincia de Toledo. Más de 400 municipios de los 991 que se encuentran en una situación de declive demográfico y económico y que precisan de medidas específicas para paliar esta problemática y la derivada de los problemas ambientales.



Mapa 3.: Zonas a revitalizar según el Plan Estratégico de Desarrollo Sostenible del Medio Rural de Castilla-La Mancha (2006). *Fuente: INE. Elaboración propia*

El conjunto de municipios a revitalizar cuenta con un aproximadamente 195.000 habitantes (según los datos del padrón municipal de habitantes del INE, 2016), repartidos entre el total de sus municipios. Por lo general, se trata de municipios de pequeño tamaño, con una baja densidad de población, y afectados históricamente por los efectos del éxodo rural a mediados del siglo XIX y que en los últimos años ha mantenido la tendencia de una pérdida constante de población mientras que los que se quedan, es población envejecida, lo que da lugar a que estos espacios tengan pocas oportunidades de relevo generacional. Este hecho ha suscitado la proliferación de una especialización productiva centrada fundamentalmente en actividades del sector primario. Desde el punto de vista socioeconómico se traduce en una escasa profesionalización en los trabajos agrarios, un incremento de la mecanización que ha reducido la necesidad de mano de obra, lo que provoca la salida de población de estos espacios rurales. Todo ello se ha traducido desde el punto de vista ambiental en la aparición de problemas ambientales que derivan del abandono de las tierras de cultivo, el deterioro de las acequias, los problemas de limpieza de los bosques, etc.… en algunos casos estas actividades se abandonan también por los problemas ambientales provocados por los propios factores naturales, por ejemplo, el aumento de la temperatura afecta a la agricultura y la ganadería, bien por la falta de agua para el riego para los cultivos o de agua potable para los animales, o también por la proliferación de insectos que desarrollan nuevas enfermedades y afectan al ganado; otro factor a considerar es el incremento de los fenómenos meteorológicos extremos, donde cada vez son mayores los periodos de sequía y en periodos de lluvia tienen lugar grandes inundaciones que arruinan las cosechas; por otro lado hay que tener en cuenta los cambios de estación que alteran el ciclo biológico de floración y consecuentemente la producción de los alimentos. En periodos de sequía cambian los ecosistemas, las superficies de cultivo y bosque se convierten en superficies inertes por falta de agua, lo que conlleva al mismo tiempo, a un incremento del riesgo de incendios, por consiguiente, el cambio en los propios ecosistemas va a poner en peligro especies vegetales y animales, ya que deberán adaptarse a condiciones extremas, llegando en muchos casos a desaparecer.

Por otro lado, las explotaciones existentes no toman las medidas más adecuadas para paliar los problemas sobre el medio, si a la falta de relevo generacional que se haga cargo del uso correcto de las tierras y del ganado se le suman prácticas incorrectas, los efectos sobre el medio ambiente van a ser mayores. Los pro-

blemas ambientales asociados a la actividad agraria van desde la contaminación, la degradación y la salinización del suelo, la sobreexplotación de los acuíferos, la contaminación por plaguicidas, la deforestación, la pérdida de biodiversidad genética… y desde el punto de vista ganadero, los cambios sobre el clima están los relacionados con más emisiones de gases por parte del ganado, así como la acumulación de purines, etc.

Ambas actividades cuentan con una escasa o nula gestión de los recursos por la falta de equipamientos y de maquinaria adecuada, para lo que es necesario establecer medidas para una correcta gestión de uso y reducir los efectos negativos que al mismo tiempo afectan a la población local provocando la salida de población, o por el contrario, evitando el asentamiento de población en las áreas rurales.

Por otro lado, éstos núcleos de baja densidad son municipios alejados de los grandes núcleos de población, amenazando dicho aislamiento demográfico en el desarrollo económico de estos espacios, a esta situación se le suma la poca capacidad de desarrollo económico dada la especialización productiva centrada en la agricultura y ganadería, una nula transición a la industria, y la deficiente situación de las infraestructuras, que excepto los corredores que comunican con Madrid y el eje mediterráneo, el resto se encuentran en una situación de aislamiento. Cuando nos reseñamos infraestructuras nos estamos refiriendo tanto a sistemas de transporte, agua, eliminación de residuos, energía y comunicaciones, para lo que es necesario el diseño de un sistema de planificación y gestión sostenibles para satisfacer las necesidades de los espacios urbanos y rurales y evitar que la falta de servicios e infraestructuras provoque la salida de población del medio rural hacia espacios más desarrollados, por lo que hay que fijar como objetivo el conseguir un equilibrio y que todas las infraestructuras lleguen a todos los espacios y sean sostenibles con el medio ambiente.

El enfoque positivo reside en que son zonas donde hay un fuerte sentimiento de pertenencia a la comarca, con importantes recursos naturales, culturales e históricos que son aprovechados como sinergias desde el sector terciario, fundamentalmente desde el turismo. Una actividad que en estos espacios no se traduce en masificación y contaminación y en parte se debe a que son espacios protegidos, independientemente del tipo de figura que lo proteja, siendo este hecho el que caracteriza que estos espacios estén por lo general poco degradados.

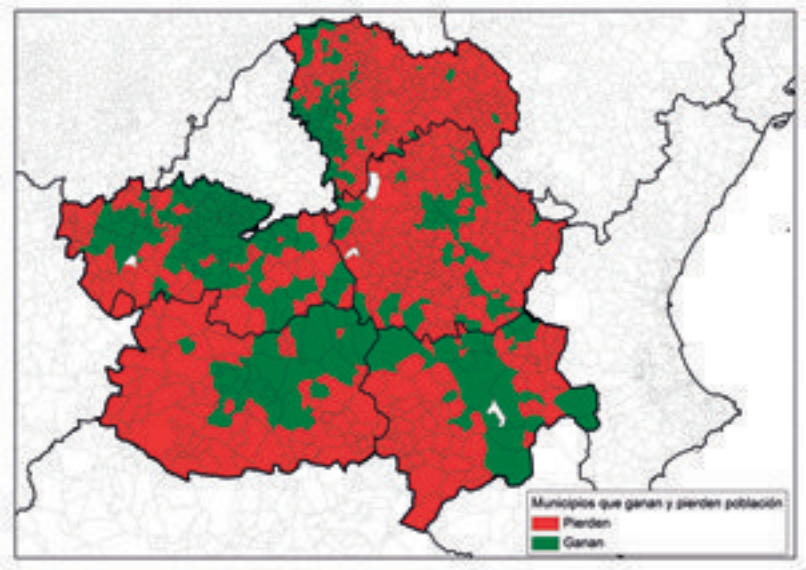
En definitiva, las áreas a revitalizar corresponden con una zonificación asociada a espacios despoblados, lo que Bielza de Ory (2003) asocia a los desequilibrios suscitados por los desordenes en el uso, gestión y protección del suelo que afectan al ecosistema, así como a las relaciones, o mejor, en la desvertebración de las relaciones demográficas y socioeconómicas campo-ciudad, acompañada de una gestión inadecuada de los recursos naturales, provocan profundas alteraciones en la biocenosis acompañada de una gestión inadecuada de los recursos naturales, provocando profundas alteraciones al pasar de una super-explotación a una infraexpotación, cuyas consecuencias van a afectar a la población, a los espacios rurales pero también inducen de manera indirecta a repercutir en el cambio climático y viceversa.

Efectos constatados

La dicotomía entre zonas definidas por el tamaño y volumen de habitantes ha dado lugar a que exista un desigual crecimiento demográfico, fundamentalmente entre espacios urbanos y rurales, lo que da lugar a unos efectos contrastados, vertiendo la parte negativa sobre los espacios rurales.

Del total de los 919 municipios con los que cuenta la región, más del 70 % ha tenido un crecimiento negativo o ha perdido población, tomando como referencia el periodo de 1996 y 2016,.En el siguiente mapa se puede observar cómo queda visiblemente reflejado los efectos negativos de la despoblación. Más de 600 municipios pierden población de los 919, de los cuales, anteriormente citábamos en torno a los 400 se encuentran, según la Ley de Desarrollo Sostenible (2009), en zonas a revitalizar.

Las áreas que presentan un crecimiento positivo corresponden con aquellas áreas revitalizadas o las que cuentan con un importante desarrollo económico, lo que se traduce al mismo tiempo en el asentamiento



Mapa 4.: Municipios que pierden y gana población, 2016 *Fuente: Elaboración propia*

de población, y consecuentemente en cambios ambientales. Las áreas donde se concentra la población aumenta el impacto ambiental (a mayor concentración de población, mayores necesidades que satisfacer, mayor demanda de productos, mayor utilización de infraestructuras, mayor necesidad de consumo de agua, por tanto incremento de los vertidos, etc….), incrementándose el uso inadecuado de los recursos; por su parte, las áreas menos pobladas, con mayores pérdidas de población y por ende las zonas más despobladas tienen su propia problemática ambiental resultado de la especialización productiva y así como de los propios factores naturales causados por el aumento de las temperaturas, la reducción de la disponibilidad de agua potable, el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos que van a afectar a los ciclos biológicos y a la producción de alimentos, cambios en los ecosistemas convirtiéndose, por ejemplo, en los periodos de sequia en territorios más vulnerables ante problemas como los incendios, la desertificación, la contaminación ambiental.

Esto no es más que una visión de la fotografía socioeconómica y ambiental de la región adaptada al contexto actual, donde el problema de la despoblación y sus consecuencias territoriales y ambientales van más allá de hablar de los efectos negativos, ya que se van a traducir en otros problemas a largo plazo.

Uno de los principales efectos constatados del problema demográfico de la despoblación es el envejecimiento, masculinización, la pérdida cuantitativa de recursos humanos, el descenso consiguiente de la densidad, y consecuentemente la falta de relevo generacional, y por tanto el sobreenvejecimiento de la población y falta de empleo para las generaciones más jóvenes, lo que se traduce en una tendencia al retroceso demográfico y consecuentemente en desiertos demográficos a lo largo de la región, siendo preocupante el futuro de algunas zonas como la Alcarria, la Serranía de Cuenca o la zona norte de Guadalajara, por citar algunas. Desiertos que consecuentemente tienen sus efectos sobre el medioambiente y los cambios de éste sobre ellos.

La situación demográfica arroja duras perspectivas desde el punto de vista económico, ya que no solo la falta de reemplazo de la población activa es preocupante, sino que existe una elevada especialización

agraria, una escasa diversificación productiva y una economía anclada al pasado, siendo poca la innovación productiva o diversificación de actividades que puedan por tanto crear empleos que permitan el asentamiento de población, o simplemente evitar la pérdida de efectivos en el medio rural y consecuentemente reducir los problemas ambientales que esto origina.

Esta constatado que las comarcas con mayor nivel de despoblación vienen a ser las que muestran una clara especialización agraria siendo la agricultura el eje económico principal, siendo escasa o inexistente la capacidad de generar nuevos puestos de trabajo. Este sector depende al mismo tiempo de los momentos del ciclo agrícola, por lo que no favorece el personal fijo sino que se trata de una mano de obra estacional, lo que no asegura el asentamiento de población en las áreas rurales ya que estamos ante un panorama inestable. Panorama que se está empezando hacer visible en las principales consecuencias del cambio climático ya que el incremento de las temperaturas y las sequías están modificando el ciclo biológico de las plantas y, por ende, la producción de alimentos. Ambos factores repercuten en la despoblación por un lado, porque si no se pueden cultivar los campos no se genera mano de obra y si no existe una incorporación de nuevos productos que se adapten a las condiciones ambientales, el medio rural se va a ver completamente abandonado, aumentando los efectos negativos sobre el medioambiente.

La industria, por su parte, es prácticamente inexistente, o muy localizada en enclaves concretos, en muchos casos asociados a la transformación de los productos agrarios, con tan poco peso que no tiene capacidad de retener población, y ni si quiera atraerla. Por lo que no se trata de un sector que ayude a paliar los efectos de la despoblación, sino más bien a la concentración en los espacios económicamente más vitales y más próximos a las principales ejes de comunicación o la capital nacional, lo cual va a tener sus efectos sobre el medio ambiente como se verá más adelante.

Económicamente, tan solo el sector turístico, puede llegar a contribuir una mejora ocasional de determinadas áreas rurales, optimizando la imagen de estos espacios, aprovechando al mismo tiempo los recursos endógenos disponibles, y consecuentemente beneficiando económica y socialmente a estas áreas aprovechando las sinergias de cada territorio, generando puestos de trabajo al mismo tiempo que se recuperan estos espacios. Esta oferta turística va a demandar determinados servicios e infraestructuras que por su parte han de estar regulados para que los efectos sobre el medio ambiente sean menores. En este caso, el clima es que el determina la duración y la calidad de las visitas turísticas, así como de las condiciones ambientales, ya que las temperaturas pueden condicionar que Castilla-La Mancha sea un espacio atractivo para visitar, o por el contrario estas temperaturas ocasionen problemas ambientales que condicionen la llegada de turistas ante determinados problemas como por ejemplo el riesgo por incendios, la falta de agua…Estas consecuencias del cambio climático van a incidir decisivamente en las relaciones de competencia, siendo un espacio que dejará de ser atractivo por el turista, y consecuentemente, provocará una nueva emigración de las personas asentadas en el medio rural dedicadas a este sector.

Teniendo en cuenta la heterogeneidad del medio rural de Castilla-La Mancha y los problemas ambientales parejos, los efectos sobre el territorio no van a ser los mismos, la diferencia entre espacios que ganan población y los que pierden es muy acusada, por ello, es difícil analizar estos efectos a nivel global, pero si se puede tomar como referencia diferentes espacios donde esta despoblación es más acusada y de esta manera, se pueden fijar objetivos y definir una estrategia global adaptada a cada territorio.

Estructura de cada uno de los efectos constados

Con el fin de conseguir un desarrollo rural sostenible y equitativo, que mejore la calidad de vida de la población residente, asegurando la permanencia de los núcleos y de su población, pero al mismo tiempo, apostando por el asentamiento de nuevos pobladores que contribuyan a paliar la situación de despoblación de la que se viene hablando y, consecuentemente sobre los efectos negativos que sobre el medio ambiente esta situación suscita, analizaremos algunos ejemplos concretos de la región castellano man-

chega como referencia para aplicar determinadas medidas para solucionar en la medida que se pueda los problemas de despoblación y cambio climático.

Ejemplos

La dicotomía entre espacios rurales y urbanos se ve acentuada en algunas zonas, donde el grado de despoblación es acuciante siendo el ejemplo de La Alcarria una de las zonas más representativas, de ahí que sea objeto de estudio, pero también podrían serlo la Serranía de Cuenca y la zona Norte de Guadalajara, entre otras, ya que presentan las mismas características.

La Alcarria, se extiende por el centro y sur de Guadalajara, el noroeste de Cuenca, limitando por el sureste con la Comunidad de Madrid.

En concreto, el territorio de la Alcarria se extiende sobre una superficie de aproximada de 2.500km^2 y con una población en conjunto inferior a los 10.000 habitantes (según datos del INE 2016) donde ninguno de sus municipios supera los 500 habitantes, por lo que estamos ante un grupo de municipios de pequeño tamaño cuyo municipio más pequeño tan solo cuenta con 9 habitantes.

Se trata de una comarca cuyas características físicas vienen definidas por un relieve tabular donde tienen presencia paramos calizos que configuran un espacio donde convergen cuestas y suaves pendientes hasta los valles por donde surcan ríos y arroyos. Dichas características configuran un paisaje donde confluyen manchas de encinar, sabinares y un paisaje agrario donde predomina el secano de los páramos, combinado con presencia de olivares.

Se trata de un espacio con un alto valor paisajístico y ambiental, de ahí se hayan definido espacios de singular valor como los Lugares de Interés Comunitario (LIC), entre los que se reconocen el LIC de las estepas yesosas, el Estrecho de Prieto y la Sierra de Altomira que forman parte al mismo tiempo de la RED Natura además de Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA), tal y como recoge el Plan de Zona de la Alcarria Conquense del Gobierno de Castilla-La Mancha.

La principal actividad económica ha sido la agricultura de secano cerealista, la cual en la actualidad se combina con la cebada y el girasol. En importancia le sigue el olivar, aprovechando así lo recursos naturales existentes en la zona.

Dichas características le otorgan una singularidad al medio natural, pero también condicionan las características sociodemográficas, ya que es una comarca con importantes deficiencias y carencias que dificultan que estas zonas mantengan población, más del 75% de los municipios que la conforman han perdido población en las últimas décadas, un saldo negativo difícil de paliar ya que estamos en una situación en la que prima el envejecimiento y la salida en busca de mejores oportunidades en las ciudades o las cabeceras de comarca. Como excepción nos encontramos con los municipios limítrofes a la capital madrileña, donde los movimientos pendulares entre estos municipios y la capital permiten que estas zonas hayan mantenido población y por tanto, su saldo sea positivo.

Por ejemplo, la zona de la Serranía de Cuenca, situada en el noreste de la provincia de Cuenca, que limita al norte con las provincias de Guadalajara, Teruel y Valencia, también se encuentra deprimida y escasamente poblada. Con una población repartida en 72 municipios, con un total de 107 núcleos distribuidos en una superficie de 5.801,12 Km² con una densidad de población de 2,87 Hab/Km², con un total de 16.603 hab. distribuido en tres subcomarcas (Serranía Alta y las Serranías Media-Campichuelo y Serranía Baja) las cuales mantienen la misma dinámica que la Alcarria.

Es un ejemplo de la situación de despoblación de una zona de la región castellano manchega cuyas consecuencias no van a ser únicamente demográficas y económicas, sino que también va a afectar a aspectos propios de problemática ambiental y climática.

Previsión de futuro. Escenarios, modelos…

Vista la evolución demográfica de la región debemos decir que el problema de la despoblación es difícil de mitigar, y más en zonas rurales con escasa capacidad de recuperación socioeconómica, por ello, nos encontramos con diferentes escenarios y modelos sobre los que actuar.

Resultado de esta situación, las consecuencias sobre el territorio van a ser innegables, fundamentalmente aquellas sobre el propio paisaje pero también por los riesgos medioambientales que se traducen del abandono del medio rural.

La salida de población de las áreas rurales, el abandono de las viviendas, de las tierras dedicadas al cultivo, pero también de las labores tradicionales que ayudaban a mantener los bosques, los campos de cultivo, los pastos ha tenido su repercusión sobre el medio natural sobre el que sustenta.

En general, toda la región, al igual que el resto del territorio nacional está expuesta a estos riesgos, pero son las áreas rurales las más afectadas, ya que están rodeadas de un medio natural no intervenido, por lo que las consecuencias sobre éste van a ir de la mano de la destrucción de la cubierta vegetal natural, que contribuye al mismo tiempo a aumentar el riesgo sobre el medio ambiente y consecuentemente sus repercusiones sobre el cambio climático. Y al contrario, el incremento de las temperaturas, el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, los cambios en los ecosistemas también ha provocado la salida de población.

Por ello este capítulo se va a centrar en analizar los diferentes problemas derivados de la despoblación tales como los incendios forestales, la erosión y desertificación o la contaminación ambiental.

Los incendios forestales como consecuencia del abandono del campo

Los incendios se pueden asociar a diversos factores, ya sean humanos o causados por fenómenos naturales, jugando un papel importante la falta de humedad así como la cantidad de vegetación viva. Por otro lado, la falta de humedad se traduce en una sequia prolongada, más acusada en áreas abandonadas, por lo que son más vulnerables a los incendios.

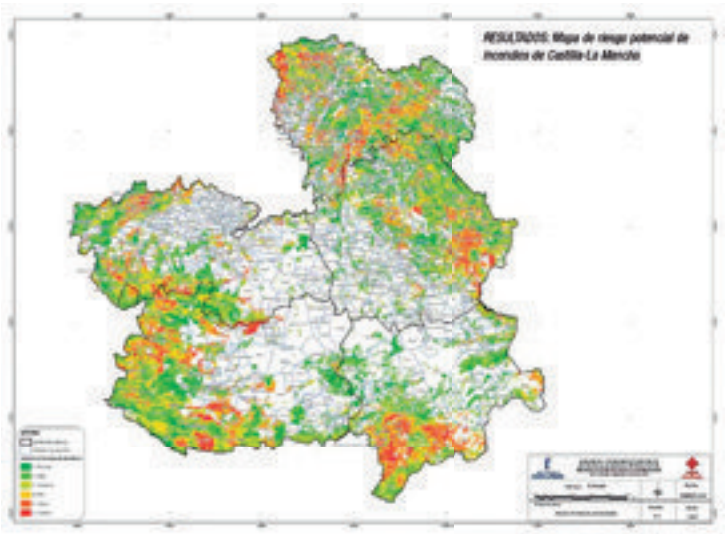
Entran en juego por tanto las áreas rurales mas despobladas, donde el abandono de los montes ha aumentado con el paso de los años, el abandono de las labores de pastoreo, las cuales, participaban de manera indirecta en la limpia de los bosques, al no existir ganado que se alimente de los pastos naturales o ante la falta de mano de obra que realice las labores de limpieza de los montes y los campos, el riesgo de que se produzcan incendios forestales se ha incrementado.

Por otro lado, pese a que existen determinadas medidas, ya implantadas dentro del conjunto del territorio nacional, no son suficientes ya que no existen políticas forestales coetáneas al problema, siendo numerosos los incendios que tienen lugar en estos espacios naturales. Según datos de la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales (2016) de Castilla-La Mancha el número de intervenciones fue de 679, un total de 465 conatos y 214 incendios viéndose afectadas un total de 3.435,15 ha.

Siendo las áreas más despobladas de la Serranía de Cuenca y la Alcarria, zonas de monte del sur de la región las más afectadas por estos fuegos tal y como se puede observar en el siguiente mapa:

Si volvemos la vista atrás, un elevado porcentaje del espacio con un riesgo potencial a los incendios viene a coincidir con las áreas rurales a revitalizar, por lo que nos lleva a plantearnos la necesidad de imponer medidas y políticas óptimas para paliar o reducir ambos problemas, la despoblación y los incendios.

Si bien es cierto que existen actuaciones de Coordinación, Planificación, Prevención y Extinción establecidas desde un programa específico del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, 2016) para la defensa contra los incendios forestales, así como un Plan Especial de Emergen-



Mapa 5.: Riesgo potencial de incendios forestales de Castilla-La Mancha. *Fuente: Foresta (2016)*

cias por Incendios Forestales que define los criterios de coordinación y actuación conjunta de los diversos Servicios y Administraciones implicadas (Programa de Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha [1], 2017:65), sin embargo no son medidas suficientes si los medios humanos son insuficientes.

La formación de equipos de intervención y refuerzos contra incendios forestales no son suficientes sino existen en estos espacios brigadas de labores preventivas estables en el territorio. No se trata en definitiva de establecer políticas específicas para los periodos de mayor riesgo de incendio, como puede ser la época estival, momento en el que existe más riesgo por las altas temperaturas y por la falta de humedad, factores a los que se suma falta de limpieza de los bosques.

Por otro lado, la falta de limpieza y control sobre los bosques, montes y campos da lugar a la proliferación de especies vegetales que dificulta el crecimiento de otras plantas más adecuadas para estos espacios, especies autóctonas que, por ejemplo, son menos ignifugas que otras que proliferan o en muchos casos, son reforestaciones forestales de rápido crecimiento y son aprovechadas desde el punto de vista de la rentabilidad económica, pero que sin embargo, no son beneficiarias porque no se trata en muchos casos vegetación autóctona entre las que destacan especies forestales como el quejigo, la encina, el roble rebollo, el alcornoque, la sabina albar, el pino carrasco, pino laricio y negral, el silvestre, chopo, enebro y fresno.

La repoblación de especies forestales por su parte va a tener importantes repercusiones sobre el territorio. Desde el punto de vista ambiental, permite la regulación del ciclo del agua, frena la erosión y desertificación, al mismo tiempo que las raíces afianzan la estructura del terreno. La vegetación al mismo tiempo facilita la limpieza del aire por su carácter ambiental potenciando los beneficios ecológicos. Desde el punto de vista social, los efectos también van a ser positivos, por un lado por la generación de empleo y por otro lado porque contribuye a la fijación de poblaciones y promoción de las áreas rurales desfavorecidas (Tecniagro Siglo XXI S.L., 2007). Desde el punto de vista económico, contribuye a la obtención de productos forestales con su carácter productor (corcho, frutos, leñas, resina, madera…), promoción de industrias o servicios forestales que necesitan mano de obra, etc.

[1] Programa de Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha (PDR de aquí en adelante)

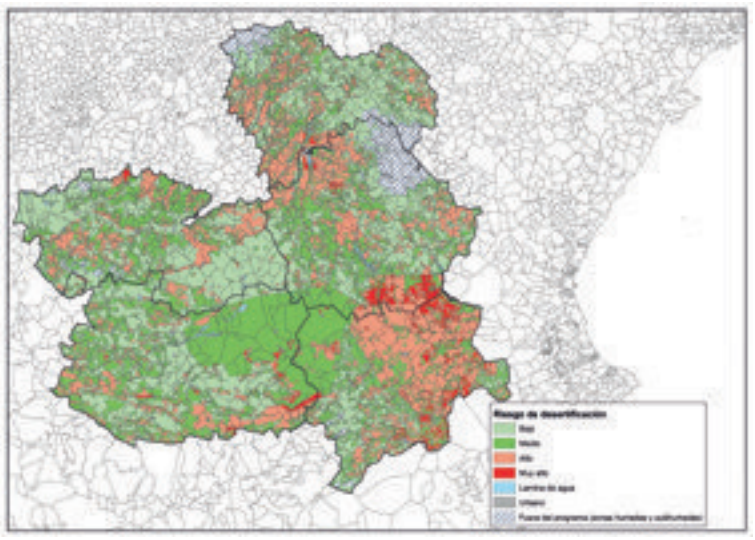
Ante estas características una medida adecuada sería generar brigadas especiales cuya función no solo sea contribuir a la limpieza de los bosques o a las tareas de prevención, sino también crear campañas de difusión y prácticas alternativas contando con mano de obra que se encuentre asentada en los espacios más vulnerables y con mayor riesgos a sufrir un incendio, potenciando de esta manera el asentamiento de algunos colectivos en el medio rural y evitando efectos negativos sobre el medio ambiente.

Erosión y desertificación como consecuencia del abandono del campo

Por sus propias características morfológicas, climáticas y ambientales Castilla-La Mancha cuenta con importantes zonas con riesgo de erosión, más aún en las zonas con pendiente, asociada a los espacios de serranía y mas montanos, condicionados al mismo tiempo por las propias características climáticas con contrastes estacionales, prolongadas sequias, escasas precipitaciones, suelos con escasa capa fértil y con una cubierta vegetal reducida, que da lugar a que los problemas de erosión y desertificaciones se vean acusados. Todas estas características unidas a la mano del hombre, que para paliar sus necesidades sobreexplota los recursos del territorio, da lugar a una importante erosión y desertificación, además de la sobreexplotación de los acuíferos que incrementa el riesgo de desertificación, pero también por la sobreexplotación de los terrenos dedicados a campos de cultivo que demandan importantes cantidades de agua.

Por su parte, los espacios afectados por las pérdidas de suelo, son fundamentalmente los terrenos dedicados al cultivo, cuyos procesos erosivos son acusados, lo que unido a las condiciones de aridez, clima, incidencia de incendios y sobreexplotación de acuíferos, desencadena que tal superficie tenga un riesgo de desertificación muy elevado (PDR, 2017:64).

La desaparición de las tierras de cultivo se traduce en que durante determinadas épocas del año, ante el incremento de precipitaciones anuales, el efecto de la erosión sea mucho mayor y más si hablamos de espacios con pendiente. El laboreo que se genera en los suelos crea un hábitat inadecuado para que muchas especie puedan sobrevivir, pero también estos espacios generan una fuente de alimento y protección para muchas especies, además el efecto protector sobre el terreno que realizan los espacio cultivados y



Mapa 6.: Riesgo de desertificación en Castilla-La Mancha. Fuente: *Subdirección General de Inventario del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Área De banco de datos de la naturaleza. Elaboración propia*

forestales protege a los suelos de la erosión evitando que en épocas de abundantes lluvias arrastren materiales y desgasten el suelo, con las consecuencias medioambientales y socioeconómicas que esto conlleva.

Otro de los efectos negativos de la falta de agua afecta a zonas intensamente turísticas que contribuyen a mantener activas determinadas zonas rurales, véase el ejemplo de las Tablas de Daimiel, Parque Natural de las Lagunas de Ruidera u otros humedales incluidos en el Convenio Ramsar.

En Castilla–La Mancha existen un total de 8 espacios incluidos –unas 10.544 hectáreas- en el listado de Humedales de Importancia Internacional del Convenio Ramsar: Tablas de Daimiel (Ciudad Real), Laguna de la Vega o del Pueblo en Pedro Muñoz (Ciudad Real), Laguna de Manjavacas, en Mota del Cuervo (Cuenca), Laguna del Prado, en Pozuelo de Calatrava (Ciudad Real), Lagunas de Alcázar de San Juan (Ciudad Real), Laguna de El Hito (Cuenca), Laguna de Puebla de Beleña (Guadalajara), y las lagunas de Ruidera (entre Albacete y Ciudad Real).

En definitiva se puede decir que el proceso de desertificación se va a producir a consecuencia de los cambios en la productividad de los terrenos agrícolas, provocados fundamentalmente por procesos erosivos, además de otros efectos negativos desde el punto de vista económico, que afecta a las áreas rurales que viven de esta actividad económica.

No es fácil definir una medida que ayude a paliar los efectos de la erosión y desertificación porque en muchos casos juegan un papel importante las temperaturas y las precipitaciones, pero en lo que a la mano del hombre se refiere se deben plantear políticas de desarrollo agrario reales a la realidad de cada territorio, así como el control del uso del agua, del tipo de cultivos que se desarrollan y una planificación forestal de repoblación que se adapte a una vegetación autóctona, de manera que no solo se mantienen formaciones vegetales propias de cada territorio cuya capacidad ignifuga y sobre el suelo es la adecuada, al mismo tiempo favorece la reducción de la concentración de partículas ambientales que contribuyen a la contaminación ambiental. .

Como medida preventiva tal y como se define en el PDR (2017,72) en el caso de Castilla-La Mancha las Confederaciones Hidrográficas han desarrollado los Planes Especiales de Sequía (PES) para minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía.



Imagen 1.: Tablas de Daimiel. Muestra de los efectos de la falta de agua. *Fuente: El Mundo*

Contaminación ambiental como consecuencia del abandono del campo

La contaminación ambiental es uno de los problemas más globales que afectan al cambio climático, engloba un conjunto de acciones y problemas que no solo van a afectar de manera negativa al conjunto del territorio, o sobre la capa de ozono, sino que ésta va a cambiar en función de la zona de la que estemos hablando.

Castilla-La Mancha cuenta con una zonificación ambienta cuya división está determinada por los niveles de algunos compuestos contaminantes presentes en dentro de una zona. Los Cuadernos Técnicos de la Calidad del Aire de Castilla-La Mancha definen como zona "la porción de territorio delimitada por motivos de evaluación y gestión de la calidad del aire para un contaminante atmosférico determinado". Dicha zonificación ha pasado de tener definidas cuatro zonas a una zonificación mas zonas y concreta. La primera zonificación incluye dentro de sus zonas: la Comarca de Puertollano caracterizada por las emisiones industriales y las propias características geomorfológicas de la zona; la segunda zona es la zona industrial densamente poblada, correspondiente con las áreas de La Sagra y el Corredor del Henares, junto a las áreas más próximas a la Comunidad de Madrid; en tercer lugar, La Mancha, propia del centro de la región y con densidades poblacionales medias y las zonas de montes o sierras donde se dan los niveles de fondo de la región y que al mismo tiempo coinciden con ser las menos densamente pobladas.

En la actualidad dicha clasificación ha sido modificada, en función de los niveles contaminantes presentes, algunas de las zonas se mantienen por sus características y otras han sido de nueva creación. En el caso de Puertollano, que se diferencia del resto de zonas porque cuenta con una evolución distinta de los niveles de contaminantes, siendo más elevados que en otras zonas; por su parte, junto a la comarca de Puertollano, el corredor del Henares es donde mayores niveles contaminantes existen, influye que se trata de una de las zonas más densamente pobladas, consecuentemente, donde mayores industrias y desarrollo económico se desarrolla, vinculado a la proximidad de la Comunidad de Madrid, pero también influyen aspectos propios como las características topográficas y meteorológicas de esta comarca, "que desencadenan escenarios de elevada estabilidad atmosférica, bajo los cuales la dispersión de contaminantes es prácticamente nula, acumulándose hasta que reacciones gracias a la radicación solar y generar ozono" (Cuadernos Técnicos de la Calidad del Aire, 2009). Otra zona corresponde con la zona industrial del norte, "engloba las áreas correspondientes al Corredor del Henares, zona de La Sagra, Toledo y Talavera de la Reina, por ser un área influenciada por una fuerte actividad industrial, con aportes adicionales procedentes de la Comunidad de Madrid" (Cuadernos Técnicos de la Calidad del Aire, 2009). Todo este conjunto es el que en la lo que en la zonificación anterior reciba el nombre de Zona industrial densamente poblada. Por otro lado, nos encontramos con las zonas de los montes y sierras de Castilla-La Mancha, que presentan los valores más bajos y estables de la región, fundamentalmente las zonas de los "Montes de Toledo" y "Montes de Guadalajara", o lo que en la zonificación anterior reconoce como Zonas de Montes y Sierras, donde los niveles de partículas se considerarán de fondo (casi sin presencia), que vienen a coincidir con las zonas menos densamente pobladas, mayor presencia de vegetación, considerándose por tanto este aspecto fundamental para que estas zonas se tomen medidas para paliar la deforestación, potenciar la repoblación y consecuentemente se genere una red de servicios en torno a este recurso invirtiendo en mano de obra y se recuperen labores tradicionales y de limpieza de montes, de manera que se reduce la contaminación, se genera empleo y se repueblan zonas despobladas.

Soluciones. Medidas de adaptación y mitigación

Las estrategias ante la despoblación en el mundo rural deben profundizar en los aspectos económico y laboral, calidad de vida y ambiental, adecuándolos a las circunstancias de un medio rural donde predomina una baja densidad de población, con unas políticas de desarrollo rural que no se ajustan al potencial de los territorios.

Las políticas a desarrollar tendrían que tener un carácter más práctico a la situación de cada territorio y establecer medidas reales que realmente ayuden a paliar la despoblación, y consecuentemente los problemas medioambientales y sobre el cambio climático que ello conlleva.



Mapa 7.: Antigua y nueva zonificación de Castilla-La Mancha. *Fuente: Cuadernos técnicos de la calidad del aire en Castilla-La Mancha* [2].

Para ello, deben respetarse las medidas establecidas en los planes de conservación del medio natural, cuyas medias están destinadas a controlar y mitigar los problemas sobre los montes y masas forestales, vías pecuarias y demás ecosistemas que son el soporte de la población rural.

Se debe intentar, tal y como se establece en el Plan de Conservación del Medio Natural, garantizar las utilidades de los recursos naturales y las masas forestales; potenciar aprovechamientos tradicionales de los montes y su gestión con base científica y de desarrollo sostenible; asegurar la adecuada protección con la función estabilizadora y reguladora de las masas forestales, del aire, agua y suelo y Conservar la biodiversidad y funcionalidad del ecosistema (PDR, 2017).

Entre las medidas que se pueden adoptar para paliar el problema medioambiental y que éste no suponga el acuse de la despoblación se pueden citar las siguientes:

Adaptar las leyes existentes, entre ellas, la Ley de Desarrollo Sostenible a las políticas de desarrollo rural, con una estrategia conjunta que ayude a mitigar la despoblación y consecuentemente los efectos del cambio climático. Para ello se debe tener en cuenta la implantación de actividades económicas adaptadas a las necesidades reales de la población, con ello no solo se evita una sobreproducción y un uso abusivo de los suelos, luchando para evitar la desertificación y salinización de los suelos.

Implantar líneas de financiación nacional, autonómica y local para evitar la despoblación y el cambio climático y al mismo tiempo que se apuesta por reducir las diferencias entre los espacios con mayor número de habitantes, respecto a los que tienen menos.

Desarrollar planes específicos para apoyar el empleo aprovechando los recursos endógenos del territorio (madera, mueble, resina, corcho…) de manera que se mantienen limpios los bosques y se fija población contratando mano de obra.

[2] http://pagina.jccm.es/medioambiente/rvca/calidad/zonasclm.htm

Promover incentivos a administraciones locales que se encuentren en territorios afectados por la despoblación y/ o los efectos del cambio climático a través de medidas de protección del medio natural para implantar determinados proyectos de desarrollo económico

Implantar incentivos a la población que colabore en la mitigación de los problemas ambientales. A través de programas específicos que conciencien a la población local de los efectos negativos de una mala praxis ambiental.

Fijar población que ayude a mantener vivo el medio rural, estableciendo al mismo tiempo, medidas que controlen el uso adecuado de los recursos.

Recuperar labores tradicionales para evitar el deterioro de los bosques, con ello, se fija población en el medio rural, y se regeneran industrias y servicios desaparecidos, de esta manera se reducen los problemas desencadenados por el abandono de las tierras y por otro lado de la despoblación.

Apoyar las actividades agrícolas y ganaderas, optimizando los medios de producción y servicios que disminuyan los efectos negativos de la biodiversidad y la fertilidad del suelo, asegurando la estabilidad de la población rural y la seguridad alimentaria.

Desarrollar medidas y políticas de apoyo al desarrollo de proyectos energéticos mediante la aplicación de fuentes de energía que ayuden a mitigar el cambio climático.

Establecer medidas para la reducción de la degradación de las tierras, la rehabilitación de tierras parcialmente degradadas, y la recuperación de tierras ya desertificadas.

Garantizar el cumplimiento de la normativa de los espacios naturales protegidos, garantizando la viabilidad de estos espacios propiciando el desarrollo económico y social del medio ambiente impulsando estrategias de economía verde y circular de aprovechamiento de los recursos naturales.

Conclusiones

La despoblación es uno de los problemas más graves que presenta el medio rural como consecuencia de la salida masiva de población que tuvo lugar durante el éxodo rural a partir de la década de los 50-60, problema del cual el medio rural en general, y en particular el de Castilla-La Mancha, no se ha recuperado.

Hasta el momento hablar de despoblación es hablar de las repercusiones negativas que tiene demográficamente sobre el espacio la escasez de población, sin embargo, las consecuencias no solo son el vaciamiento demográfico y los desequilibrios territoriales que esto supone. La despoblación al mismo tiempo va de la mano de la pérdida de labores tradicionales que hasta no solo generaban mando de obra en estas zonas, sino que también contribuían a mantener los pueblos y sus entornos en condiciones adecuadas. Véase el ejemplo de la pérdida del cuidado de los montes, de la perdida de la labor del pastoreo, o el aprovechamiento para la extracción de madera, leña, hojarasca, bellota, etc., que al emigrar la población han entrado en fase de subexplotación. Esto se ha traducido en el tiempo, a un deterioro ambiental del que subyacen otros problemas como los incendios, la pérdida de suelos por erosión, al faltar la cubierta vegetal, que ha provocado en muchos casos una regresión irreversible, la deforestación y posterior abandono de las tierras no sólo ha significado pérdidas edáficas, sino también desequilibrios hidrológicos, inundaciones y desbordamientos con peligro para la vida humana. La repoblación forestal, como posible medida, en algunos casos ha incrementado el riesgo de incendios, por ejemplo, por la sustitución de especies autóctonas por otras que no lo son como ha ocurrido con la sustitución de quercíneas por coníferas, lo que hace más indefenso el bosque a la hora de extinguir los incendios, por lo que es necesaria mano de obra permanente en estas zonas para evitar estos problemas.

Las consecuencias desde el punto de vista económico y la desigual distribución de las actividades económicas concentradas en determinados espacios, genera importantes desequilibrios también desde el punto de vista ambiental, hasta tal punto que existe una zonificación específica como consecuencia de este problema.

En definitiva, una cadena donde la despoblación es el eslabón principal del que se encadenan otros que conllevan a un deterioro ambiental. En conjunto pues, la despoblación se traduce en problemas demográficos, económicos, sociales y ambientales que al mismo tiempo son el resultado de desórdenes territoriales, que afectan no sólo a las zonas despobladas, sino a toda la sociedad y consecuentemente contribuyen al cambio climático, pero tampoco hay que olvidar cómo las principales causas del cambio climático también incitan la salida de población de las áreas rurales.

Bibliografía

BIELZA DE ORY. V. (2003). Problemas socioeconómicos y territoriales de la despoblación y principios de intervención de las políticas públicas. Despoblación y ordenación del territorio / coord. por Escolano Utrilla, S. y de la Riva Fernández, J.R., pp. 15-26

COPETE CARREÑO, M. A. ET AL (2010): Mapa de riesgo potencial de incendios forestales de Castilla-La Mancha. Foresta, nº 47-48 Especial Castilla-La Mancha

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL DE LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO RURAL (2017): Programa de Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha para la estrategia 2014-2020. Ultima modificación 18/04/2017

DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL Y ESPACIOS NATURALES (2016). Estadística Incendios forestales Castilla-La Mancha

DIRECCIÓN GENERAL POLÍTICA FORESTAL Y ESPACIOS NATURALES (S.F). Plan de Conservación del Medio Natural [consulta en línea]: http://www.castillalamancha.es/node/54492

CUADERNOS TÉCNICOS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN CASTILLA-LA MANCHA (2009). Nueva zonificación en Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE)

VARIACIONES RESIDENCIALES

PADRÓN MUNICIPAL

CENSOS DE POBLACIÓN Y VIVIENDA

LEY 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural

MAPAMA (2016): Incendios forestales. Avance informativo. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

SÁEZ PÉREZ L A, PINILLA NAVARRO V, AYUDA BOSQUE M I (2001) Políticas ante la despoblación en el medio rural: un enfoque desde la demanda. Ager. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural [en línea] [Fecha de consulta: 21 de agosto de 2017]

SANTOS SANTOS, J F (2008). Distribución, dinámica demográfica y grado de envejecimiento de la población en Castilla-La Mancha (1991-2001). Cuadernos Geográficos: 109-121.

TECNIAGRO SIGLO XXI S.L. (2007). Serie Forestal nº 4. Repoblación forestal: forestación de tierras agrícolas. DG Política Forestal y Espacios Naturales

Capítulo 5

Salud y cambio climático en Castilla-La Mancha

Efectos del cambio climático sobre la salud humana en Castilla-La Mancha

Alberto Nájera López[1], Jorge Laborda Fernández[2].
[1]*Profesor Contratado Doctor. Radiología y Medicina Física. Facultad de Medicina. UCLM. Albacete.*
[2]*Catedrático de Universidad. Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Farmacia. UCLM. Albacete.*

Introducción

Han transcurrido casi 10 años desde la publicación del Primer Informe de Impactos del Cambio Climático en Castilla-La Mancha, en el que se incluyó un capítulo acerca de los posibles efectos sobre la salud humana. Para su elaboración, además de la evidencia científica relativa a efectos sobre la salud existente en aquel momento, tanto específica de la Comunidad Autónoma como para toda España, se revisó el cuarto Informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), publicado en 2007. En 2014, se hizo público el quinto Informe del IPCC, y no será hasta 2022 cuando se publique el sexto y se revise el progreso realizado hacia el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 2°C, o incluso por debajo de 1,5°C, de acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). El quinto Informe de Evaluación (WGI-AR5) describe y sintetiza el conocimiento actual sobre los aspectos científicos y físicos del sistema climático y del cambio climático. En él se confirma de forma inequívoca el calentamiento del sistema climático e igualmente se confirma que su origen se debe fundamentalmente a la actividad humana.

Existe un consenso científico generalizado acerca de que la salud humana está íntimamente vinculada a la calidad ambiental y que tanto una como otra se verán afectadas por el cambio climático. Así, y como no podía ser de otro modo, la preocupación por los posibles efectos que el cambio climático puede ejercer sobre la salud de las poblaciones ha cobrado una especial relevancia, por lo que se han desarrollado estrategias sanitarias específicas por parte de las administraciones públicas y organismos nacionales e internacionales. El Ministerio de Medio Ambiente (MMA) puso en marcha en 2006, a través de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), el primer Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC); en 2014 se publicó el tercer informe de seguimiento. En 2009, se puso en marcha el Observatorio de Salud y Cambio Climático (OSCC) por el entonces Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad (MSPSI) y la OECC, con el objetivo de servir de instrumento de análisis, diagnóstico, evaluación y seguimiento de los impactos del cambio climático en la salud pública y en el Sistema Nacional de Salud. El OSCC se estableció como la herramienta básica de desarrollo del PNACC y para dar apoyo, además, a las políticas de mitigación del cambio climático en esta área. En Castilla-La Mancha, esta labor recae sobre la Oficina del Cambio Climático, dependiente de la Viceconsejería de Medio Ambiente, y es una muestra más del grado de preocupación de las autoridades sobre este asunto.

Los factores que afectan a la salud de las poblaciones son diversos e interactúan de forma compleja. La situación geográfica de la Península Ibérica y las características socioeconómicas de España hacen de nuestro país y de sus regiones especialmente vulnerables al cambio climático. Puesto que las predicciones se realizan forzosamente bajo premisas particulares de clima y condiciones socioeconómicas variables, esto obliga a trabajar con ciertos márgenes de incertidumbre, por lo que será preciso realizar un seguimiento científico y técnico adecuado y continuado para conocer el impacto de estos factores ante los cambios previstos y realizar mejores previsiones para el futuro. Este seguimiento debe permitir el diseño y la integración de políticas de gestión y planificación encaminadas a proteger y prevenir los posibles efectos del cambio climático sobre la salud.

Este capítulo actualiza el informe previo de 2009 e incluye las evidencias científicas más recientes sobre los efectos del cambio climático, con el objetivo de ayudar a la toma de decisiones ante las posibles transfor-

maciones, que permitan dar respuesta a los efectos que el cambio climático ejerce y podría ejercer sobre la salud de la población de Castilla-La Mancha.

Cambio climático y salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el término "salud" como el "estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades". Una breve reflexión sobre lo que esta amplia definición implica nos conduce a concluir que los múltiples efectos provocados por el cambio climático afectarán a la salud humana de diversas maneras. Estos efectos han empezado ya a provocar cambios importantes en ecosistemas terrestres y marinos, en la producción agraria, en acuíferos, en la biodiversidad, en el ámbito socioeconómico, en las migraciones de personas y de animales, en la distribución de vectores de enfermedades, en los patrones estacionales, en un incremento de la frecuencia de desastres naturales, etc.

Entre los efectos del cambio climático sobre factores que podrían afectar a la salud de las poblaciones cabe destacar que se ha modificado la distribución geográfica de algunos vectores de enfermedades infecciosas, así como la estacionalidad de algunos pólenes alergénicos. Además, no solo se ha incrementado el número de olas de calor o de frío, sino también su intensidad y, por tanto, la morbimortalidad relacionada con estos eventos, así como la relacionada con la conjunción de los efectos de una creciente contaminación atmosférica con episodios agudos de alto riesgo, como el previsible aumento del número de incendios y de sequías, o de otros fenómenos meteorológicos extremos.

Otros factores de riesgo y enfermedades relacionadas con el calentamiento global incluyen un aumento de la malnutrición infantil y sus efectos asociados, enfermedades diarreicas, morbimortalidad cardiorrespiratoria asociada al ozono troposférico, etc. El cambio climático podría provocar una disminución de patologías asociadas al frío, pero esta disminución no contrarrestaría en una proporción sustancial el efecto negativo del aumento de las temperaturas.

Los efectos del cambio climático van unidos inseparablemente a factores sociales, económicos y demográficos, pero también a la destrucción de los sistemas biofísicos y ecosistemas, a la reducción de la biodiversidad, a la sobreexplotación de los recursos terrestres e hídricos, así como a su contaminación. Por consiguiente, los efectos sobre la salud pueden verse amplificados por la conjunción de numerosos y complejos factores, amplificación que será más probable sobre todo en poblaciones vulnerables, como niños y ancianos o enfermos crónicos, y en poblaciones desfavorecidas.

En definitiva, la salud debe ser considerada uno de los sectores estratégicos para evaluar el impacto, la vulnerabilidad y la adaptación frente al cambio climático, así como un sector prioritario en la toma de medidas encaminadas a mitigar los efectos de este cambio. En Castilla–La Mancha será recomendable desarrollar y actualizar con frecuencia planes de actuación en salud pública, en colaboración con las autoridades nacionales e internacionales, basados en sistemas de alerta temprana que permitan identificar situaciones de riesgo antes de que estas se produzcan, así como reforzar los programas de vigilancia y control en enfermedades de transmisión vectorial.

Así, en este capítulo nos centraremos en el análisis de cinco grandes bloques de factores que afectarán a la salud de la población de Castilla-La Mancha: temperaturas extremas, calidad del aire, calidad del agua, enfermedades transmisibles y otros.

Aspectos demográficos y sanitarios de Castilla-La Mancha

La población de Castilla-La Mancha a 1 de enero de 2016 era de 2.041.631 habitantes. Aunque la mayor parte de la población se concentra en ciudades, 39 municipios superan los 10.000 habitantes,

cerca del 60% vive en municipios de menos de 20.000 habitantes. Se trata además de una población envejecida, con tan solo un 15,4% de población menor de 14 años de edad y un 18,5% mayor de 65. Las previsiones demográficas indican una reducción poblacional paulatina en los próximos años hasta 1.909.805 habitantes en 2031, lo que supondría una reducción de 131.826 habitantes, es decir, un 6,5%. Cerca del 11,0% de la población castellano-manchega es extranjera, siendo en las provincias de Cuenca, Guadalajara y Toledo donde se concentra su mayor número, con un 13,3%, 15,7% y un 12,0% respectivamente. La nacionalidad más numerosa sigue siendo la rumana, con un 43% del total, seguida de la marroquí (un 15,3%) y la ecuatoriana (5,28%).

Según el Catálogo Nacional de Hospitales 2016, el Servicio de Salud de Castilla–La Mancha (SESCAM) cuenta con 18 hospitales públicos distribuidos a lo largo y ancho de la Región, que suman un total de 5.247 camas. Además, existen diez centros privados con un total de 472 camas. El mapa sanitario de Castilla-La Mancha (DOCM nº 39, de 6 de septiembre de 1996 y DOCM nº 70, de 16 de mayo de 2003) estableció ocho Áreas de Salud: Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, La Mancha-Centro, Puertollano, Talavera de la Reina y Toledo, cada una de ellas integrada por distintas Áreas Básicas de Salud. La Comunidad cuenta con un total de 1.761 centros entre hospitales, centros de salud, de vacunación, consultorios locales, puntos de atención continuada y servicios provinciales de coordinación. De este modo, solamente menos del 1% de la población se encuentra a más de 30 minutos de un Centro de Salud y prácticamente la totalidad se encuentra en una isócrona de 15 minutos.

Cómo afecta el cambio climático a la salud

La abundante evidencia científica publicada en los últimos años indica que existen fundamentalmente tres vías por las cuales el cambio climático afecta a la salud:

- Efectos directos, relacionados principalmente con condiciones climáticas extremas, como olas de calor, sequía o precipitaciones.
- Efectos mediados por sistemas naturales, como vectores, enfermedades transmitidas por el agua o contaminación atmosférica.
- Efectos mediados por sistemas humanos, como, por ejemplo, desnutrición, agricultura, y estrés mental.

Estos tres grandes grupos de efectos se ven condicionados por la geografía, el clima típico de cada zona, la vegetación, la calidad del aire y del agua, posibles patologías crónicas o previas, la edad y el sexo del individuo. Padecer una patología crónica, como una cardiopatía, diabetes u otra enfermedad previa, incrementa el riesgo de consecuencias negativas debidas a, por ejemplo, temperaturas extremas. Los niños y los ancianos, como se ha indicado, son los grupos de riesgo más vulnerables, siendo los ancianos el grupo de mayor riesgo ante situaciones meteorológicas extremas, tales como olas de calor y episodios de alta contaminación atmosférica. En cuanto al sexo, la relación con la vulnerabilidad es compleja y se han descrito diferencias en diferentes lugares del planeta que se ven condicionadas por las diferentes situaciones geográficas, sociales y climáticas. En cualquier caso, el embarazo incrementa la vulnerabilidad ante peligros ambientales, como las olas de calor, o ante enfermedades infecciosas.

Estos efectos negativos sobre la salud podrían mitigarse mediante la mejora de los servicios de salud, mejor gestión de las situaciones climáticas extremas o desastres naturales, y mediante la actuación sobre factores socioeconómicos como la pobreza, educación para la salud, etc. Algunos de esos efectos negativos se producirían incluso en ausencia de cambio climático, por lo que se debe seguir actuando contra los malos hábitos de salud en todas las circunstancias.

Efectos relacionados con la temperatura

Probablemente, la relación causa–efecto en situaciones de calor extremo entre la temperatura y la morbimortalidad sea la más clara. La tendencia general indica un incremento de los días de calor extremo,

pero también una reducción de los días de frío intenso. No obstante, a pesar de que el número de días y noches cálidas se ha incrementado, en conjunto no se ha producido un incremento de muertes debidas a las elevadas temperaturas.

El mayor número de días de calor, sobre todo en verano, favorece la aparición de un mayor número de incendios forestales, cuyos humos representan un importante riesgo para la salud. Este calor vendrá asociado a un incremento de la demanda energética que conlleva un aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación, pues hay que contar con una reducción del potencial hidroeléctrico debido a la reducción de precipitaciones. Aunque Castilla-La Mancha ha apostado fuertemente por energías renovables, fundamentalmente eólica, las trabas que inexplicablemente se han puesto frente al autoconsumo y explotación de la energía solar, unidas a la pobreza energética, convierten este estado de cosas en un coctel complejo.

Igualmente, el incremento de la temperatura en verano producirá previsiblemente un aumento en la demanda de agua potable para la bebida o la refrigeración e higiene personales. Al mismo tiempo, el aumento de la temperatura puede dificultar en algunos casos la purificación del agua, al favorecer, por ejemplo, el crecimiento de algas u otros microorganismos. Esto puede también causar un impacto negativo en la salud de las personas más vulnerables.

Diversos estudios han evaluado la temperatura umbral de disparo de la mortalidad atribuible al calor. Estas temperaturas no han variado en exceso en los últimos años, siendo de 36ºC en Albacete, 38ºC en Ciudad Real, Guadalajara y Toledo y de 34ºC en Cuenca. Aunque no existe un consenso acerca de cómo definir una ola de calor, parece que lo más indicado es utilizar la temperatura máxima del día. Esta temperatura umbral de disparo de mortalidad depende de la localización y condiciones geográficas de cada ciudad o municipio, por lo que el momento de activar una alerta dependerá de cada lugar.

De forma similar, se han determinado las temperaturas mínimas umbrales asociadas a un disparo de la mortalidad por ola de calor, que serán más elevadas que las mínimas en ausencia de la misma. Estos valores se han determinado en 20ºC para Albacete, 16ºC en Guadalajara, 24ºC en Toledo y 26ºC en Ciudad Real. Estas temperaturas mínimas elevadas producen molestias y dificultades para conciliar el sueño, aunque no causan mortalidad directamente, debido a que solo las temperaturas máximas son capaces de desencadenar los mecanismos biológicos que provocan la mortalidad. Con estos datos, se ha determinado el riesgo relativo (RR) asociado al incremento de 1ºC en la temperatura máxima a partir de la cual se produce un incremento en la mortalidad, el cual oscila entre 1,00 y 1,29 en las diferentes ciudades. Recordemos que el riesgo relativo es el cociente entre el riesgo en la población con el factor de exposición o factor de riesgo (en este caso el aumento de temperatura) y el riesgo en el grupo de referencia (en este caso, una temperatura normal para la época del año). Un RR de 1,00, por consiguiente, indica que no existe un aumento del riesgo, mientras que valores superiores a 1,00 indican que el riesgo aumenta en una proporción determinada.

En definitiva, los planes de prevención ante posibles temperaturas extremas deben basarse en estudios epidemiológicos y no únicamente en criterios climatológicos pues, como se ha indicado, las temperaturas umbrales varían de un lugar a otro, al igual que los riesgos relativos de mayor mortalidad. Un aspecto importante a tener en cuenta es el creciente turismo internacional y las posibles vulnerabilidades de personas de otras nacionalidades no habituadas a las situaciones climáticas de cada lugar en la Región. Este hecho indicaría la necesidad, en aquellas ciudades con gran afluencia de turistas, como puede ser Toledo, de un plan de acción en estas situaciones que modificara o flexibilizara los criterios de activación en esta población turista esporádica.

No obstante, se prevé que el cambio climático provoque también algunos beneficios, ya que se espera una disminución de las defunciones por exposición al frío, al ser los inviernos más suaves. Estos in-

viernos más suaves conducirán a una disminución de la demanda energética para el calentamiento de hogares y lugares de trabajo. Sin embargo, en conjunto, cabe esperar que los beneficios no compensen los efectos perjudiciales para la salud causados por el aumento de las temperaturas.

Con respecto a las olas de frío, se ha estimado un RR medio de entre 1,00 y 1,41 para las diferentes capitales de provincia de la Región asociado a frío extremo y mortalidad por causas cardiorrespiratorias. Así se ha determinado que las temperaturas mínimas umbral para mortalidad diaria son de -4ºC en Cuenca, Albacete y Ciudad Real y de -6ºC en Guadalajara y Toledo. Estas evidencias indican, por tanto, que al igual que se dispone de planes de actuación en caso de calor extremo, se debería disponer de planes ante temperaturas extremadamente bajas, aunque la probabilidad de que estas se alcancen disminuya con el transcurso de los años en un escenario de aumento continuado de las temperaturas medias.

Con respecto a los mecanismos fisiológicos y celulares que podrían ser afectados por el cambio climático y el aumento de temperatura, estudios recientes indican que el clima y los cambios estacionales afectan a la expresión, es decir, a la intensidad de funcionamiento, de más de 4.000 genes. Estos cambios estacionales suceden en órganos y sistemas importantes, como los que pueden controlar la gestión de la ingesta calórica, puesto que la disponibilidad de alimento ha cambiado a lo largo de las estaciones durante la evolución de nuestra especie, o los que pueden controlar el estado de inflamación del sistema inmune para hacer frente con más eficacia a posibles microorganismos del entorno, particularmente durante el invierno. La proporción de las células del sistema inmune en la sangre cambia también de acuerdo a las estaciones. Variaciones en temperatura, humedad, cantidad de precipitación etc., se encuentran en la base del control de estos cambios de funcionamiento génico. Es de prever que, por consiguiente, el cambio climático afectará al normal control de estos mecanismos de expresión génica y que esto puede ejercer aún desconocidos efectos sobre la salud. Este efecto variará en diferentes regiones del mundo de acuerdo al impacto que el cambio climático ejerza sobre cada una de ellas. Castilla-La Mancha no será una excepción.

Efectos provocados por situaciones meteorológicas extremas

Las previsiones de los modelos parecen indicar una reducción del número de días de precipitación extrema, aunque ésta será de mayor intensidad, en primavera y verano. Estas situaciones extremas, de producirse, podrían suponer un mayor riesgo para la población, la cual puede sufrir lesiones por ahogamiento o por traumatismo, aislamiento, escasez de agua potable y la aparición de epidemias y enfermedades alérgicas (asma, dermatitis, etc.).

Es necesario considerar igualmente el aumento del riesgo de sequías extremas, que puede impactar negativamente en la agricultura y la ganadería y, por tanto, en la alimentación de los sectores más pobres de la población. Igualmente, estos episodios afectarán al suministro de agua potable y aumentarán el riesgo de transmisión de enfermedades por agua o alimentos, así como la ocurrencia de incendios forestales.

Efectos relacionados con la calidad del aire

La OMS estimó que, en 2012, la contaminación atmosférica causó alrededor de siete millones de muertes prematuras en todo el mundo. La contaminación atmosférica ejerce un impacto directo en el aumento de la morbimortalidad por infecciones respiratorias, cardiopatías, prevalencia de asma y cáncer de pulmón, incluso en concentraciones de contaminantes relativamente bajas. Se estima que la mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera entre un 15% y un 20% la registrada en ciudades más limpias, lo que reduce la esperanza de vida promedio en 8,6 meses debido a la exposición a las partículas en suspensión (PM) generadas por actividades humanas.

La red de vigilancia de la calidad del aire de Castilla-La Mancha cuenta en la actualidad con únicamente 12 estaciones de control y vigilancia: cuatro en Puertollano, una en Talavera de la Reina, en Illescas y en Azuqueca de Henares y una en cada capital de provincia. Estas estaciones fijas están situadas, en algunos

casos, en las afueras de los núcleos urbanos, en zonas residenciales alejadas de los núcleos más importantes de contaminación por tráfico, lo que podría estar proporcionando una imagen incorrecta y más favorable que la correspondiente a la situación real. En el caso de la monitorización de los niveles de polen, se dispone de seis estaciones de muestreo, una en cada capital de provincia y otra en Talavera de la Reina.

Es previsible un incremento de la contaminación atmosférica, especialmente la fotoquímica (o tipo «verano») procedente de las reacciones de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, estimuladas por la luz solar intensa y el incremento de la temperatura. De estos contaminantes, el ozono es generalmente considerado como el componente más tóxico. Se forma por la acción de la radiación ultravioleta del Sol sobre los óxidos de nitrógeno, en presencia de compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes. Sus principales efectos adversos están relacionados con el sistema respiratorio, ya que produce una disminución de la función pulmonar. Los más jóvenes, con hiperreactividad de vías aéreas, como los asmáticos, constituyen el grupo más sensible a los efectos del ozono, que produce un agravamiento del asma, con el consiguiente aumento de visitas a urgencias, de ingresos hospitalarios y, probablemente, un aumento de la mortalidad. Se ha estimado que, en el sur de la Península Ibérica, los episodios de alta concentración de ozono ocurren generalmente cuando se producen altas presiones localizadas en el norte (cerca de las Islas Británicas) y con altas presiones en el oeste de la Península (sobre el Atlántico).

Las PM, procedentes fundamentalmente del uso de combustibles fósiles, producen claros efectos perniciosos sobre la salud a los niveles de exposición a los que actualmente está sometida la mayoría de la población urbana y rural de los países desarrollados. La exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón. La exposición a los contaminantes derivados de la quema de combustibles sólidos en fuegos abiertos y cocinas tradicionales en espacios cerrados, aumenta el riesgo de infección aguda en las vías respiratorias inferiores y la mortalidad por esta causa en niños pequeños. La polución atmosférica en espacios interiores procedente de combustibles sólidos constituye también un importante factor de riesgo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cáncer de pulmón entre los adultos.

Pero no solo los niveles, sino que también los patrones y estacionalidad de la contaminación del aire están cambiando debido al cambio climático, sobre todo en las áreas más urbanizadas del mundo. Como se ha indicado, Castilla-La Mancha cuenta con 39 municipios de más de 10.000 habitantes, seis de ellos con más de 50.000, siendo Albacete la ciudad más poblada con más de 172.000 habitantes. Se ha estimado que el riesgo de asma asociado a contaminantes atmosféricos es superior en Puerto Llano que en Ciudad Real, aunque ambas ciudades cuentan con poblaciones similares, lo que de nuevo sugiere que los estudios de monitorización e impacto deben hacerse específicamente en cada núcleo urbano.

Por otra parte, la calidad global del aire vendrá dada no solo por la contaminación atmosférica de origen antropogénico u ozono, sino también por la presencia de alérgenos y polvo en suspensión. El efecto sinérgico de estos agentes con la temperatura, así como la posibilidad de incendios y tormentas de polvo, se desconoce. Los patrones de alérgenos también están cambiando debido al cambio climático, pero también por la contaminación del aire, lo que puede modificar el potencial alergénico de los pólenes. Es clara la asociación entre altas concentraciones de polen y esporas y epidemias de asma y de otras enfermedades alérgicas como la rinitis, conjuntivitis alérgicas o dermatitis atópica. El cambio climático está modificando los periodos de floración y, por tanto, los tiempos de exposición a los pólenes por parte de la población. El olivo, la vid, coníferas, plátanos, fresnos y gramíneas son algunas de las especies más frecuentes en la Comunidad, las cuales ya están alargando sus tiempos de polinización.

Todo esto conduce a que, puesto que los mecanismos subyacentes de todas estas interacciónes no son del todo conocidos, se deba prestar especial atención a las posibles consecuencias sobre la salud que pueden variar desde una disminución de la función pulmonar, a enfermedades alérgicas, aparición de nuevas patologías, exacerbación de enfermedades respiratorias crónicas, e incluso la muerte. Es preciso establecer

políticas adecuadas y acciones de salud pública para afrontar situaciones específicas en el futuro, empezando por la monitorización adecuada de las concentraciones de estos compuestos en el aire.

Efectos relacionados con la calidad del agua

Los diferentes escenarios permiten prever una reducción de las precipitaciones y, por tanto, un incremento del estrés de los recursos hídricos, estrés ya existente en la actualidad debido al crecimiento de la población, al cambio económico y de los usos de la tierra y, en particular, a la urbanización. Estos cambios incluyen transformaciones en las pautas, intensidades y valores extremos de precipitación, en el aumento de la cantidad de vapor de agua atmosférico y aumentos de la evaporación y variaciones de la humedad del suelo y de la escorrentía. Ya hemos mencionado la posibilidad de sequías extremas y, de hecho, se prevé que la cuenca mediterránea sea una de las áreas más afectadas por el incremento de las mismas. En este caso, no solo se prevé una intensificación de los periodos secos en verano, sino también una precipitación total en invierno similar a la actual, aunque concentrada en un menor número de meses. El aumento de las temperaturas afectará también a las cualidades físicas, químicas y biológicas de los lagos y ríos de agua dulce, lo que, unido a la reducción de las precipitaciones, provocará un empeoramiento de la calidad del agua. Todo ello afectará negativamente a sectores como la agricultura, la ganadería, el suministro hídrico, la producción de energía y, una vez más, a la salud.

Las principales infecciones alimentarias son aquellas causadas directamente por microorganismos, como por ejemplo las amibiasis o la salmonelosis, o también por la ingestión de toxinas producidas por microorganismos, como por ejemplo el botulismo o la intoxicación producida por estafilococos. La escasez de agua, su baja calidad, y las altas temperaturas podrán favorecer el impacto de estas infecciones sobre la población.

En resumen, el impacto de la calidad del agua sobre la salud consecuencia del cambio climático se produce de modo indirecto y de manera multifactorial: las alteraciones del ciclo hidrológico impactarán en la calidad del agua y, por tanto, en la salud de quienes la consuman, se generará un mayor riesgo de enfermedades de transmisión hídrica, una menor capacidad de producción agrícola y variaciones en la incidencia de enfermedades de transmisión vectorial.

Como se ha indicado, cabe la posibilidad de un incremento en las tormentas de polvo, capaz de transportar una mayor concentración de partículas respirables, esporas de hongos y bacterias, que podrían afectar a la salud. Igualmente, periodos de sequía se asocian con la ocurrencia de incendios forestales que pueden agravar otras situaciones de riesgo.

Efectos relacionados con enfermedades transmitidas por vectores

La Comunidad de Castilla–La Mancha es lugar de tránsito obligado de aves migratorias y personas, por consiguiente, la transmisión de enfermedades vectoriales podría incrementarse debido al cambio climático, así como debido a cambios en la dinámica estacional e interanual de patógenos, vectores y hospedadores. Algunos vectores ya establecidos podrían ampliar su extensión geográfica, o bien se podría producir la invasión de vectores procedentes de regiones subtropicales normalmente adaptados a vivir en condiciones más cálidas y más secas y que, debido al cambio climático, podrían expandir su población en España y, en particular, en Castilla–La Mancha. Si dichos cambios se producen cerca del umbral característico de cada especie, su ciclo de vida experimentará cambios bruscos. Sin embargo, para que esto sucediera sería necesario que se produjera un flujo abundante de animales o personas y un empeoramiento de las condiciones socio-sanitarias y de los Servicios de Salud.

La densidad de vectores y su capacidad vectorial se ven afectados críticamente por la temperatura, que afecta a su supervivencia, condiciona su tasa de crecimiento, modifica los tiempos de incubación extrínseca del patógeno en el vector (tiempo que tarda el vector en poder infectar desde que este se infecta), y puede modificar la actividad y patrón de transmisión. Los límites térmicos de transmisibilidad a partir de

los cuales se podrían producir fuertes cambios son entre 14-18ºC y entre 35-40ºC como límites inferior y superior, respectivamente.

Por tanto, el incremento de la temperatura podría facilitar la aparición de casos de dengue, malaria o leishmaniosis. Asimismo, en el caso de mosquitos, si aumenta la temperatura del agua, medio en el que crecen sus larvas, se reduce el tiempo de su maduración y se incrementa el número de crías durante la estación de transmisión. Además, a mayor temperatura se acorta el tiempo de las fases de desarrollo desde el huevo hasta la forma adulta, lo que genera individuos de menor tamaño, por lo que las hembras han de tomar sangre con más frecuencia para llegar a poner huevos. Esto conlleva una mayor tasa de inoculación en las poblaciones afectadas. A todo esto, podríamos unir al aumento de temperaturas un posible incremento de las precipitaciones en determinados momentos puntuales, lo que supondría un mayor número y calidad de zonas de cría de los mosquitos en forma de charcas, al tiempo que las sequías podrían aumentar el número de remansos en los cursos secos de los ríos, igualmente propicios a la cría de mosquitos.

Se prevé que el cambio climático provoque que la costa marroquí se convierta en escenario de transmisión palúdica (malaria), lo que facilitaría el salto del vector a través del estrecho de Gibraltar a zonas del sur de la Península. Se estima que las condiciones sociales y económicas deberían deteriorarse drásticamente para que España viera aumentado su potencial malariogénico, por lo que previsiblemente la aparición de casos sería posible únicamente de manera local y reducida a un escaso número de personas.

En los últimos años, en Europa, se ha constatado la irrupción de vectores provenientes del sudeste asiático y susceptibles de transmitir dengue, fiebre amarilla (existe vacuna eficaz), fiebre de Ross, La Crosse, Chikungunya, y fiebres del valle del Rift y West Nile. Es importante señalar que muchos de esos virus son transmitidos por vectores que ya existen en España y que el cambio climático podría potenciar. Este es el caso del virus West Nile, que ha sido aislado en España a partir de personas infectadas.

La leishmaniosis es considerada endémica en España, donde es trasmitida de perros a humanos por dípteros, produciendo afecciones cutáneas y formas viscerales graves. Una vez más, el incremento de la temperatura podrá acortar la maduración del parásito en el interior del vector, reducir el periodo de letargo invernal y cambiar su distribución geográfica. Castilla–La Mancha no estará exenta de sufrir estos cambios.

En cuanto a enfermedades transmitidas por garrapatas, son muchas y de variada gravedad: borreliosis (fiebre recurrente endémica), rickettsiosis (fiebre botonosa, fiebres maculadas), babesiosis, anaplasmosis, ehrlichiosis, tularemia y viriasis (encefalitis por picadura de garrapata o centroeuropea, enfermedad de Congo-Crimea, fiebre de Kyasanur...). En España, las enfermedades de este tipo más prevalentes son la fiebre botonosa y la borreliosis de Lyme. El desarrollo y distribución geográfica de las garrapatas es muy sensible a pequeños cambios de temperatura y humedad.

En definitiva, es esperable que los cambios ambientales conlleven cambios en los ciclos vitales de vectores de enfermedades infecciosas, lo que conllevará cambios en las tasas de su transmisión. Los servicios de salud deberán estar preparados para detectar y contener posibles brotes de estas enfermedades, ahora no demasiado frecuentes en la Región pero que podrían llegar a convertirse en endémicas.

Otros efectos sobre la salud

La reducción de la capa de ozono estratosférico, si bien no es una consecuencia del cambio climático, está íntimamente relacionada con los gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. Como es sabido, la capa de ozono absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta procedente del Sol. Sin esta protección, sufriríamos serias quemaduras solares en tan solo quince segundos de exposición al sol. Su reducción paulatina producida fundamentalmente por los clorofluorocarbonos, ha producido un incremento de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre.

Los efectos directos sobre la salud humana debidos a una mayor exposición a la radiación solar y a las temperaturas máximas en verano son, entre otros, la aparición de cáncer de piel, quemaduras, fotodermatosis, afecciones oculares diversas como cataratas, y afecciones del sistema inmune. La población más proclive a presentar estas afecciones la constituyen personas expuestas durante muchas horas a la luz solar, sobre todo trabajadores, así como los bebés y los niños. Otros efectos indirectos son un incremento de las sustancias perniciosas derivadas de los contaminantes (ya que la radiación ultravioleta está íntimamente relacionada con la química de ciertos contaminantes, como el ozono), modificaciones de la producción agrícola y efectos sobre los vectores trasmisores de enfermedades infecciosas. No obstante, la exposición controlada y con protección al Sol, ejerce efectos positivos sobre la síntesis de vitamina D, con importantes beneficios para la salud.

El incremento de la temperatura, con inviernos más suaves y más cortos, ayuda a incrementar el tiempo que la población pasa al aire libre, por lo que la exposición a radiación ultravioleta también se incrementa en periodos en los que, al no tratarse del verano, la población no es consciente o no se preocupa de que es igualmente necesario tomar medidas de protección solar. Esta situación podría conducir, por ejemplo, a un aumento en la incidencia de cánceres de piel. Una vez más, hablamos de efectos indirectos y multifactoriales sobre la salud de la población.

Además de los efectos sobre la salud física, debemos considerar igualmente un potencial efecto del cambio climático sobre la salud mental y estado de ánimo. Sequías u olas de calor incrementan el estrés de aquellos enfermos mentales o de personas susceptibles de llegar a padecer una de estas patologías. La temperatura y las variaciones en otros parámetros climáticos, como las precipitaciones, pueden afectar el estado general de salud mental de la población, aumentando, por ejemplo, el nivel de ansiedad, depresión, agresiones, angustia crónica, suicidios, etc. ante las situaciones derivadas de dichos cambios (disponibilidad diaria de agua, calidad de la misma, estado de los familiares más vulnerables, hijos de corta edad y padres ancianos, etc.). Estos efectos sobre la salud mental pueden sumarse a o sinergizar con los discutidos arriba sobre la salud física, y generar así un deterioro general más importante del estado de salud de la población.

Mitigación y adaptación

La descripción realizada en apartados anteriores de los diferentes factores, su interrelación y multifactorialidad, ponen de manifiesto la complejidad de este asunto. No se trata de un problema parcelado, sino de una conjunción de diferentes problemas con efectos sinérgicos todavía desconocidos. Por esta razón, es urgente y necesario el desarrollo de medidas globales que permitan, si no reducir, al menos sí limitar, el cambio climático para poder mitigar su impacto sobre las actividades humanas y sobre el conjunto del medio ambiente y, por ende, sobre la salud de la población.

Conocidos los potenciales efectos, y algunos ya no potenciales sino reales, del cambio climático sobre la salud, es evidente que las medidas para mitigarlos producen un beneficio claro y directo, como se viene demostrando desde el cuarto Informe del IPCC. Por ejemplo, la reducción de la dependencia energética de los combustibles fósiles disminuiría la contaminación atmosférica y, por tanto, la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La potenciación del transporte en bicicleta, o a pie, o en medios de transporte menos contaminantes que los automóviles actuales, no solo reduciría la contaminación atmosférica, sino también los accidentes de tráfico urbano y las lesiones y las tasas de mortalidad que estos producen. Además, el aumento del ejercicio físico incidiría muy positivamente en el estado de salud general, tanto física como mental, y, en particular, en la tasa de sobrepeso y disminución de la incidencia de diabetes de tipo 2, muy asociada al sedentarismo.

Muchos países están poniendo en marcha numerosos planes de adaptación y mitigación al cambio climático, pero la Organización Mundial de la Salud alertó en 2013 de que los compromisos de adaptación a la salud a nivel internacional representan menos del 1% de los costos anuales de salud que serán atribuibles al cambio climático en 2030. Dado que el cambio climático es ya una realidad

completamente inevitable e irreversible, las medidas de adaptación se hacen absolutamente necesarias, ya que incluso aunque se interrumpiera la emisión de todos los gases de efecto invernadero en un corto espacio de tiempo, el cambio climático se seguiría produciendo. Se puede tal vez frenar la tasa futura de calentamiento, pero ya no es posible revertirlo (salvo tal vez con tecnologías futuras de geoingeniería planetaria, algunas de las cuales ya se contemplan, pero que pueden resultar incluso más peligrosas en su aplicación que el propio calentamiento sufrido). No realizar esfuerzos de adaptación a este cambio tendrá su precio en términos de enfermedades, de gasto sanitario y de pérdida de productividad y sobre todo de sufrimiento humano, siempre superior al gasto necesario para realizar los esfuerzos de mitigación o adaptación.

Las medidas de ajuste ante el impacto del cambio climático deben conllevar una adaptación incremental (mejora general de la salud pública y de los servicios de atención de salud, sin que esta esté necesariamente motivada por los posibles impactos del cambio climático), medidas de adaptación transitoria que permitan cambios en las actitudes y percepciones, cartografía de la vulnerabilidad y mejora de los sistemas de vigilancia de los factores ambientales y procedimientos de adaptación transformacional, los cuales requieren cambios fundamentales en los sistemas.

Dentro de los medios de adaptación transitoria caben destacar medidas específicas ante olas de frío o calor, o, mejor dicho, situaciones anormales de temperatura atendiendo a valores umbrales y a las características específicas de cada población. El control de los depósitos y suministro de agua, así como la alerta ante posibles brotes de enfermedades infecciosas o de proliferación de vectores y su contención temprana, deben formar parte de las medidas básicas, del mismo modo que medidas para el control y prevención de incendios en zonas potencialmente peligrosas. También es preciso desarrollar una red de monitorización de la exposición personal a la contaminación atmosférica más allá de su estimación mediante estaciones puntuales. Una de las medidas de adaptación, en nuestra opinión, más fundamental y que debería llevarse a cabo sin excepción es el control exhaustivo de la calidad del aire y el desarrollo de un sistema de alerta a la población ante situaciones de riesgo, ya sea por valores meteorológicos extremos (temperaturas, precipitaciones, etc.), por la declaración de incendios incontrolados, por el incremento de la contaminación (ozono, óxidos nitrosos, etc.) o por incrementos en las concentraciones de aeroalérgenos (polen, esporas, etc.). El seguimiento de estos factores se realiza en la actualidad de forma insuficiente, por lo que son aún necesarias políticas precisas y efectivas para conseguir un sistema que integre todos los sectores implicados, que contemplen restricciones en las emisiones para proteger la salud, y pongan en marcha un sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica y el clima. Asimismo, son necesarias medidas complementarias encaminadas a promover la educación para la salud y la divulgación de los aspectos científicos relativos al cambio climático, que permitan fomentar la conciencia ciudadana para la solución de estos problemas y la promoción de hábitos saludables.

Igualmente importantes son las medidas de mitigación en el ámbito local y regional. Por ejemplo, el desarrollo de procedimientos y normativas para reducir el tráfico rodado por parte de los ayuntamientos con el fin de reducir la exposición personal a contaminación. La reducción del transporte y consumo (por tanto, de la producción) de carnes rojas, en especial de vacuno, (importantes fuentes de emisión de gases de efecto invernadero) aportaría beneficios a la salud, una vez más, dobles: la consabida reducción de la contaminación y la mejora y promoción de hábitos alimenticios saludables. Un mayor consumo de productos cultivados localmente (frutas, hortalizas y cereales) reduciría los riesgos de coronariopatía, accidente cerebrovascular, hipertensión, obesidad y diabetes. Otra medida de mitigación que conllevaría, además de una mejora de la calidad del aire, una mejora en las actividades al aire libre y una integración más cercana con el medio ambiente, sería el aumento de la protección y ampliación de bosques y zonas verdes, que a su vez debería ayudar a potenciar un turismo de calidad y sostenible.

Asimismo, es necesario promover la investigación aplicada para la protección de la salud frente al cambio climático que permita conocer las particularidades de cada región, de cada ciudad, de cada población. Son necesarios datos continuados y de alta fiabilidad que confirmen o no la eficacia y eficiencia de las medidas de salud pública tomadas para proteger la salud frente a los efectos del cambio climático y permitan adaptar las medidas tomadas en busca de una mayor efectividad. Para ello, habrá que llevar a cabo investigaciones sistemáticas e interdisciplinarias.

En resumen, las soluciones deben provenir de todos los sectores: políticos (cambios legislativos, en particular en materia de control de la calidad del aire), actuación de técnicos (seguimiento, técnicas de reducción de contaminación), planificación urbana, transporte, suministro de energía, producción de alimentos, uso de la tierra, recursos hídricos, educación e información, soluciones y actuaciones todas que, junto con las de reducción de emisiones, mejorarían sustancialmente la salud de la población.

Conclusiones: la sostenibilidad precede al desarrollo

El empeoramiento de la calidad del aire, las situaciones meteorológicas extremas (olas de calor, lluvias torrenciales o sequías), episodios de contaminación extrema, por ejemplo, de ozono, incendios, problemas de suministro de agua potable y alimentos, cambios en la distribución de enfermedades infecciosas, incremento de la demanda energética, etc., tendrán un impacto negativo sobre la salud de la población de Castilla–La Mancha y sus servicios sanitarios. Este impacto no será puntual o aislado, sino que los diferentes factores que afectan a la salud actuarán sobre esta de forma sinérgica y multifactorial, por lo que las actuaciones deben ser multidisciplinares y teniendo en cuenta la multidisciplinaridad del problema.

Es necesario realizar lo antes posible un proceso de evaluación y monitorización de la capacidad de los servicios sanitarios de nuestra Comunidad para hacer frente a situaciones extremas y mitigar su impacto sobre la salud, con el fin de tomar las medidas de gestión más eficaces para dar respuesta a las nuevas emergencias y a los posibles afectados. En este sentido, es conveniente prestar especial atención a las necesidades de las poblaciones más vulnerables, como niños y ancianos, y en especial a las zonas geográficas y sectores de la población que sufran una precariedad de infraestructuras, menores niveles de ingresos y educación deficiente.

Nos enfrentamos a un cambio global del medio ambiente que requerirá la implicación activa, valiente y decidida de todos los sectores de la sociedad para encontrar soluciones, primando la sostenibilidad al desarrollo económico. Es un gran desafío para el presente siglo que vivimos.

Bibliografía

AEROCAM - Red de Aerobiología de Castilla-La Mancha - Niveles de polen y previsión [Documento Web], URL http://aerocam.uclm.es/niveles_de_polen (Acceso 30.3.17).

AMELA HERAS, C., SIERRA MOROS, M.J., 2016. Vector-transmitted diseases. A new challenge for public health surveillance systems. Gac. Sanit. 30, 167–169. doi:10.1016/j.gaceta.2016.03.001

BLANCO, D., COLLADO, S., LACA, A., DIAZ, M., 2016. Life cycle assessment of introducing an anaerobic digester in a municipal wastewater treatment plant in Spain. Water Sci. Technol. 73, 835–842. doi:10.2166/wst.2015.545

BLAZQUEZ, M.C.T., 2010. Climate change and health. SESPAS report 2010. Gac. Sanit. 24, 78–84. doi:10.1016/j.gaceta.2010.10.004

BONOFIGLIO, T., ORLANDI, F., RUGA, L., ROMANO, B., FORNACIARI, M., 2013. Climate change impact on the olive pollen season in Mediterranean areas of Italy: air quality in late spring from an allergenic point of view. Environ. Monit. Assess. 185, 877–890. doi:10.1007/s10661-012-2598-9

BRAUN, L.M., RODRIGUEZ, D.A., COLE-HUNTER, T., AMBROS, A., DONAIRE-GONZALEZ, D., JERRETT, M., MENDEZ, M.A., NIEUWENHUIJSEN, M.J., DE NAZELLE, A., 2016. Short-term planning and policy interventions to promote cycling in urban centers: Findings from a commute mode choice analysis in Barcelona, Spain. Transp. Res. Part -Policy Pract. 89, 164–183. doi:10.1016/j.tra.2016.05.007

BRITO, F.F., GIMENO, P.M., BARTOLOMÉ, B., ALONSO, A.M., LARA, P., FERNÁNDEZ, J.A., MARTÍNEZ, A., 2008. Vine pollen allergy in areas with a high density of vineyards. Ann. Allergy Asthma Immunol. Off. Publ. Am. Coll. Allergy Asthma Immunol. 100, 596–600. doi:10.1016/S1081-1206(10)60054-3

BRITO, F.F., GIMENO, P.M., CARNÉS, J., MARTÍN, R., FERNÁNDEZ-CALDAS, E., LARA, P., LÓPEZ-FIDALGO, J., GUERRA, F., 2011. Olea europaea pollen counts and aeroallergen levels predict clinical symptoms in patients allergic to olive pollen. Ann. Allergy Asthma Immunol. Off. Publ. Am. Coll. Allergy Asthma Immunol. 106, 146–152. doi:10.1016/j.anai.2010.11.003

CARINANOS, P., ADINOLFI, C., DIAZ DE LA GUARDIA, C., DE LINARES, C., CASARES-PORCEL, M., 2016. Characterization of Allergen Emission Sources in Urban Areas. J. Environ. Qual. 45, 244–252. doi:10.2134/jeq2015.02.0075

CARMONA, R., DIAZ, J., MIRON, I.J., ORTIZ, C., LEON, I., LINARES, C., 2016. Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan. Environ. Int. 88, 103–111. doi:10.1016/j.envint.2015.12.027

CASTELLO, J.D., CALE, J.A., D'ANGELO, C.M., CARLOS LINARES, J., 2016. Baseline Mortality Analysis Reveals Legacy of Contrasting Land Use Practices on the Structural Sustainability of Endangered Moroccan and Spanish Mountain Forests. Forests 7, 172. doi:10.3390/f7080172

CATÁLOGO NACIONAL DE HOSPITALES 2016. [Documento Web] URL https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/prestaciones/centrosServiciosSNS/hospitales/docs/CNH2016.pdf (Acceso 30.3.17).

CHANGE, I.P. ON C., 2014. Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects: Volume 1, Global and Sectoral Aspects: Working Group ... to the IPCC Fifth Assessment Report 1st edition by Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) Paperback. Cambridge University Press.

CHANGE, I.P. ON C., 2008. Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability Paperback: Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Edición: 1 Pap/Cdr. ed. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. ; New York.

CULQUI, D.R., DIAZ, J., SIMÓN, F., TOBÍAS, A., LINARES, C., 2014. Evaluation of the plan for surveillance and controlling of the effects of heat waves in Madrid. Int. J. Biometeorol. 58, 1799–1802. doi:10.1007/s00484-013-0731-2

DESARIO, M., KATSOUYANNI, K., MICHELOZZI, P., 2013. Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe. Eur. Respir. J. 42, 826–843. doi:10.1183/09031936.00074712

DIAZ, J., CARMONA, R., MIRON, I.J., ORTIZ, C., LEON, I., LINARES, C., 2015A. Geographical variation in relative risks associated with heat: Update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. Environ. Int. 85, 273–283. doi:10.1016/j.envint.2015.09.022

DIAZ, J., CARMONA, R., MIRON, I.J., ORTIZ, C., LINARES, C., 2015B. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. Environ. Res. 143, 186–191. doi:10.1016/j.envres.2015.10.018

DOMINGUEZ-LOPEZ, D., VACA, F., HERNANDEZ-CEBALLOS, M.A., BOLIVAR, J.P., 2015. Identification and characterisation of regional ozone episodes in the southwest of the Iberian Peninsula. Atmos. Environ. 103, 276–288. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.12.050

DOPICO, X.C., EVANGELOU, M., FERREIRA, R.C., GUO, H., PEKALSKI, M.L., SMYTH, D.J., COOPER, N., BURREN, O.S., FULFORD, A.J., HENNIG, B.J., PRENTICE, A.M., ZIEGLER, A.-G., BONIFACIO, E., WALLACE, C., TODD, J.A., 2015. Widespread seasonal gene expression reveals annual differences in human immunity and physiology. Nat. Commun. 6, 7000. doi:10.1038/ncomms8000

FEO BRITO, F., MUR GIMENO, P., CARNÉS, J., FERNÁNDEZ-CALDAS, E., LARA, P., ALONSO, A.M., GARCÍA, R., GUERRA, F., 2010. Grass pollen, aeroallergens, and clinical symptoms in Ciudad Real, Spain. J. Investig. Allergol. Clin. Immunol. 20, 295–302.

FEO BRITO, F., MUR GIMENO, P., MARTÍNEZ, C., TOBÍAS, A., SUÁREZ, L., GUERRA, F., BORJA, J.M., ALONSO, A.M., 2007. Air pollution and seasonal asthma during the pollen season. A cohort study in Puertollano and Ciudad Real (Spain). Allergy 62, 1152–1157. doi:10.1111/j.1398-9995.2007.01438.x

GASPARRINI, A., GUO, Y., HASHIZUME, M., LAVIGNE, E., ZANOBETTI, A., SCHWARTZ, J., TOBIAS, A., TONG, S., ROCKLOV, J., FORSBERG, B., LEONE, M., DE SARIO, M., BELL, M.L., GUO, Y.-L.L., WU, C., KAN, H., YI, S.-M., ZANOTTI STAGLIORIO COELHO, M. DE S., NASCIMENTO SALDIVA, P.H., HONDA, Y., KIM, H., ARMSTRONG, B., 2015. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. Lancet 386, 369–375. doi:10.1016/S0140-6736(14)62114-0

GLUTTING, J.-P., 2013. Excess Heat-Related Mortality in Micro-Urban Heat Islands: A Case-only Study in Barcelona. Giforum 2013 Creat. Gisociety 137–146. doi:10.1553/giscience2013s137

GUO, Y., GASPARRINI, A., ARMSTRONG, B., LI, S., TAWATSUPA, B., TOBIAS, A., LAVIGNE, E., ZANOTTI STAGLIORIO COELHO, M. DE S., LEONE, M., PAN, X., TONG, S., TIAN, L., KIM, H., HASHIZUME, M., HONDA, Y., GUO, Y.-L.L., WU, C.-F., PUNNASIRI, K., YI, S.-M., MICHELOZZI, P., NASCIMENTO SALDIVA, P.H., WILLIAMS, G., 2014. Global Variation in the Effects of Ambient Temperature on Mortality A Systematic Evaluation. Epidemiology 25, 781–789. doi:10.1097/EDE.0000000000000165

INIGUEZ, C., BALLESTER, F., FERRANDIZ, J., PEREZ-HOYOS, S., SAEZ, M., LOPEZ, A., 2010. Relation between Temperature and Mortality in Thirteen Spanish Cities. Int. J. Environ. Res. Public. Health 7, 3196–3210. doi:10.3390/ijerph7083196

JAVIER, F., EMILIO, F., MONTSERRAT, V., VICTOR, S., PURIFICACION, G., 2015. Evolution of the incidence of pollen grains and sensitivity to pollen in the city of Elche (Spain). Asian Pac. J. Allergy Immunol. 33, 196–202.

JUAN MIRON, I., LINARES, C., CARLOS MONTERO, J., JOSE CRIADO-ALVAREZ, J., DIAZ, J., 2015. Changes in cause-specific mortality during heat waves in central Spain, 1975-2008. Int. J. Biometeorol. 59, 1213–1222. doi:10.1007/s00484-014-0933-2

LACRESSONNIERE, G., FORET, G., BEEKMANN, M., SIOUR, G., ENGARDT, M., GAUSS, M., WATSON, L., ANDERSSON, C., COLETTE, A., JOSSE, B., MARECAL, V., NYIRI, A., VAUTARD, R., 2016. Impacts of regional climate change on air quality projections and associated uncertainties. Clim. Change 136, 309–324. doi:10.1007/s10584-016-1619-z

LINARES, C., DIAZ, J., TOBÍAS, A., CARMONA, R., MIRÓN, I.J., 2015A. Impact of heat and cold waves on circulatory-cause and respiratory-cause mortality in Spain: 1975–2008. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 29, 2037–2046. doi:10.1007/s00477-014-0976-2

LINARES, C., SANCHEZ, R., MIRON, I.J., DIAZ, J., 2015B. Has there been a decrease in mortality due to heat waves in Spain? Findings from a multicity case study. J. Integr. Environ. Sci. 12, 153–163. doi:10.1080/1943815X.2015.1062032

MEDLOCK, J.M., HANSFORD, K.M., VAN BORTEL, W., ZELLER, H., ALTEN, B., 2014. A summary of the evidence for the change in European distribution of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of public health importance. J. Vector Ecol. 39, 72–77. doi:10.1111/j.1948-7134.2014.12072.x

MIRON, I.J., MONTERO, J.C., CRIADO-ALVAREZ, J.J., LINARES, C., DÍAZ, J., 2012. Intense cold and mortality in Castile-La Mancha (Spain): study of mortality trigger thresholds from 1975 to 2003. Int. J. Biometeorol. 56, 145–152. doi:10.1007/s00484-011-0407-8

MONTERO, J.C., MIRON, I.J., CRIADO, J.J., LINARES, C., DÍAZ, J., 2013. Difficulties of defining the term, "heat wave", in public health. Int. J. Environ. Health Res. 23, 377–379. doi:10.1080/09603123.2012.733941

MONTERO, J.C., MIRON, I.J., CRIADO, J.J., LINARES, C., DIAZ, J., 2010A. Comparison between two methods of defining heat waves: A retrospective study in Castile-La Mancha (Spain). Sci. Total Environ. 408, 1544–1550. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.01.013

MONTERO, J.C., MIRON, I.J., CRIADO-ALVAREZ, J.J., LINARES, C., DIAZ, J., 2012. Influence of local factors in the relationship between mortality and heat waves: Castile-La Mancha (1975-2003). Sci. Total Environ. 414, 73–80. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.10.009

MONTERO, J.C., MIRÓN, I.J., CRIADO-ÁLVAREZ, J.J., LINARES, C., DÍAZ, J., 2010B. Mortality from cold waves in Castile--La Mancha, Spain. Sci. Total Environ. 408, 5768–5774. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.07.086

MUR GIMENO, P., FEO BRITO, F., MARTÍNEZ, C., TOBÍAS, A., SUÁREZ, L., GUERRA, F., GALINDO, P.A., GÓMEZ, E., 2007. Decompensation of pollen-induced asthma in two towns with different pollution levels in La Mancha, Spain. Clin. Exp. Allergy J. Br. Soc. Allergy Clin. Immunol. 37, 558–563. doi:10.1111/j.1365-2222.2007.02684.x

OMS | 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica [Documento Web], WHO. URL http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/ (Acceso 30.3.17).

ORRU, H., ANDERSSON, C., EBI, K.L., LANGNER, J., ASTROM, C., FORSBERG, B., 2013. Impact of climate change on ozone-related mortality and morbidity in Europe. Eur. Respir. J. 41, 285–294. doi:10.1183/09031936.00210411

OSTRO, B., BARRERA-GOMEZ, J., BALLESTER, J., BASAGANA, X., SUNYER, J., 2012. The impact of future summer temperature on public health in Barcelona and Catalonia, Spain. Int. J. Biometeorol. 56, 1135–1144. doi:10.1007/s00484-012-0529-7

OSTRO, B., TOBIAS, A., KARANASIOU, A., SAMOLI, E., QUEROL, X., RODOPOULOU, S., BASAGANA, X., ELEFTHERIADIS, K., DIAPOULI, E., VRATOLIS, S., JACQUEMIN, B., KATSOUYANNI, K., SUNYER, J., FORASTIERE, F., STAFOGGIA, M., 2015. The risks of acute exposure to black carbon in Southern Europe: results from the MED-PARTICLES project. Occup. Environ. Med. 72, 123–129. doi:10.1136/oemed-2014-102184

RED DE CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CASTILLA-LA MANCHA [Documento Web], URL http://pagina.jccm.es/medioambiente/rvca/estaciones/estaciones.htm (Acceso 30.3.17).

REMOLI, M.E., JIMENEZ, M., FORTUNA, C., BENEDETTI, E., MARCHI, A., GENOVESE, D., GRAMICCIA, M., MOLINA, R., CIUFOLINI, M.G., 2016. Phleboviruses detection in Phlebotomus perniciosus from a

human leishmaniasis focus in South-West Madrid region, Spain. Parasit. Vectors 9, 205. doi:10.1186/s13071-016-1488-3

ROLDAN, E., GOMEZ, M., PINO, M.R., PORTOLES, J., LINARES, C., DIAZ, J., 2016. The effect of climate-change-related heat waves on mortality in Spain: uncertainties in health on a local scale. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 30, 831–839. doi:10.1007/s00477-015-1068-7

ROLDAN GARCIA, E., GOMEZ BARRERA, M., PINO OTIN, M.R., ESTEBAN PRADAS, M., DIAZ JIMENEZ, J., 2011. Determination of Isothermal Areas and Selection of Representative Weather Stations in Aragon as a Basis for Estimating the Impact of Climate Change on the Possible Relationship between Mortality and Temperature. Rev. Esp. Salud Publica 85, 603–610.

SEGNALINI, M., BERNABUCCI, U., VITALI, A., NARDONE, A., LACETERA, N., 2013. Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin. Int. J. Biometeorol. 57, 451–458. doi:10.1007/s00484-012-0571-5

SERVICIO DE ESTADÍSTICA DE CASTILLA-LA MANCHA [Documento Web] URL http://www.ies.jccm.es/ (Acceso 30.3.17).

SORIANO, J.B., POWELL, P., SEALY, S., 2015. ESCAPEing from bad-quality air: a cleaner air, from Europe to elsewhere. Eur. Respir. J. 45, 11–13. doi:10.1183/09031936.00168814

SOUSA, A., ANDRADE, F., FELIX, A., JURADO, V., LEON-BOTUBOL, A., GARCIA-MURILLO, P., GARCIA-BARRON, L., MORALES, J., 2009. Historical importance of wetlands in malaria transmission in southwest of Spain. Limnetica 28, 283–299.

TEMPERATURAS UMBRALES DE DISPARO DE LA MORTALIDAD ATRIBUIBLE AL CALOR EN ESPAÑA EN EL PERÍODO 2000-2009. Instituto de Salud Carlos III [Documento Web] URL http://repositorio.AEMET.es/bitstream/20.500.11765/1181/1/2016_MonografiaFrio_ISCIII.pdf (Acceso 30.3.17).

TERCER INFORME DE SEGUIMIENTO PNACC ENERO 2014. Oficina Española del Cambio Climático. [Documento Web] URL http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climático/publicaciones/informes/3_informe_seguimiento_pnacc_tcm7-312797.pdf (Acceso 30.3.17).

TOBÍAS, A., ARMSTRONG, B., GASPARRINI, A., DIAZ, J., 2014. Effects of high summer temperatures on mortality in 50 Spanish cities. Environ. Health Glob. Access Sci. Source 13, 48. doi:10.1186/1476-069X-13-48

TOBIAS, A., ARMSTRONG, B., ZUZA, I., GASPARRINI, A., LINARES, C., DIAZ, J., 2012. Mortality on extreme heat days using official thresholds in Spain: a multi-city time series analysis. BMC Public Health 12, 133. doi:10.1186/1471-2458-12-133

VICEDO-CABRERA, A.M., INIGUEZ, C., BARONA, C., BALLESTER, F., 2014. Exposure to elevated temperatures and risk of preterm birth in Valencia, Spain. Environ. Res. 134, 210–217. doi:10.1016/j.envres.2014.07.021

VILLALBI, J.R., VENTAYOL, I., 2016. Climate Change and Health in the Urban Context: The Experience of Barcelona. Int. J. Health Serv. 46, 389–405. doi:10.1177/0020731416643444

mundo
desertificación
temperatura
clima
Impacto
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
informe preliminar
efecto

Cambio climático y alergias polínicas

Angel Javier Moral de Gregorio
Médico Adjunto Servicio de Alergologia
Complejo Hospitalario de Toledo. Hospital Virgen del Valle (Toledo)
Presidente del Comite de Aerobiologia de la Sociedad Española de Alergologia e Inmumología Clínica

Introduccion y situacion actual

Está ampliamente aceptado que la temperatura de la Tierra está aumentando, así lo confirman el calentamiento de los océanos, el aumento del nivel del mar, la fusión de los glaciares, disminución del hielo marino en el Ártico y la disminución de la capa de nieve en el hemisferio norte. Por otra parte, los cambios se están manifestando en la cantidad, intensidad, frecuencia y tipo de precipitaciones, así como en el aumento de los fenómenos extremos, tales como las olas de calor, sequías, inundaciones y huracanes.

Como se indica en el informe reciente del Grupo de Trabajo "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC), la mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias mundiales desde la mitad del siglo XX es debido al aumento de gases de efecto invernadero. El dióxido de carbono (CO_2), además de ser el principal gas causante del efecto invernadero y calentamiento global, es también una fuente de carbono, necesaria para producir azúcares durante la fotosíntesis. Cuando las plantas se exponen a temperaturas más altas y mayores niveles de CO_2, estas crecen más vigorosamente y producen más polen (*Zyska*, 2012).

La Organización Mundial de la Salud estima que la contaminación atmosférica causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo. la contaminación atmosférica ejerce un impacto directo en el aumento de la morbi-mortalidad por infecciones respiratorias, cardiopatías, prevalencia del asma y cáncer de pulmón. Se estima que la mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera entre un 15 % y un 20 % la registrada en ciudades más limpias.

La contaminación atmosférica no solo se debe a la procedente de los combustibles (NO_2, partículas,), ozono, sino también de material biológico (pólenes y esporas).

Efectos constatados

El incremento de la temperatura podría favorecer un aumento de la exposición a los contaminantes atmosféricos, al dedicar más tiempo a la actividad al aire libre. Se ha comprobado un aumento de las visitas por crisis de asma en las urgencias hospitalarias de Castilla-La Mancha, en relación con concentraciones elevadas de pólenes de gramíneas y olivo. Las concentraciones de pólenes de gramíneas y olivo están relacionadas con factores meteorológicos como la temperatura media, las precipitaciones y la humedad relativa.

Los médicos que tratan las enfermedades alérgicas de las vías respiratorias ya están objetivando un aumento en los síntomas que se atribuyen al cambio climático. La Organización Mundial de Alergia, que comprende 97 sociedades médicas de todo el mundo, opinó que el cambio climático afecta al inicio, la duración y la intensidad de la estación polínica y además tiene junto con la polución e infecciones respiratorias un efecto sinérgico sobre las agudizaciones de asma (D´Amato, 2015).

Las alergias estacionales y el asma suponen una carga importante para los sistemas de salud, y se estima que el 10-30 % de la población mundial está aquejada por la rinitis alérgica por pólenes (fiebre del heno) y 300 millones de personas en todo el mundo están afectados por el asma. Hay indicios que sugieren que la prevalencia de la rinitis por pólenes está aumentando en muchas partes del mundo, particularmente en las

zonas urbanas. El cambio climático está contribuyendo en la difusión de las plantas de *Ambrosia,* que ha pasado en apenas 20 años de estar solo localizadas en Hungría a extenderse a media Europa, incluyendo Suiza, Alemania, Italia y Francia.

Los pólenes más importantes productores de polinosis en España, teniendo en cuenta la época de polinización son: los cipreses en enero-marzo, el abedul en abril, *Platanus hispanica* en marzo y abril, las gramíneas y olivo en abril-junio, la *Parietaria* de abril a julio y el *Chenopodium* y la *Salsola* de julio a septiembre. Por áreas geográficas, la primera causa de polinosis son las gramíneas en el Centro y Norte de la Península, el olivo en el Centro y Sur, y la *Parietaria* en las regiones costeras mediterráneas. El *Chenopodium* y la *Salsola* se encuentran en zonas con escasas precipitaciones como Aragón, Murcia y Castilla-La Mancha. Los cipreses se pueden encontrar por toda la geografía española. En España no se encuentra actualmente el polen de ambrosía, que es una causa importante de polinosis en EEUU y en Europa central.

Las principales causas de alergias por pólenes en Castilla-La Mancha se deben en orden decreciente a Poaceae (gramíneas), *Olea europaea* (olivo), Cupressaceae (ciprés y arizónica), Amarantaceae (*Salsola*, *Chenopodium*, *Atriplex*) y con menor trascendencia Platanaceae (Plátano de sombra) y Urticaceae (Parietaria).

Tras cultivar *Ambrosia* en cámaras que contenían hasta 600 ppm de CO_2 (predicción de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático para el año 2050), se encontró que tanto el tamaño de las plantas de *Ambrosia* como la producción de polen fueron aumentado en concordancia con el aumento de CO_2 (Zyska, 2000). Igualmente se comprobó que las plantas de *Ambrosia* plantadas en la ciudad de Baltimore crecieron más rápido, florecieron antes, y produjeron más polen que las cultivadas fuera de la ciudad, por aumento del calor (3,5 °C) y del CO_2 (30 %) en la ciudad.

En varios estudios en diferentes países de Europa y en EEUU se ha demostrado que los periodos de polinización de diversas especies se han alargado, por adelanto en el inicio y retraso en la finalización del periodo de polinización.

El aumento de las concentraciones de pólenes atmosféricas tiene consecuencias clínicas importantes, no solamente en cuanto al incremento en la severidad de la rinitis y asma alérgico, sino también en la prevalencia de ciudadanos sensibilizados a los pólenes. En un estudio realizado por el Comité de Aerobiología de la Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica, pudo demostrarse una correlación significativa entre los recuentos atmosféricos de pólenes de diferentes ciudades españolas y la prevalencia de sensibilización a sus diferentes tipos polínicos entre los pacientes afectos de polinosis (Pola, 2004). En Madrid se encontró una correlación entre los recuentos de pólenes de gramíneas desde 1979 a 2016, con las temperaturas medias mensuales de mayo de ese periodo (Subiza, 2016).

Alergológica 2015 es un estudio epidemiológico de referencia sobre las enfermedades alérgicas en **España, indicando que** el primer motivo de consulta alergológica es la rinoconjuntivitis en el 62 % pacientes, mientras que un estudio similar realizado en el año 2005 solo era 52%. En el año 2005 el porcentaje de rinoconjuntivitis con sensibilización a pólenes era 51,9% mientras que en el año 2015 fue de 70,8% (Alergológica 2017) .

En Alergológica 2015 se observa un incremento en España en la sensibilización a los pólenes más alergénicos, como son los de gramíneas, olivo y cupresáceas. En la Comunidad de Castilla-La Mancha debido a su flora característica entre los pacientes con rinoconjuntivitis, los alérgicos a pólenes aumentaron desde un 68,5% en 2005 a un 96,3% en 2015; sobre todo debido a las gramíneas, que pasaron de 55,6% a 86,7%, del olivo que pasó de 55,6% a 69,4 % y de las cupresáceas el 11,1% al 17,3 % (Alergológica 2017)

Las concentraciones de pólenes de gramíneas anuales en Toledo durante el periodo 1995 a 2017 tienen una tendencia al alza en los últimos 23 años, con una media de 5.333 granos/m^3 (Figura 1).

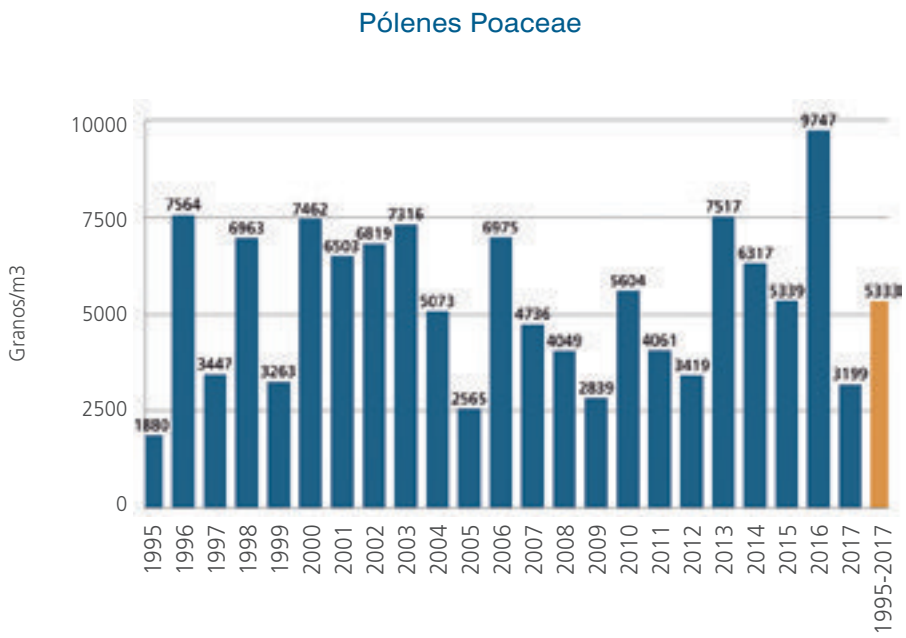


Figura 1.: Concentraciones de pólenes de gramíneas anuales en Toledo desde 1995 hasta 2017

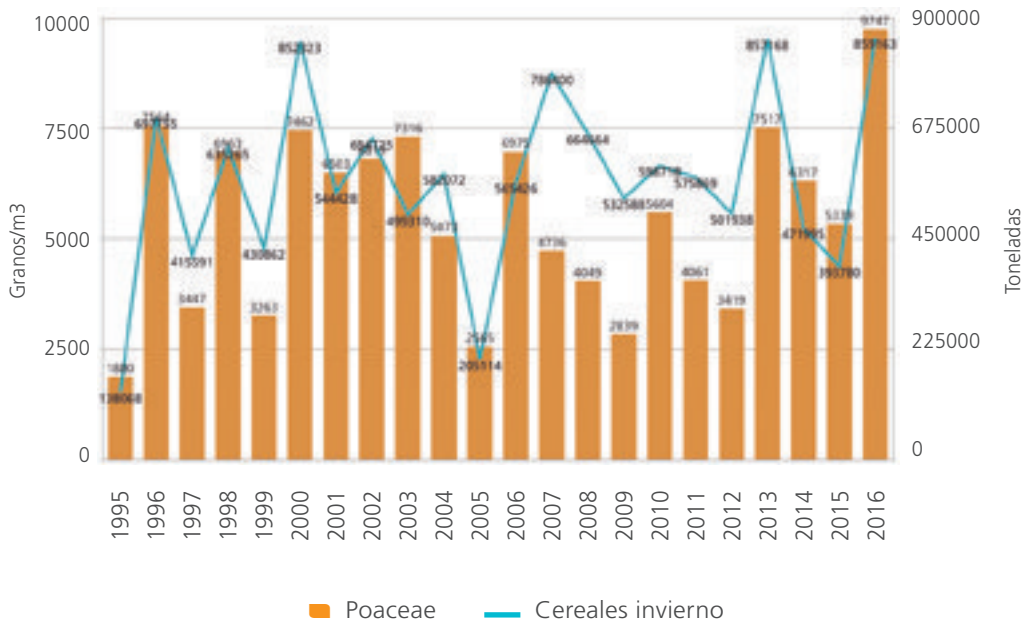


Figura 2.: Correlación entre las concentraciones de pólenes de gramíneas (Poaceae) y cosecha de cereales de invierno: cebada, avena, centeno, trigo y triticale en Toledo desde 1995 a 2016

El aumento de los niveles de CO_2 beneficiaría el aumento de producción de algunos cultivos, como los cereales de invierno, por el aumento de la fotosíntesis (*Anderson*, 2008). En Toledo las cosechas de cereales de invierno: trigo, cebada, centeno, avena y triticale desde 1995 a 2016 se correlacionan con el aumento de pólenes de gramíneas en ese mismo periodo con una correlación muy buena, de r= 0,7149 (Figura 2).

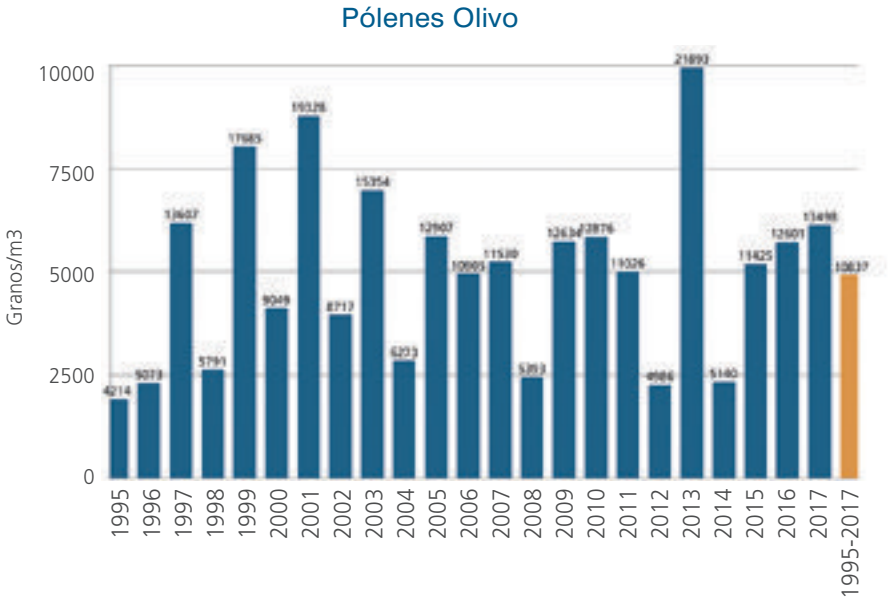


Figura 3.: Concentraciones de pólenes de Olea europaea anuales en Toledo desde 1995 hasta 2017.

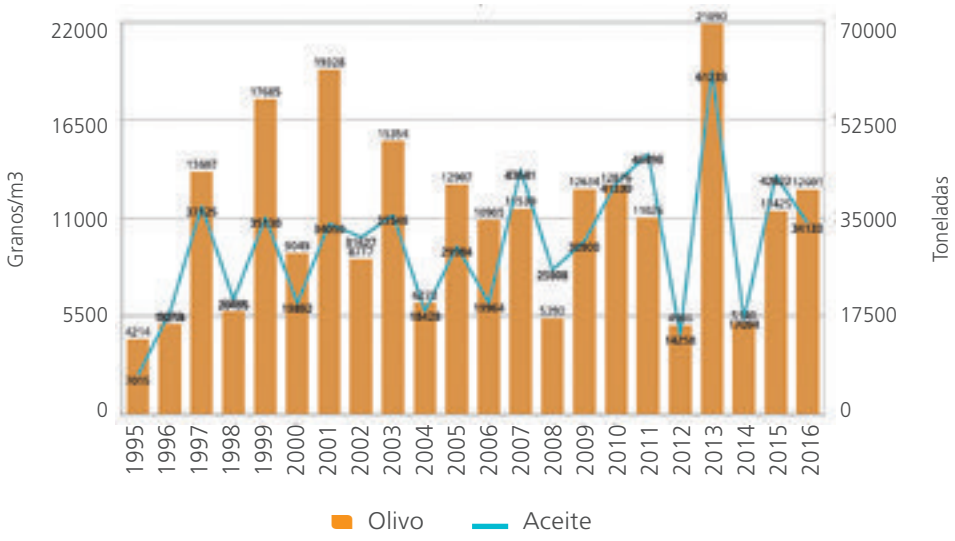


Figura 4.: Correlación entre concentraciones de pólenes de Olea europaea y producción de aceite en Toledo desde 1995 a 2016.

Las concentraciones de pólenes de olivo anuales en Toledo durante el periodo 1995 a 2017 tienen una tendencia al alza en los últimos 23 años, con una media de 10.837 granos/m^3 (Figura 3). En Toledo la producción de aceite desde 1995 a 2016 se correlaciona con el aumento de pólenes de *Olea europaea* en ese mismo periodo con una correlación muy buena, de r= 0,7851 (Figura 4).

El inicio del periodo de polinización de las gramíneas durante los años 1995 a 2017 en contra de lo esperado por el aumento de las temperaturas medias se ha retrasado, manteniéndose igual el final de la polinización, acortándose la duración de la polinización de las gramíneas (Figura 5). Sin embargo en el caso del olivo durante el mismo periodo, no se modifica ni el inicio ni el final de la polinización, persistiendo la duración de la polinización del olivo (Figura 6).

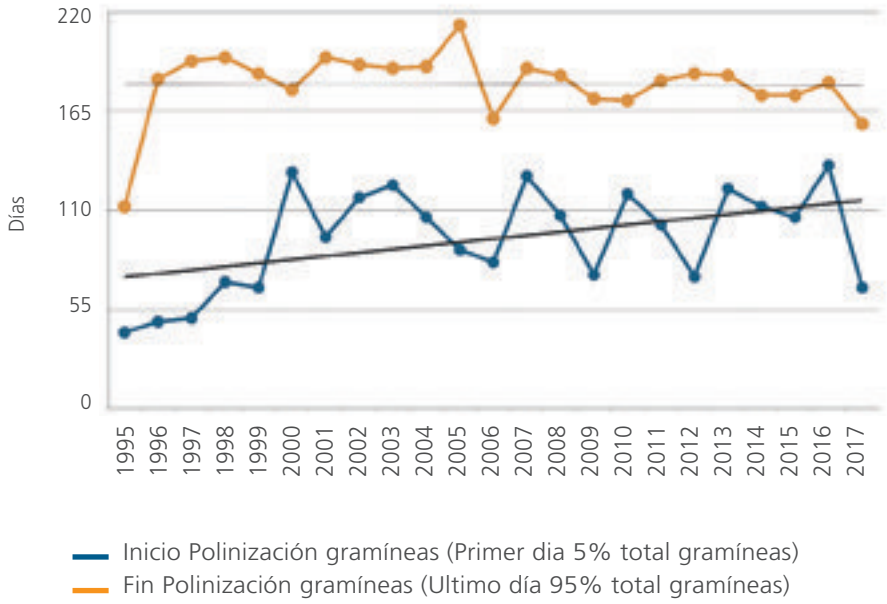


Figura 5.: Inicio y final de polinización de pólenes de gramíneas en Toledo desde 1995 a 2017

Las concentraciones de pólenes de cupresáceas anuales en Toledo durante el periodo 1994 a 2017 tuvieron una tendencia al alza, con una media de 12.320 granos/m^3 (Figura 7). Sin embargo las amarantáceas, que son pólenes a los que no les influye la sequia y soportan temperaturas elevadas, tuvieron concentraciones anuales con tendencia a la baja durante el periodo 1995 a 2017, con una media de 956 granos/m^3 (Figura 8).

El inicio y el final del periodo de polinización de las cupresáceas en Toledo durante los años 1994 a 2017 en contra de lo esperado por el aumento de las temperaturas medias, se ha retrasado, manteniéndose igual la duración de la polinización de las cupresáceas (Figura 9). Sin embargo en el caso de las amarantáceas durante el mismo periodo, no se modifica ni el inicio ni el final de la polinización, persistiendo la misma duración de la polinización de las amarantáceas (Figura 10).

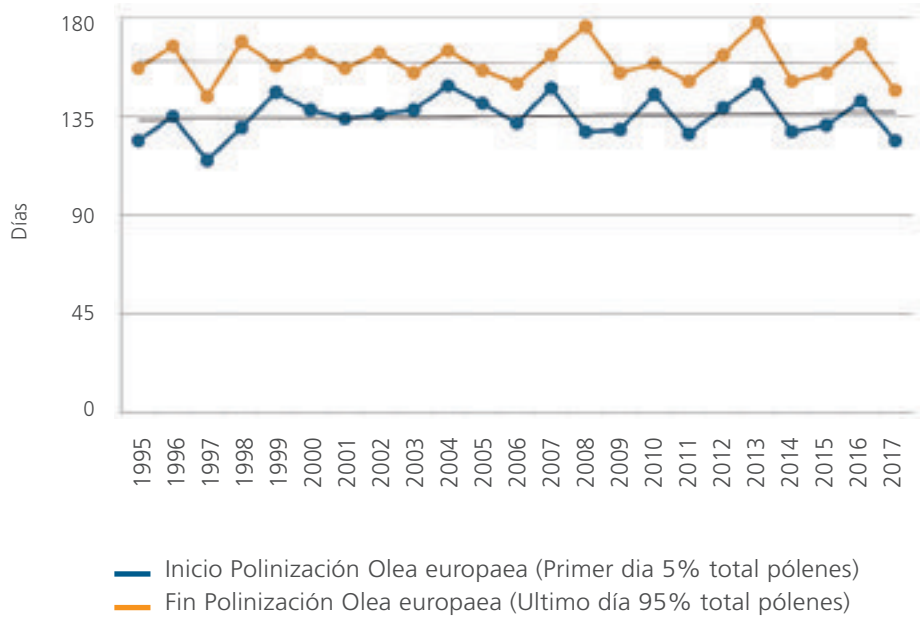


Figura 6.: Inicio y final de polinización de pólenes de Olea europaea en Toledo desde 1995 a 2017

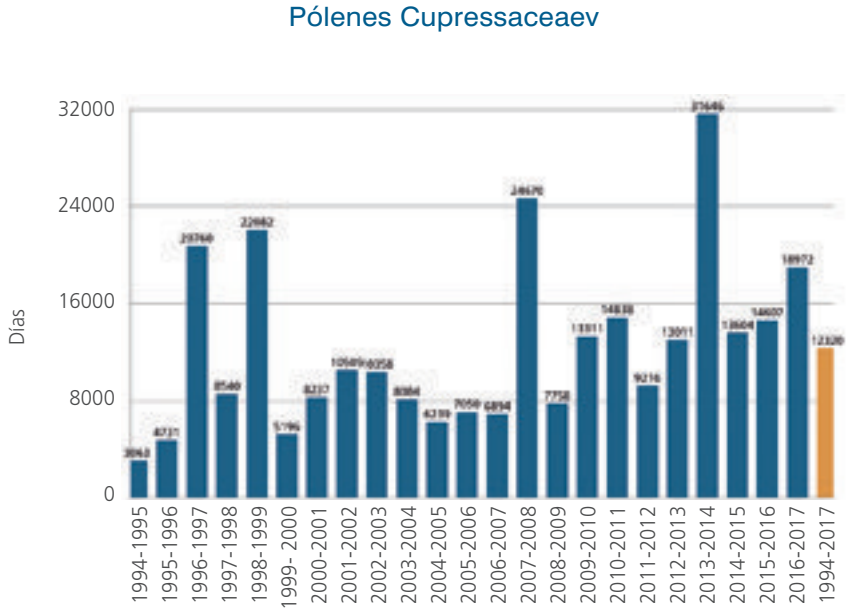


Figura 7.: Concentraciones de pólenes de Cupresáceas anuales en Toledo desde 1994 hasta 2017

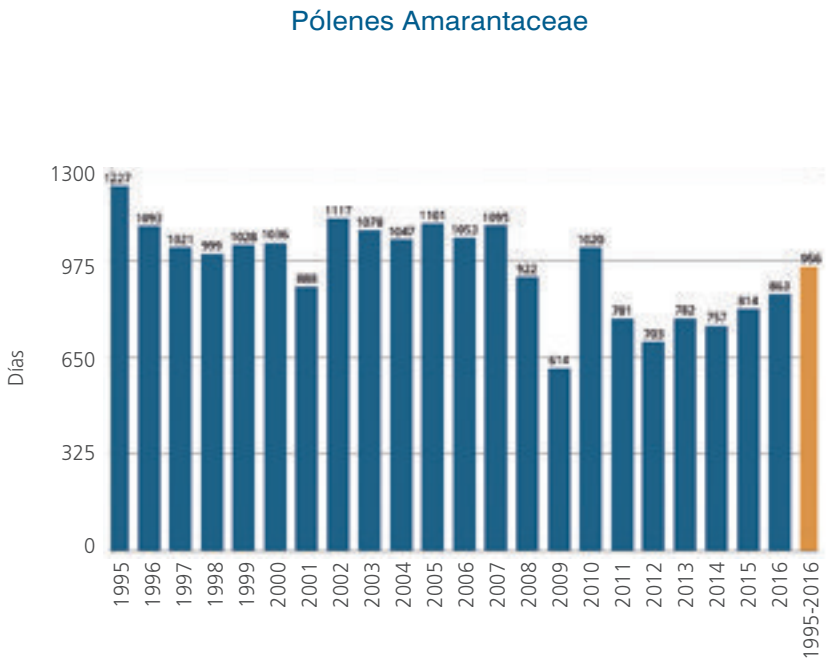


Figura 8.: Concentraciones de pólenes de Amarantáceas anuales en Toledo desde 1995 hasta 2017

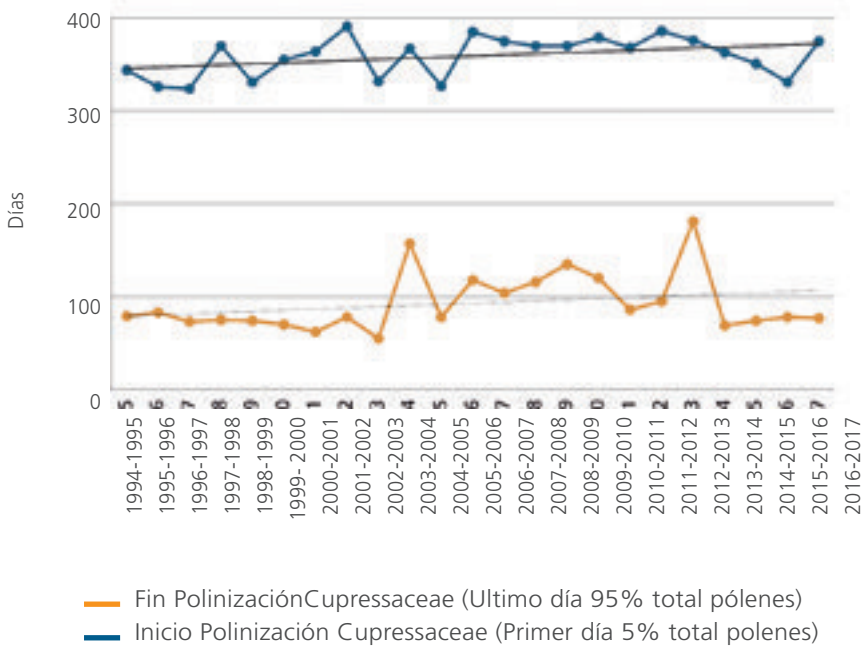


Figura 9.: Inicio y final de polinización de pólenes de Cupresaceas en Toledo desde 1994 a 2017

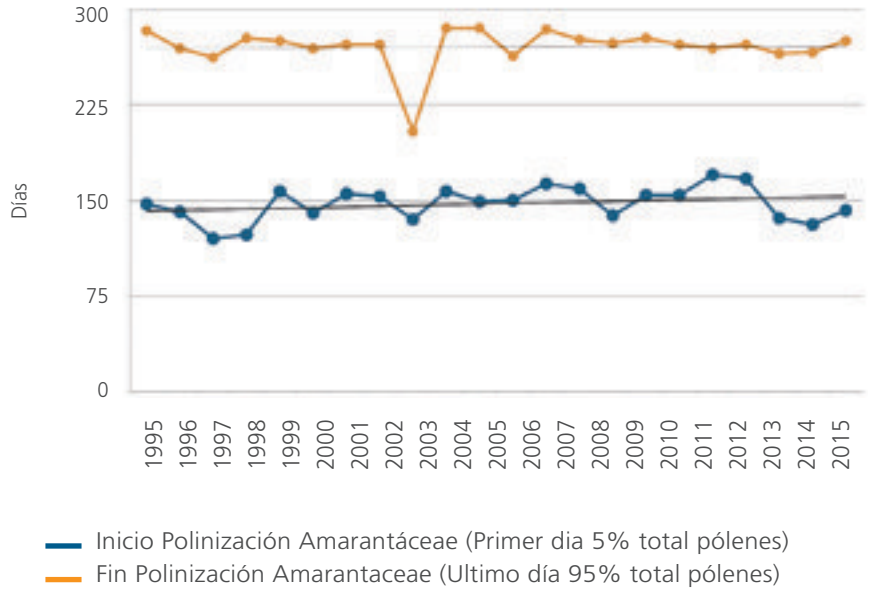


Figura 10.: Inicio y final de polinización de pólenes de Amarantáceae en Toledo desde 1995 a 2017

Prevision de futuro

Según los últimos documentos hechos públicos, Castilla-La Mancha se enfrenta a posibles aumentos de la temperatura media entre 2 y 7 °C y un descenso de precipitaciones entre el 10 y 30 % hacia finales del siglo XXI.

La concentración media anual de pólenes totales recogidos en el captador de Toledo durante los años 1994 a 2016, ha sido de 49.664 granos/m^3, y de estos un 60 % se debe a los pólenes más alergénicos: cupresáceas 12.320 granos/m^3, olivo 10.837 granos/m^3, gramíneas 5.333 granos/m^3 y amarantáceas 956 granos/m^3. Durante estos 23 años la tendencia es creciente en probable relación con el cambio climático para gramíneas, olivo y cupresáceas y solo han disminuido levemente las amarantáceas.

Solo las gramíneas y las cupresáceas han retrasado el inicio de la polinización y solo las cupresáceas retrasan su finalización en Toledo. Sin embargo la mayoría de los pólenes alergénicos en Toledo no han modificado la duración del periodo de polinización, salvo las gramíneas que lo han acortado,

Estos efectos que pueden ser perjudiciales para la salud, sin embargo podrían haber contribuido a un mayor rendimiento en las cosechas de cereales de invierno y en la producción de aceite de oliva en Toledo. Posiblemente estos efectos se pueden producir en otros cultivos, como la vid, pero no se dispone la posibilidad de medir sus pólenes a través de los captadores, por no ser anemófilos.

Será necesario aumentar la serie de datos en los próximos años para poder comprobar si estos efectos siguen manteniendo las mismas tendencias.

Soluciones. Medidas de adaptacion y mitigacion

Las medidas de mitigación de los efectos del cambio climático producirán un beneficio claro y directo sobre la salud. Así la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles disminuiría la contaminación

atmosférica, y por tanto, la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La potenciación del transporte en bicicleta, o a pie, no solo reduciría la contaminación atmosférica, sino que el aumento del ejercicio físico incidiría positivamente en el estado de salud general. Otra medida de mitigación que conllevaría una mejora de la calidad del aire sería el aumento de la protección y ampliación de bosques y zonas verdes, por disminuir el exceso de CO_2.

Además se debería realizar un control exhaustivo de la calidad del aire, controlando el incremento de contaminantes (ozono, $PM_{2,5}$, NO_2) y la concentración de aeroalérgenos (pólenes y esporas). No obstante, al ser el polen un contaminante biológico de origen natural, no puede ser regulado como otros contaminantes atmosféricos, pero si deberían establecerse estrategias como: vigilancia de aeroalérgenos potenciando las redes aerobiológicas, desarrollo de sistemas de alerta y gestión del arbolado urbano.

Se debería disminuir la plantación de especies alergénicas en ciudades como *Platanus hispanica*, olivo, cipreses y substituir las especies enfermas por otras no alergénicas.

Por otro lado se debería impulsar las investigaciones dirigidas a la protección de la salud frente a los efectos del cambio climático.

Vision del autor. Reflexion

El aumento de la aridez y la temperatura afectarán a las especies vegetales más débiles, que serán sustituidas por otras más resistentes a las nuevas condiciones climatológicas, como es el caso de las amarantáceas.

Las partículas eliminadas en la combustión de motores diésel y calefacciones en las ciudades crean un ambiente hostil a las plantas, y estas para defenderse producen proteínas de estrés, que hacen más agresivos a los pólenes de zonas contaminadas de las ciudades, que los de zonas rurales no contaminadas, ocasionando una mayor alergenicidad.

Debido a que las tormentas favorecen la rotura de los pólenes y la posterior liberación de partículas submicrónicas que contienen alérgenos, la mayor tendencia ocasionada por el cambio climático a la formación de fenómenos meteorológicos extremos como las tormentas, facilitaría la aparición de epidemias de asma alérgico.

El aumento en las temperaturas y en los niveles de CO_2 producirá cambios en la fenología de las plantas, con modificaciones en la duración de la floración, lo que ocasionará un aumento de la exposición a los pólenes. A esto se suma el aumento en la producción de pólenes por los gases con efecto invernadero y el aumento de la alergenicidad en los pólenes por la contaminación, junto a la proliferación de especies invasoras alergénicas.

En conclusión el cambio climático podría provocar efectos negativos importantes sobre la salud, en los alérgicos a pólenes en las próximas décadas. Pero a la vez puede tener consecuencias positivas para el rendimiento de algunas cosechas.

Bibliografia

ALERGOLOGICA 2015. ISBN 978-84-88014-41-2. MADRID (2017). Depósito legal M17641-2017.

ANDERSON J, ARBLASTER K, BARTLEY J, COOPER T, KETTUNEN M, KAPHENGST T, & AL. 2008, Climate Change-Induced Water Stress and its Impact Natural and Managed Ecosystems, European Parliament, Bruselas

D´AMATO G, HOLGATE ST, PAWANKAR R, LEDFORD DK, CECCHI L, AL-AHMAD M ET AL. (2015),Meterological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. World Allergy Organ J 8:25, doi: 10.1186/s40413-015-0073-0.

POLA J, SUBIZA J, ZAPATA C, MORAL A, FEO F (2009). Correlaction between total annual atmospheric pollen counts for Chenopodiaceae-Amarantaceae and the prevalence of positive skin prick tests to Chenopodium and/or Salsola pollen extracts: a multicenter study. J Investig Allergol Clin Immunol 19 : 73-74.

SUBIZA J, NARGANES MJ, CRACIUNESCO C, KILIMAJER J. Grass pollen counts in Madrid during 37 years. Changes in the tendencies of the total monthly concentration in May and June. Allergy (abstract) 2016 EAACI VIENA Avalaible:htpp://www.clinicasubiza.com/LinkClick,aspx?fileticket=sPmEEPklNw%3d&tabid =373&language=es-ES.

ZISKA LH, CAULFIELD FA. Rising CO_2 and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisifolia* L.), a known allergy-inducing species: implications for public health. Aust J Plant Physiol 27(10):893-898 (2000), doi:10.1071/PP00032.

ZISKA LH, BEGGS PJ (2012). Anthropogenic climate change and allergen exposure: the role of plant biology. J Allergy Clin Immunol 129:27-32, doi: 10.1016/j.jaci.2011.10.032.

mundo
calor
Castilla-La Mancha
cambio climático
sequía
superficie
planeta
ecosi
parámetros
precipitac
Impa
desertificación

Capítulo 6

Sociedad y cambio climático en Castilla-La Mancha

La percepción de cambio climático en la región

Laura Miguel Calleja
GEOCyL Consultoría

Durante los meses de Junio y Agosto de 2017 y con la finalidad de conocer la percepción que los habitantes de Castilla-La Mancha tienen sobre el cambio climático y su impacto, se han realizado más de 500 encuestas, cuyo resultado se analizará a continuación.

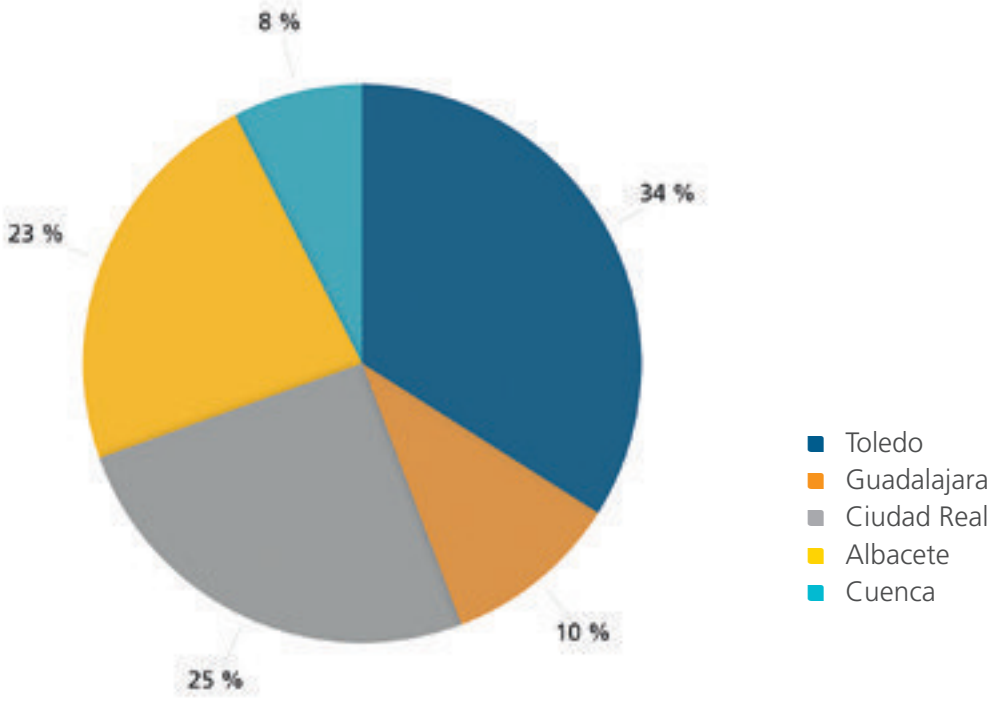
El perfil de los encuestados es muy variopinto. Se han obtenido resultados de todas las provincias, aunque como puede verse en el gráfico, destacan Toledo, que corresponde con el 34% de las respuestas y Ciudad Real, con un 25%, seguido de cerca por Albacete con un 23% y finalmente Guadalajara y Cuenca con un 10% y un 8% respectivamente.

Respecto a la edad, el rango va entre los 13 y los 72 años. Aunque la mayoría de los resultados se encuentran entre los 36 y los 50 años; teniendo entre 36 y 40 años los que más han respondido.

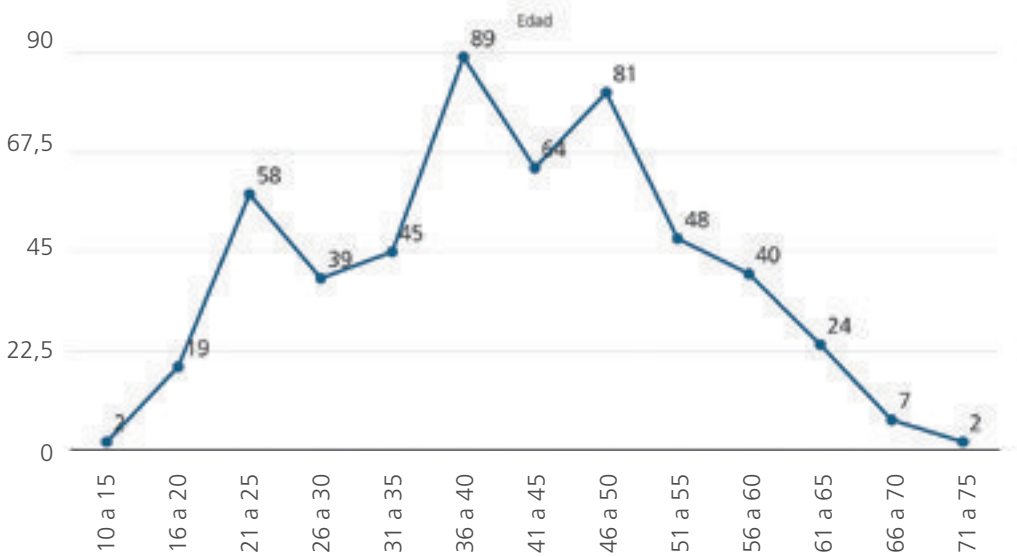
Algo muy importante también a tener en cuenta es el nivel de estudios y su profesión. Ya que de esto depende el conocimiento y el entendimiento que puedan tener del concepto cambio climático y sus impactos, y por lo tanto de su percepción.

Todas las personas que han realizado la encuesta tienen estudios, el 11% dispone de estudios primarios, secundarios o enseñanzas profesionales de 2º grado, el 18% tiene bachillerato o enseñanzas profesionales superiores, y el 71% restante posee de estudios universitarios o equivalentes.

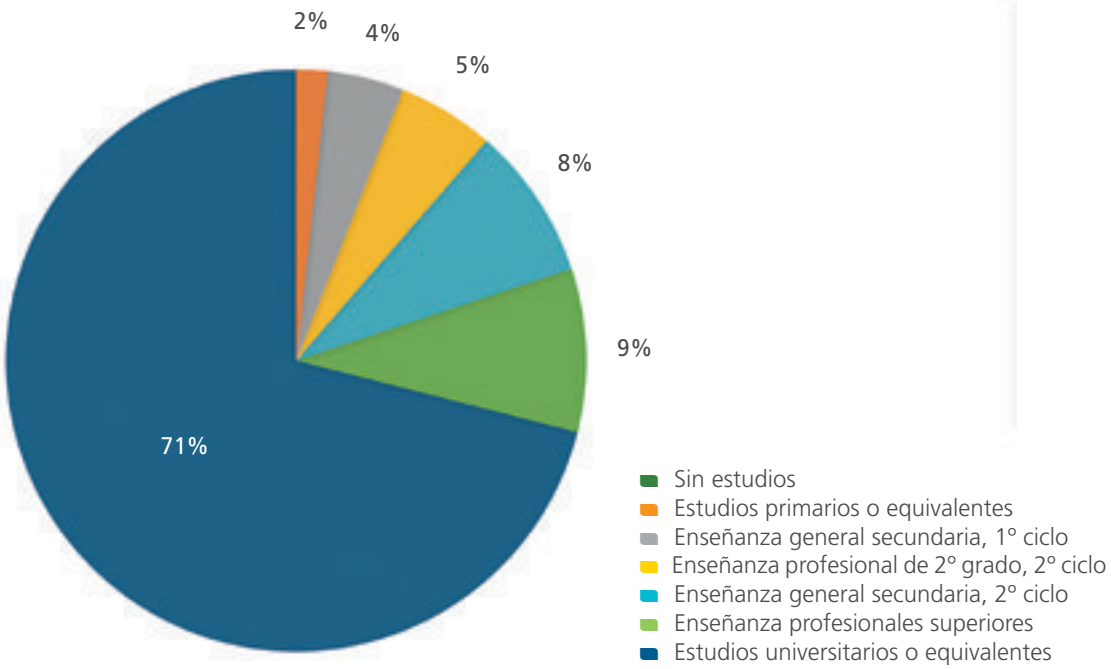
Provincia a la que pertenecen el total de los encuestados



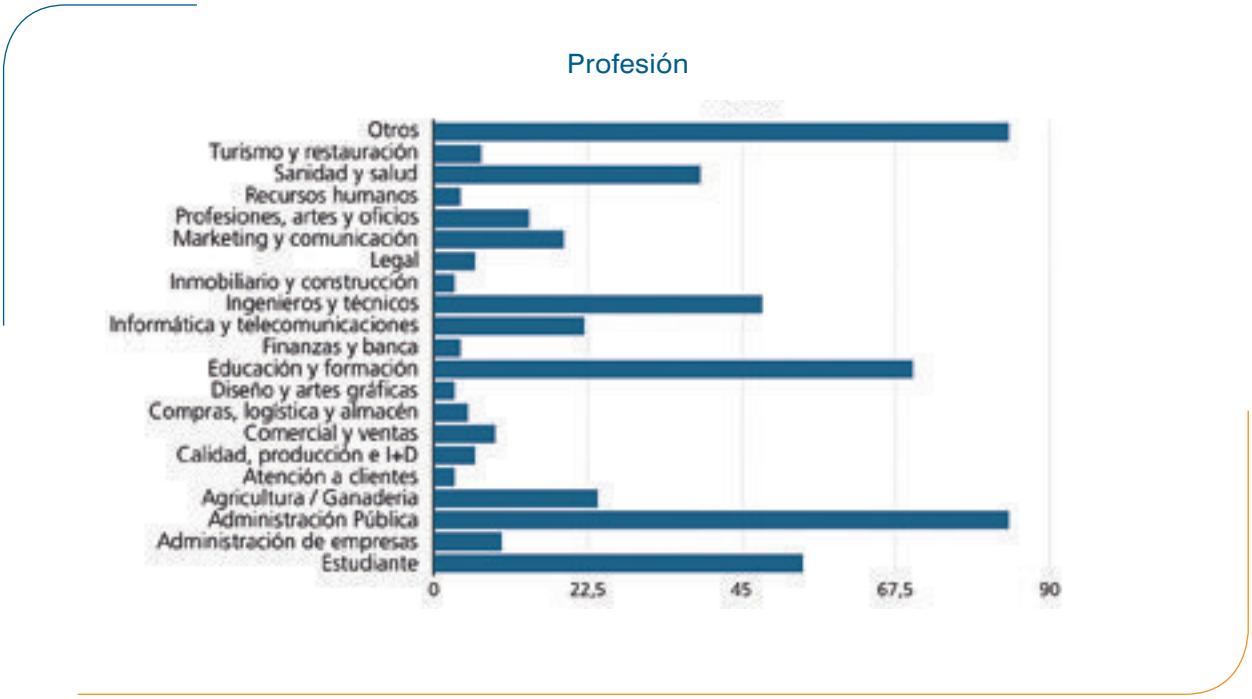
Edad de los encuestados



Nivel de estudios



Analizando su profesión, la mayoría de ellos trabajan en la administración pública, seguida de la educación, los estudiantes, ingenieros y trabajadores sanitarios. También, aunque en menor cantidad, hay personas que trabajan en los sectores de la agricultura / ganadería, el turismo y la restauración, marketing y ventas, informática, logística, finanzas, atención al cliente, etc.



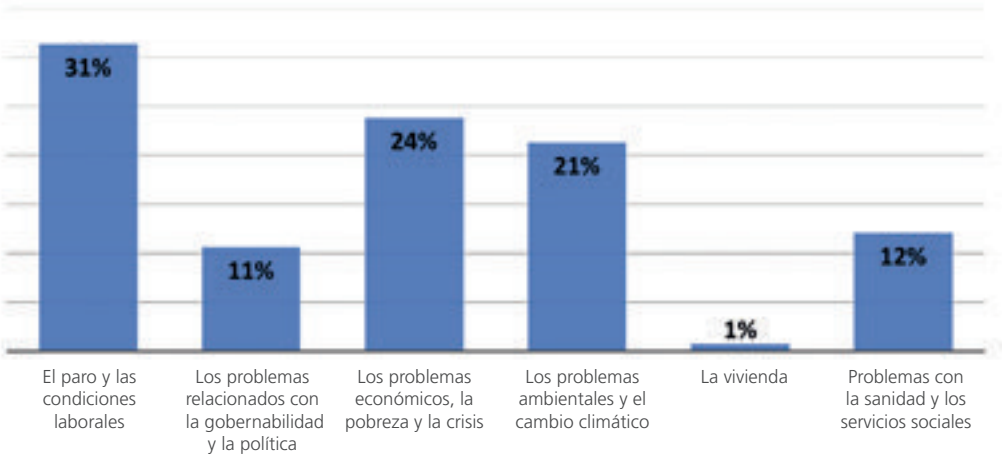
Para conocer la situación actual de la región, preguntamos a los castellano-manchegos, cuáles creen que son los dos problemas que más afectan en la actualidad a su Comunidad Autónoma, los resultados obtenidos son los siguientes: el paro y las condiciones laborales (31%), los problemas económicos, la pobreza y la crisis (24%), ocupan los primeros puestos, mientras que los problemas ambientales y el cambio climático (21%) quedan relegados al tercer lugar.

Respecto a los problemas locales, en todas las provincias se mantienen los mismos puestos que en la Comunidad Autónoma, a excepción de Guadalajara, donde los problemas ambientales superan a los problemas económicos, la pobreza y la crisis, aunque solo lo hace en un 2%.

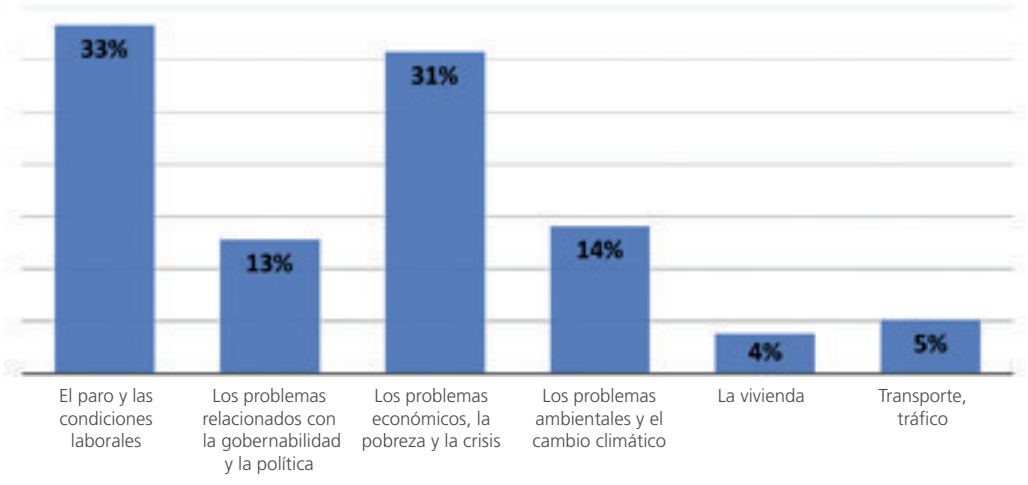
Los problemas que menos afectan, tanto a la Comunidad Autónoma como a las localidades son la vivienda, el transporte y el tráfico, aunque este último vuelve a destacar en Guadalajara. Las localidades que menos se ven afectadas por los problemas ambientales y el cambio climático son, Cuenca y Albacete

A pesar de que el cambio climático ha quedado relegado al tercer puesto entre todas las problemáticas que afectan a comunidad y localidad; a la pregunta, ¿en que medida considera usted que el cambio climático es un problema grave en la actualidad en su región/localidad? El 51% de las respuestas manifiestan que este es un problema muy grave, y el 37% dice ser bastante grave; mientras que solo un 10% cree que hoy en día el cambio climático no tiene gravedad, y el 2% que no es un problema.

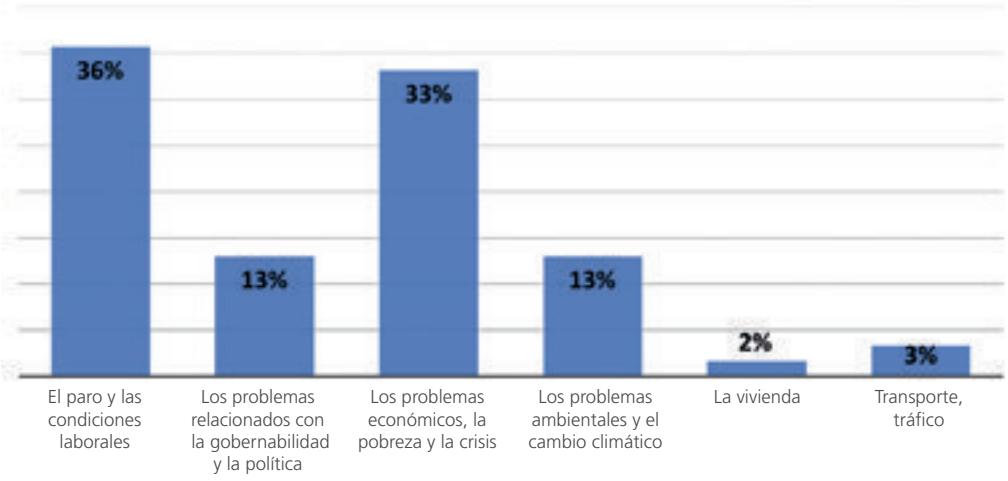
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su Comunidad Autónoma



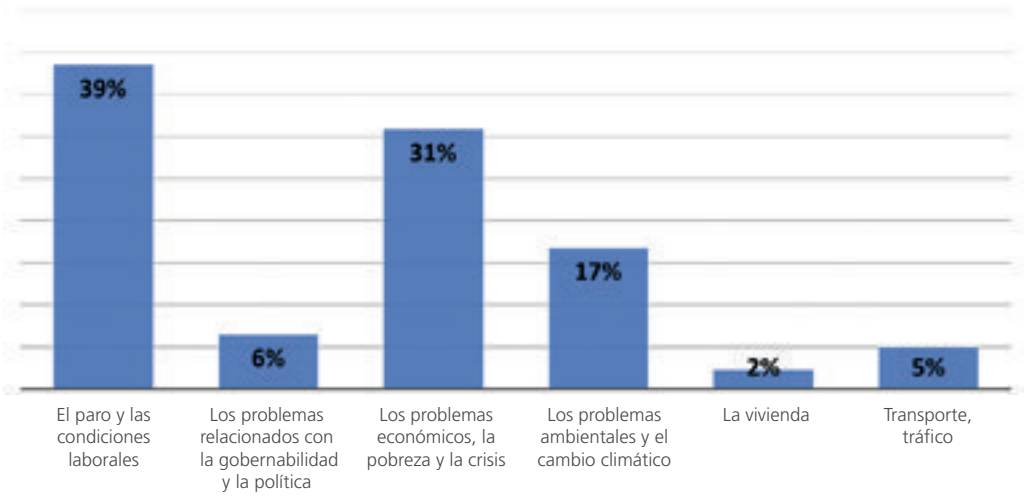
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Cuenca



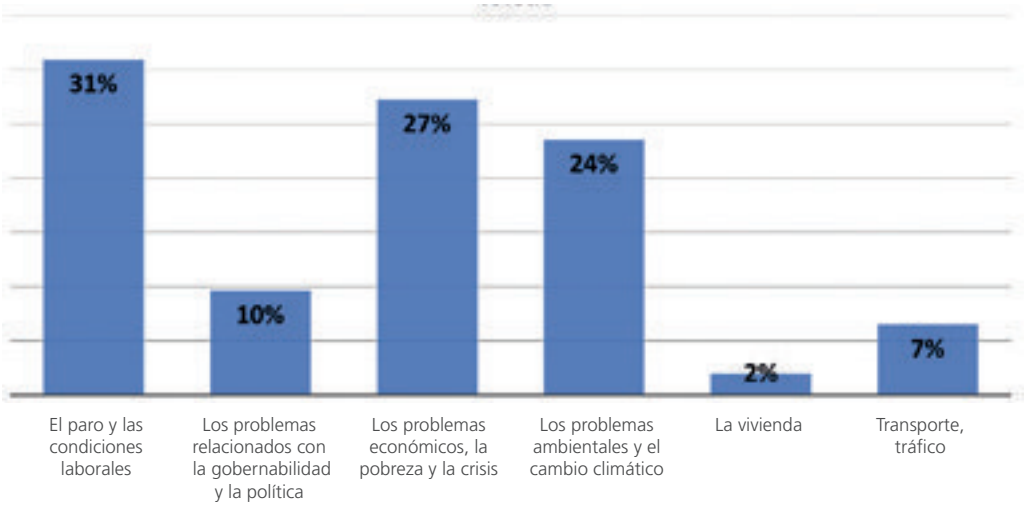
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Albacete



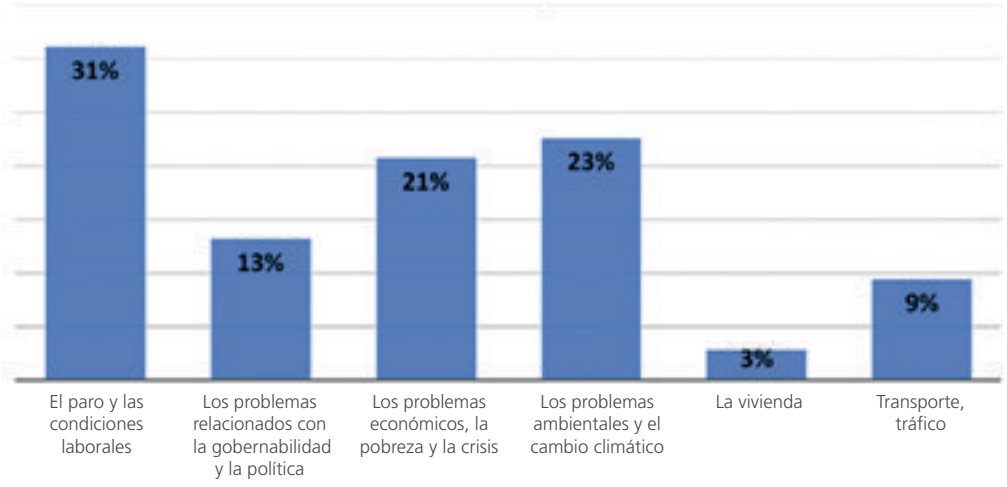
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Ciudad Real



Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Toledo



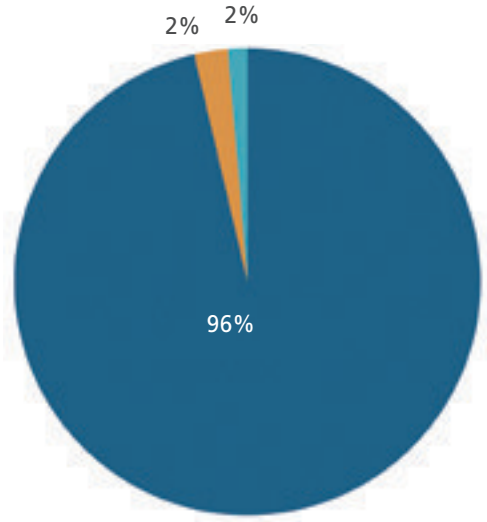
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Guadalajara



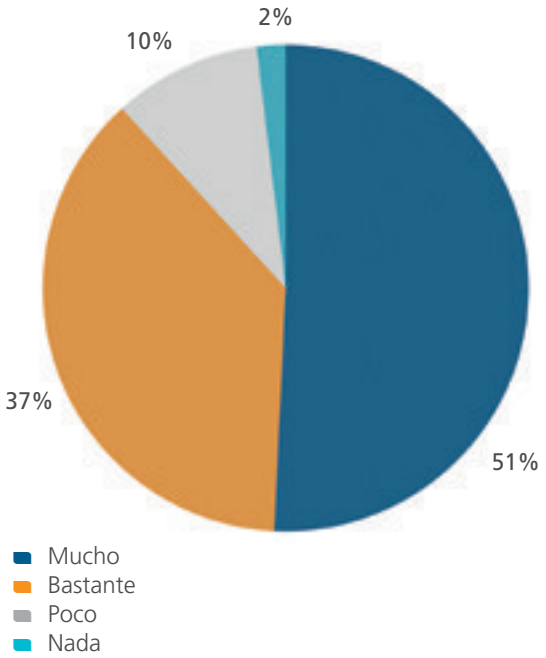
Se deduce, por tanto, que la mayoría de los encuestados acepta la existencia del cambio climático, es más, el 96% opina que el cambio climático está ocurriendo y tan solo un 2% cree que no; el 2% restante indica no sabe / no contesta.

Respecto a cuándo empezará el cambio climático a tener consecuencias, el 91% manifiesta que este ya tiene consecuencias, un 2% dice que en 5 años, un 3% en 10 años, un 1% en 25 años y el 2% restante cree que hasta dentro de 50 años, el cambio climático no tendrá consecuencias en la región.

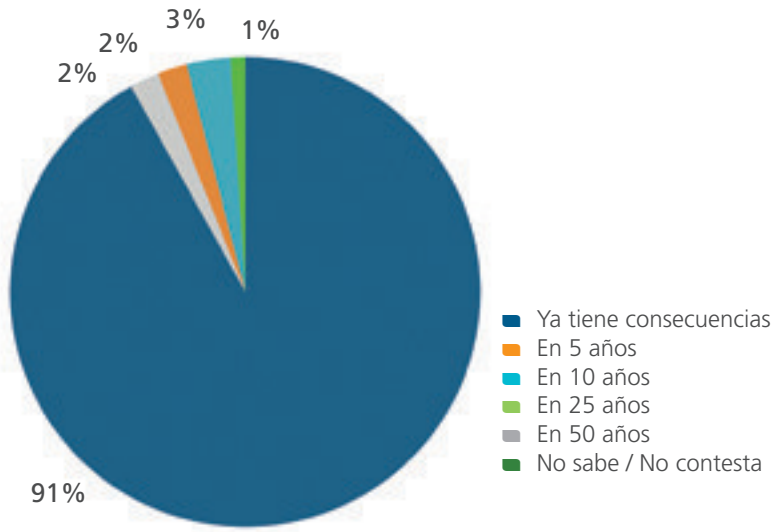
¿Piensa usted que el cambio climático está ocurriendo o no está ocurriendo?



¿En qué medida considera usted que el cambio climático es un problema grave en la actualidad en su región/localidad?



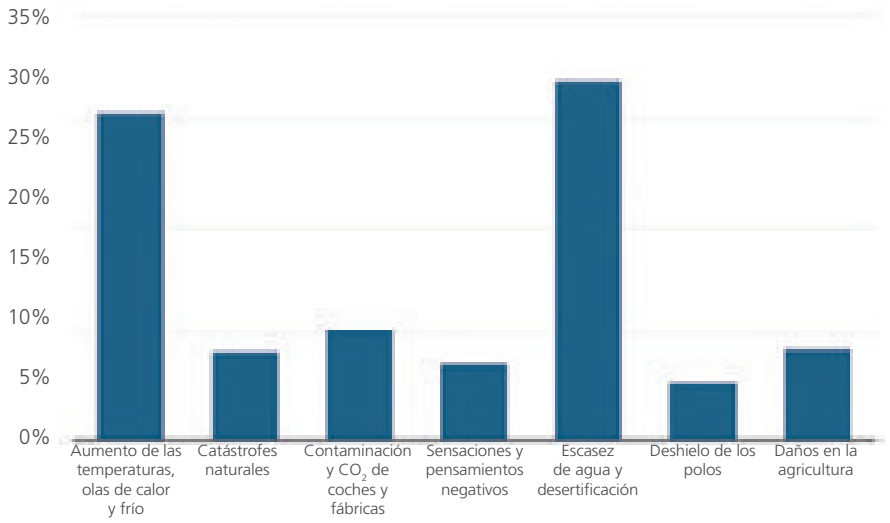
¿Cuándo cree usted que el cambio climático empezará a tener consecuencias en la región?



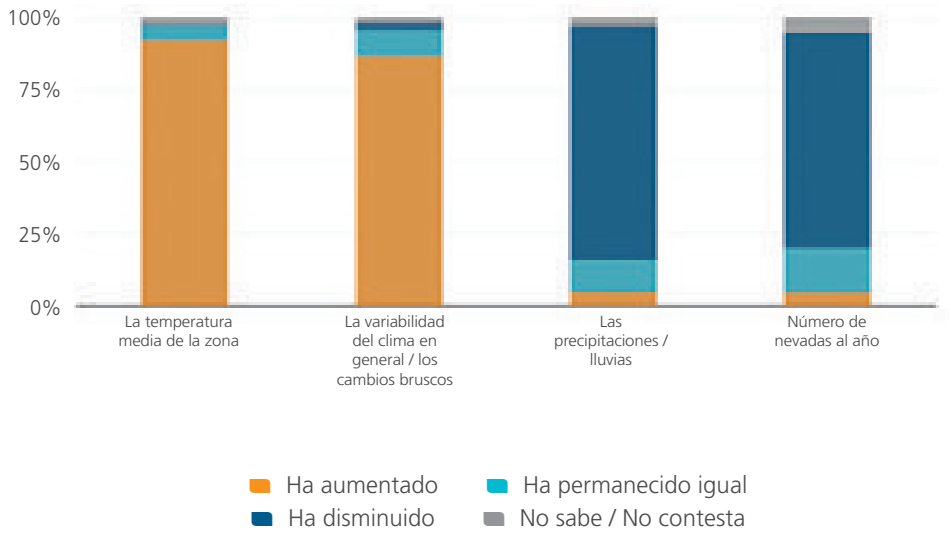
Pero, ¿qué entienden los castellano-manchegos que es el cambio climático?, ¿cuáles son sus consecuencias?; para conocer su opinión, se les pregunta cuales son los dos primeros pensamientos o imágenes que tienen al escuchar el término "cambio climático".

Las dos respuestas que destacan de manera inequívoca sobre las demás son: "Escasez de agua y desertificación", con un 33% de las respuestas; y "aumento de las temperaturas, olas de calor y frío", con un 30%; el 37% restante se reparte en, "contaminación y CO^2 de coches y fábricas" (10%), "daños en la agricultura" (8%), "catástrofes naturales" (8%), "sensaciones y pensamientos negativos" (7%) y "deshielo de los polos" (5%). Por lo tanto, se puede decir que según los castellano-manchegos, el cambio climático se manifiesta con la escasez de agua y la desertificación, y el aumento de episodios de temperaturas extremas.

Indique los dos primeros pensamientos o imágenes que tenga cuando escucha el término cambio climático



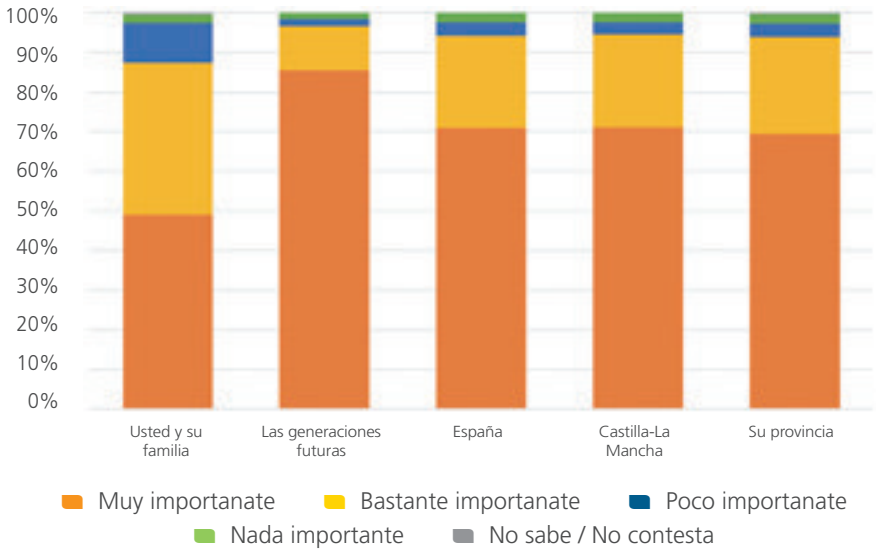
De la serie de fenómenos relacionados con el clima, y pensando específicamente en la región en la que vive actualmente, ¿Diría usted que en los últimos 30 años cada uno de ellos ha aumentado, ha disminuido o ha permanecido igual?



Como ya se ha mostrado anteriormente, la mayoría de los encuestados piensa que el cambio climático está ocurriendo en la actualidad, pero, ¿qué perspectiva se tiene de los últimos años?, ¿desde cuándo se tiene constancia de los cambios que se están generando en el medio?; a la pregunta, ¿diría usted que en los últimos 30 años cada uno de los siguientes fenómenos ha aumentado, ha disminuido o ha permanecido igual en la provincia donde reside? los castellano-manchegos lo tienen claro; Entre el 80% y el 90% dice que la temperatura media de su región y la variabilidad del clima / cambios bruscos han aumentado, mientras que las precipitaciones y el número de nevadas al año, han disminuido. Apenas entre 10 y el 20% han manifestado que estos hechos se han mantenido igual, y solo un 1 o 2 % dice no sabe / no contesta.

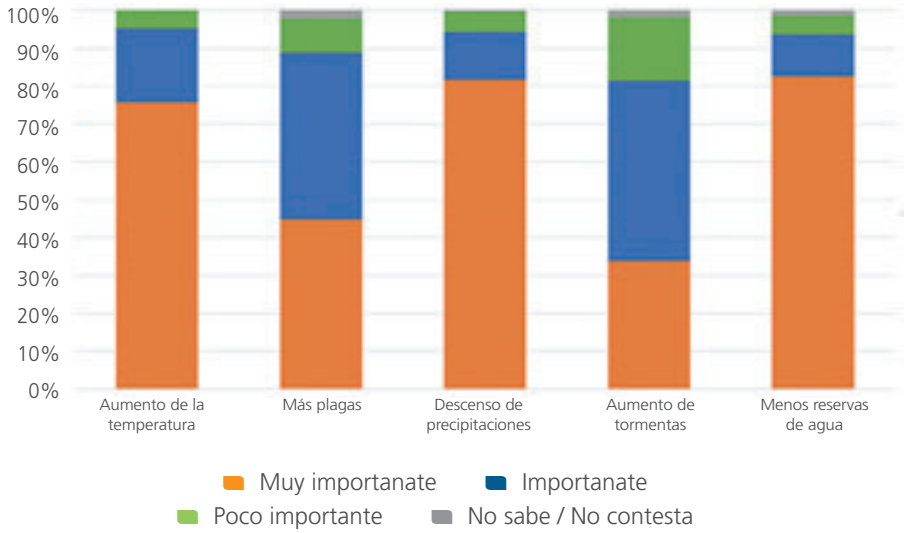
Además, a la pregunta ¿Qué grado de importancia tiene para usted el problema del calentamiento global en los siguientes escenarios? Revelan la preocupación por las consecuencias que tiene sobre todo en las generaciones futuras, seguido de Castilla- La Mancha, España, su provincia, y en menor medida, aunque también bastante importante, su persona y su familia. Algo que resulta un tanto paradójico, ya que exponen que el cambio climático está ocurriendo en la actualidad e incluso detallan graves problemas que han evolucionado en los últimos 30 años, pero el grado de importancia del problema y su afección personal no es el que más preocupa. ¿Creen entonces que el cambio climático está ocurriendo, pero lo ven como algo que evoluciona lentamente o ajeno a su persona?

¿Qué grado de importancia tiene para usted el problema del calentamiento global en los siguientes escenarios



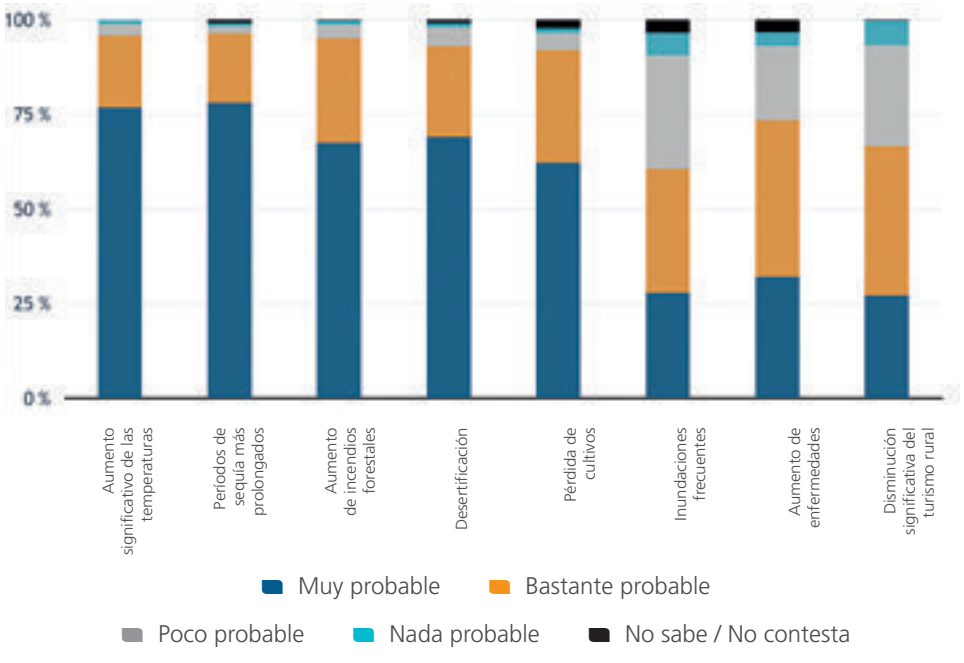
Entonces, si el cambio climático no tiene demasiada transcendencia para su persona, ¿qué importancia les dan a los efectos que puede conllevar?; vuelven a caer en una paradoja, y es que, según los encuestados, el descenso de precipitaciones y consecuentemente el descenso de las reservas de agua son los efectos de mayor importancia, seguido por el aumento de la temperatura. En menor medida, pero también importante, señalan el aumento de las plagas y de las tormentas. Solo un 8% del total de las respuestas obtenidas dicen que estos efectos son poco importantes y un 1% no sabe / no contesta.

De los efectos del cambio climático que se enumeran a continuación, indique cuál cree que es su nivel de importancia



Dejando a un lado el pasado y la actualidad, y buscando la percepción que tienen del futuro, se pregunta, ¿En que medida cree que en los próximos 30 años es probable o no que ocurran efectos debido al cambio climático?, las respuestas obtenidas siguen la evolución de los efectos visibles que según los encuestados se han dado en Castilla-La Mancha en los últimos treinta años.

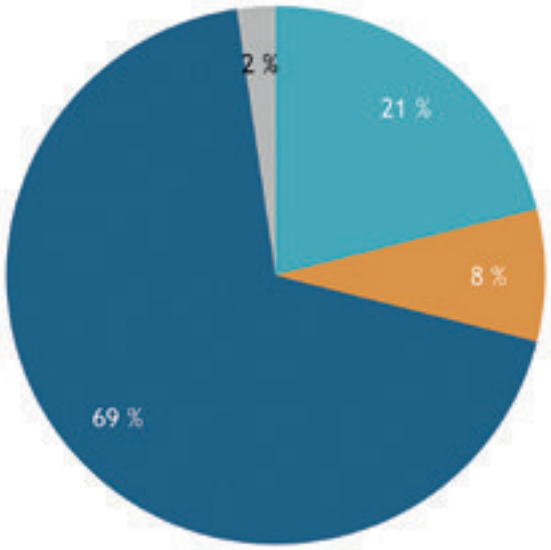
Pensando específicamente en Castilla-La Mancha, ¿En qué medida cree usted que en los próximos 30 o más años es probable o no que ocurran los siguientes efectos debido al cambio climático?



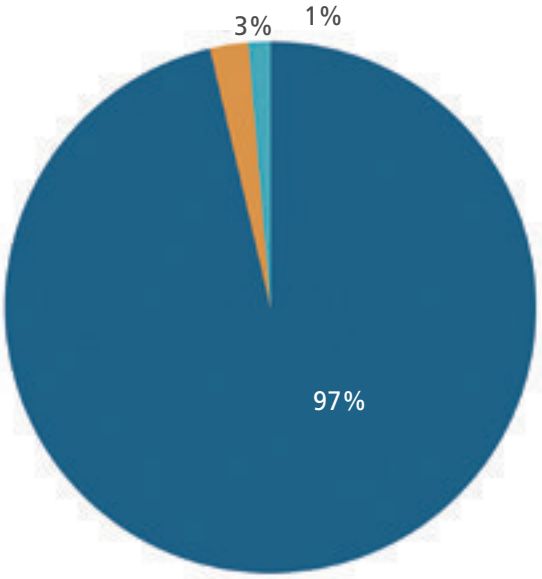
El que más probabilidad tiene de ocurrir son, los períodos prolongados de sequía y el aumento significativo de las temperaturas; seguido de la desertificación, causada en gran medida por el aumento de los incendios forestales, y la consecuente pérdida de cultivos. En menor medida, situándose entre bastante probable y poco probable, se encuentran las inundaciones frecuentes, el aumento de enfermedades y la disminución significativa del turismo rural.

Con estas respuestas, se puede decir que, según los castellano-manchegos, en un futuro próximo el cambio climático provocará un aumento de las temperaturas, y un descenso de las lluvias, lo que provocará grandes sequías, que favorecerán la pérdida de cultivos, los incendios y la desertificación, comenzando un círculo difícil de atajar.

Aumentarán los incendios forestales debido a…



¿Provocará el cambio climático problemas de agua en Castilla-La Mancha?



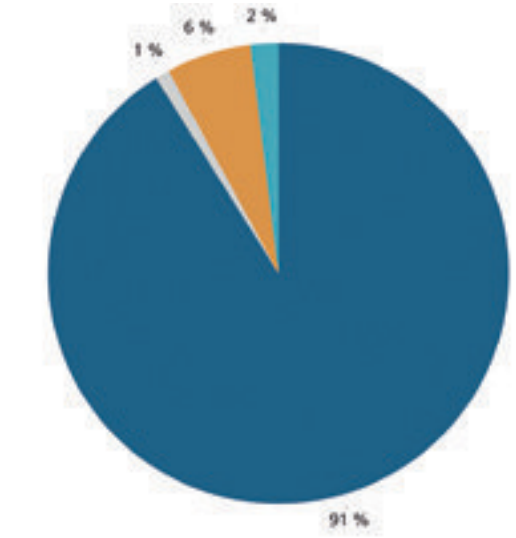
Debido a estos efectos, es de importancia analizar la opinión que tienen sobre el aumento de los incendios y la situación del agua; dicen que, el aumento de incendios forestales será causado sobre todo por la unión del cambio climático y los pirómanos / negligencias con un 69% de las respuestas, seguido del cambio climático 21% y la acción única de los pirómanos / negligencias 8%. Además, manifiestan con un 97% de respuestas positivas que Castilla-La Mancha se verá afectada por problemas de agua, siendo solo el 3% de las respuestas negativas.

Además, la comunidad de Castilla-La Mancha, se caracteriza por su gran superficie agrícola y natural, lo que hace de ella una zona muy vulnerable al cambio climático, tal y como se refleja en el gráfico.

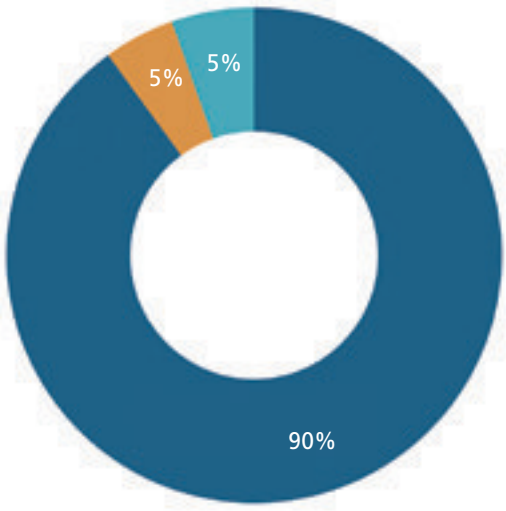
Debido a la gran importancia que el sector agrícola y ganadero tienen en esta comunidad, se debe analizar la percepción del cambio climático y sus efectos en ellos, dando mayor relevancia a las respuestas de las personas dedicadas profesionalmente a estos sectores ya que son los que viven directamente estas consecuencias.

A la pregunta, ¿piensa que se han producido daños en el medio ambiente de Castilla-La Mancha, en la agricultura y en la ganadería debido al cambio climático? Tanto encuestados en general, como los profesionales del sector tienen claro que sí, con un 90% y un 92% respectivamente.

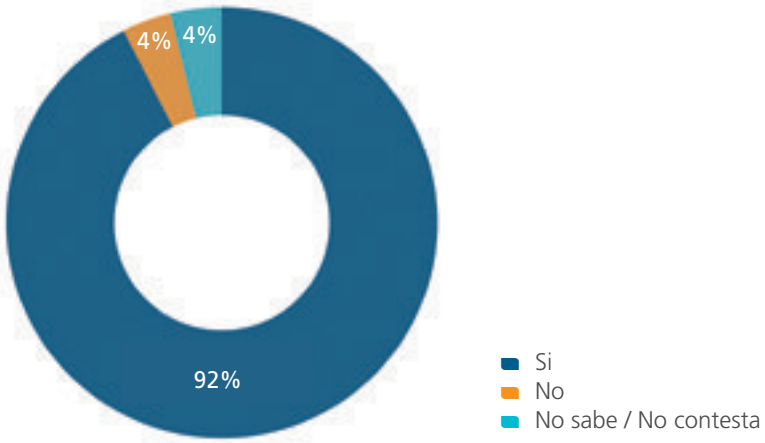
Debido a la gran superficie agrícola y natural que tenemos en Castilla-La Mancha, cree que es una comunidad autónoma



¿piensa que se han producido daños en el medio ambiente de Castilla-La Mancha, en la agricultura y en la ganadería debido al cambio climático?



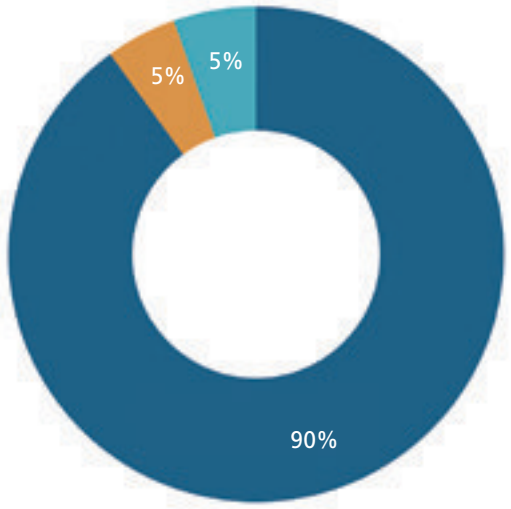
¿piensa que se han producido daños en el medio ambiente de Castilla-La Mancha, en la agricultura y en la ganadería debido al cambio climático?
Respuesta de profesionales agricultores / ganaderos



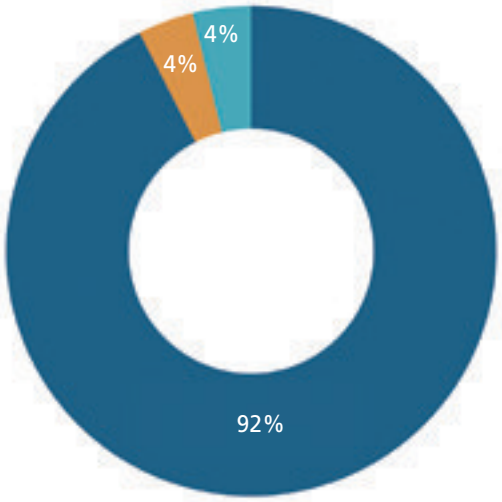
Más concretamente y respecto a los productos tradicionales de la comunidad, como la miel, la berenjena, los ajos, el vino o el olivo, el 90% cree que el cambio climático sí que tendrá efectos sobre ellos, ya que necesitan situaciones climáticas muy concretas para su correcta formación y cualquier cambio supone una alteración para su desarrollo.

Sobre el precio de los productos, el 92% de los encuestados opinan que este podría aumentar si el cambio climático provocara daños en la agricultura, como por ejemplo aumento de las sequías, hechos que perjudicarían gravemente a los cultivos; igualmente piensan los profesionales del sector con un 79% de las respuestas positivas, aunque las respuestas negativas (21%) aumentan con respecto al total.

¿Tendrá el cambio climático efectos en productos agrícolas tradicionales de Castilla-La Mancha como la miel, la berenjena, los ajos, el vino o el olivo?



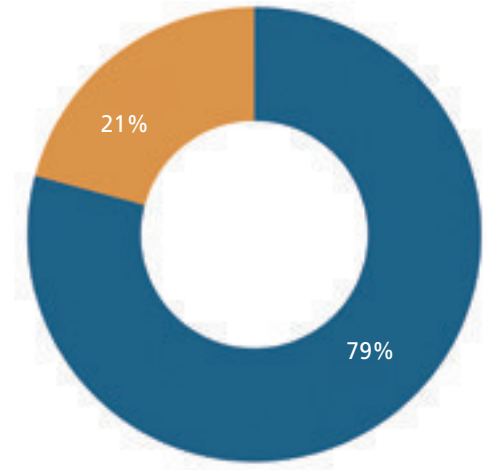
¿Se podrían encarecer los precios de los productos si el clima cambiara provocando daños en la agricultura?



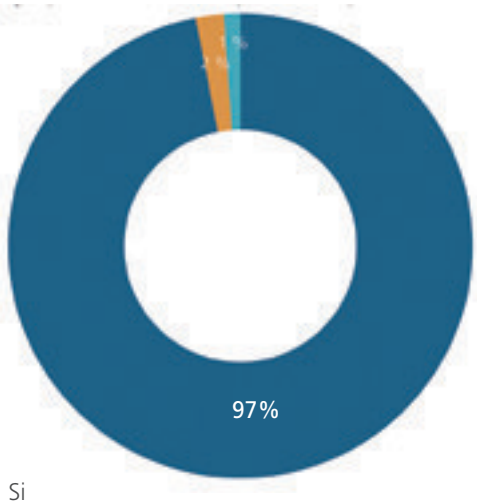
Castilla-La Mancha es región con gran cantidad de espacios naturales, por lo que estos también podrían verse afectados por el cambio climático, el 97% de las personas encuestadas afirman que podrían verse dañados. En este caso, los ganaderos y agricultores vuelven a estar de acuerdo con la respuesta del total de encuestados.

Como ya se ha demostrado con anterioridad, los castellano-manchegos creen que el cambio climático es una realidad que ya ha llegado y cuyos efectos ya son visibles en el medio, incluidas todas las regiones de Castilla-La Mancha; y que, además, sus efectos no harán más que aumentar, causando graves problemas en los cultivos, y afectando al bienestar y a la salud de los seres humanos; poniendo en una situación comprometida a las generaciones futuras.

¿Se podrían encarecer los precios de los productos si el clima cambiara provocando daños en la agricultura?

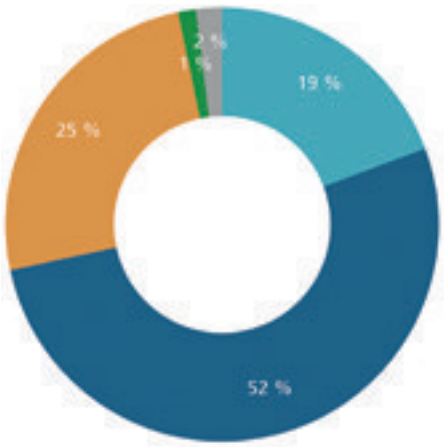


¿Los espacios naturales de Castilla-La Mancha podrían verse dañados por el cambio climático?

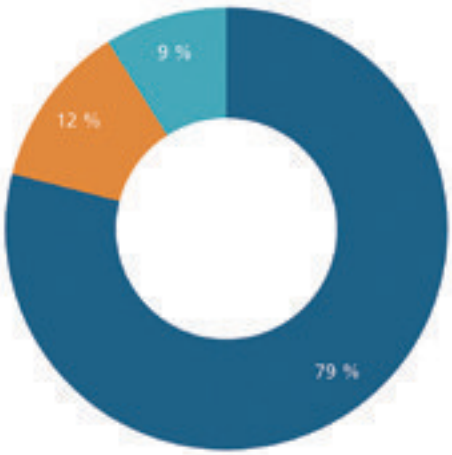


Una vez conocida la percepción de los efectos del cambio climático pasada, actual y futura, se pregunta, ¿pueden estos efectos reducirse?, ¿puede la tecnología reducirlos? El 19% de los encuestados dice ser muy posible la reducción de los efectos, 52% dice ser bastante posible, mientras que el 25% cree que es poco posible. Con respecto a la tecnología, el 79% dice que, si puede reducirlos, siéndolo solo el 9% los que creen que no puede, mientras que el 12% restante dice no sabe / no contesta.

¿En qué medida cree usted que es o no posible reducir los efectos del cambio climático?

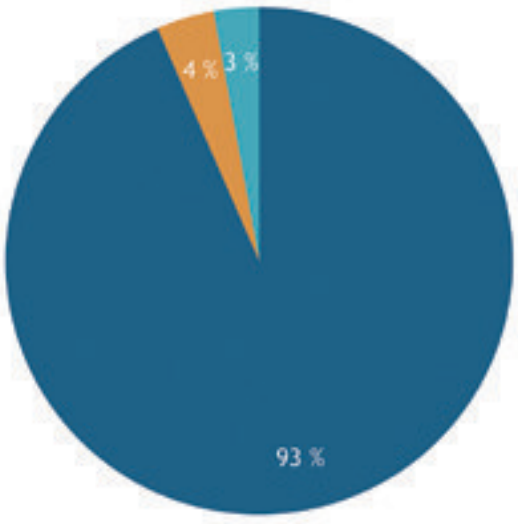


¿Cree usted que la tecnología puede o no reducir los efectos del cambio climático?



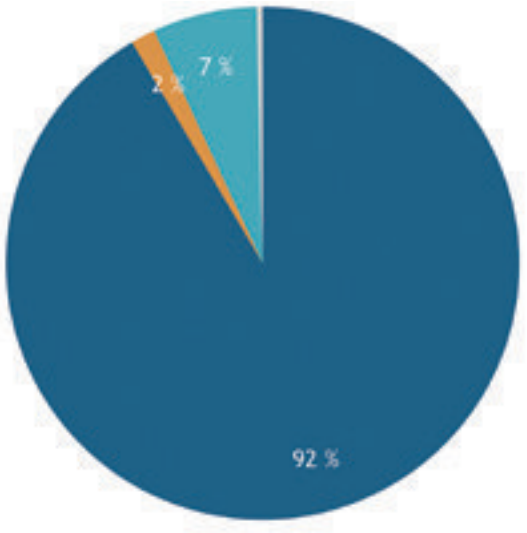
Por lo tanto, creen que el cambio climático si puede frenarse, pero ¿hasta que punto están dispuestos los castellano-manchegos a cambiar sus hábitos y sus modos de vida para disminuir sus efectos? Según las respuestas dadas, el 93% de los encuestados cree que debemos cambiar significativamente nuestros modos de vida, de los cuales, el 91% estaría a favor de cambiarlos; al otro lado, un 4% que dice que no debemos cambiarlos, mientras que el 7% restante se manifiestan neutros; estas respuestas apenas contrastan con las respuestas a la afirmación de la existencia del cambio climático, que fue de un 96%.

¿Para reducir los efectos del cambio climático, cree usted que debemos cambiar significativamente nuestro modo de vida?



- Debemos cambiar significativamente nuestro modo de vida
- No debemos cambiar significativamente nuestro modo de vidao
- No sabe / No contesta

¿Hasta qué punto estaría usted a favor o en contra de introducir cambios en su modo de vida para combatir el cambio climático?

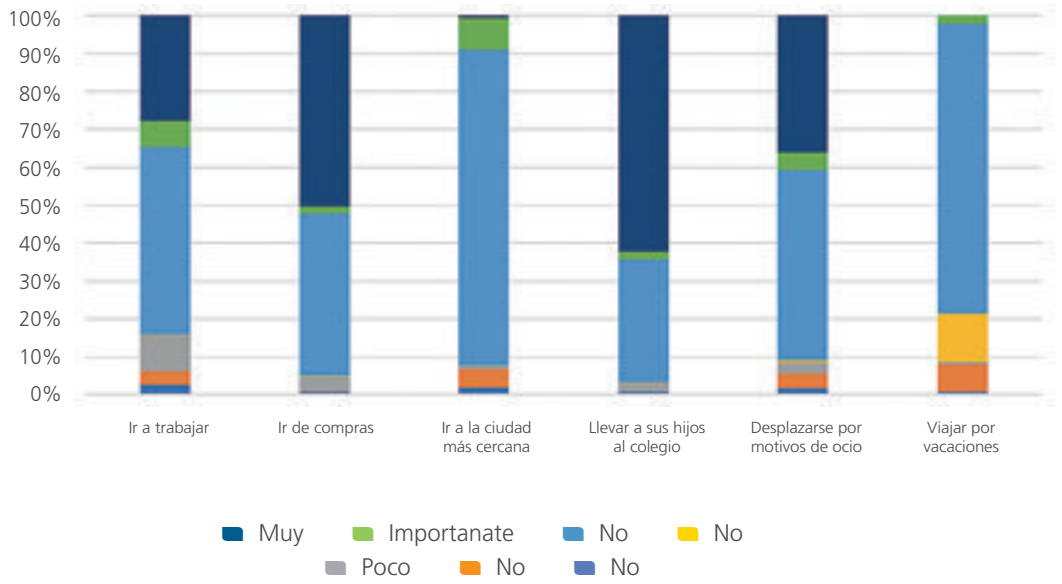


- A favor
- En contra
- Neutral
- No sabe / No contesta

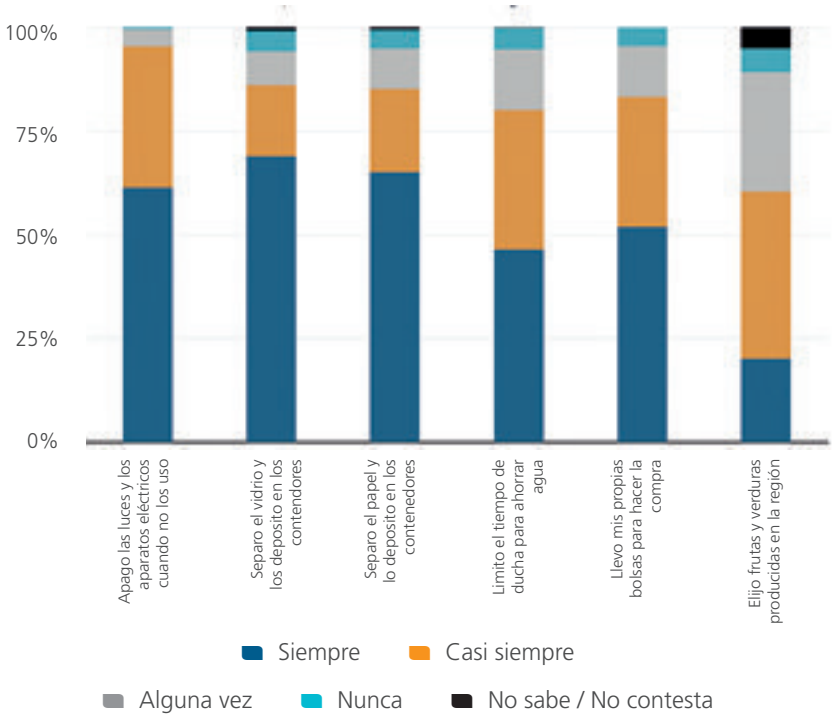
Sin embargo, ¿Que hacen realmente en la actualidad para frenar los efectos del cambio climático?, se pregunta que medio de transporte usan más en diferentes casos; en todos ellos, excepto al ir de compras e ir al colegio donde predomina ir a pie, el coche es el más usado; cabe destacar el poco uso que se da a la bicicleta, pero sobre todo al transporte público para trayectos cortos. Como es lógico el avión es también bastante usado para viajar en vacaciones. El transporte que está casi en el olvido es el tren, y que es válido para trayectos cortos y largos.

Respecto a las actividades que frenan el cambio climático, ¿con que frecuencia las realizan los encuestados? La mayoría de respuestas manifiestan que estas actividades las realizan siempre o casi siempre, siendo la separación y reciclaje del vidrio la actividad que más realizan, seguido de la separación y reciclaje del papel y de apagar las luces y los aparatos eléctricos cuando no se usan y la reutilización de bolsas para la compra; donde más fallan es en la elección de frutas y verduras producidas en la región y la limitación del tiempo de ducha para ahorrar agua, esta última acción es de gran importancia debido a los períodos de sequía que, según han manifestado anteriormente, han aumentado por el cambio climático. Cabe destacar que la opción "nunca" no supera en ninguno de los casos el 5%/10%.

¿Qué medio de transporte usa principalmente para realizar cada una de las siguientes actividades?

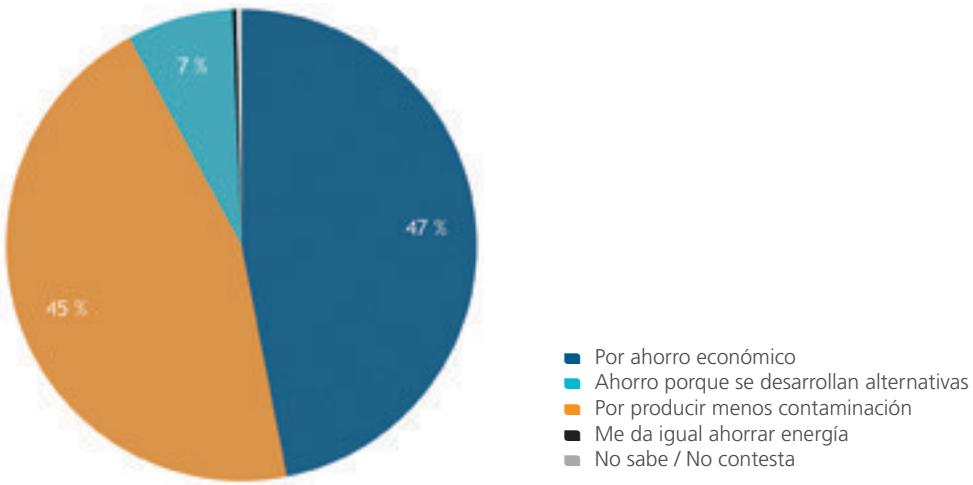


Con que frecuencia realiza las siguientes actividades



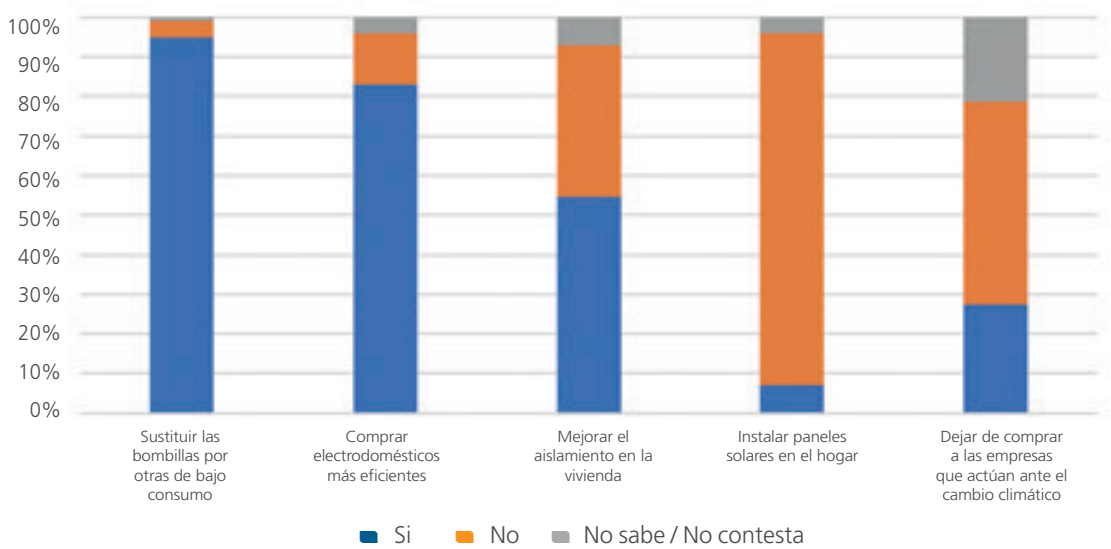
Como ya se ha dicho, el apagado de las luces y los aparatos eléctricos cuando no están en uso, es una de las actividades que más llevan a cabo, pero, ¿Cuál es realmente el principal motivo por que se plantean ese ahorro energético? El 47% de los encuestados dice hacerlo "por el ahorro económico" que apenas supera en un 2% a la respuesta "por producir menos contaminación" con un 45%, seguido de "ahorro porque se desarrollan alternativas" con un 7% y "me da igual ahorrar energía" con un 1%.

¿Cuál es el principal motivo por el que usted se plantea el ahorro energético?



Para seguir conociendo el modo de vida, y la implicación que tienen los castellano-manchegos con las actividades que sirven para reducir el cambio climático, se pregunta directamente cuales de esas acciones han llevado a cabo en los últimos años.

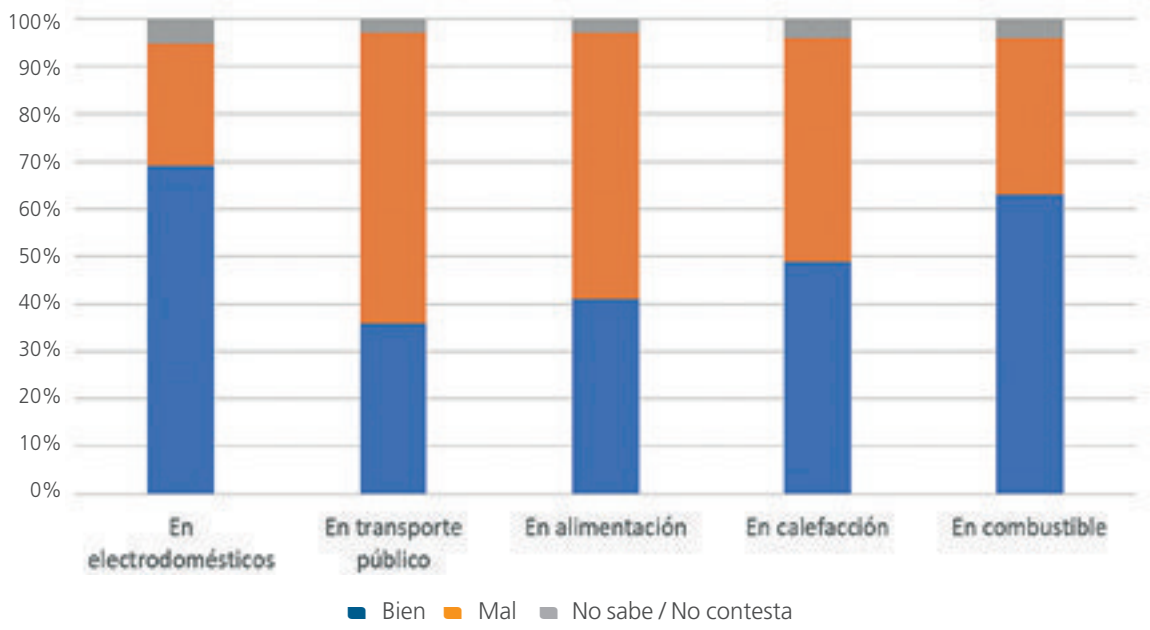
¿Ha realizado las siguientes actividades para luchar contra el cambio climático?



Más del 90% dice haber sustituido las bombillas de su hogar por unas de bajo consumo, y más del 80% manifiesta haber comprado electrodomésticos eficientes, y el 50% ha mejorado el aislamiento de su vivienda; estas tres acciones quizás también han sido propiciadas por el ahorro económico que esto supone. Sin embargo, la mayoría no han realizado acciones como instalar paneles solares en el hogar, acción que no siempre es factible, ni han dejado de comprar a empresas que perjudican al medio ambiente.

Respecto a que les parece que se subiera el precio a ciertos productos si son perjudiciales para el medio ambiente, en los productos como electrodomésticos o combustibles se ve bien, sin embargo, en el transporte público, alimentación o calefacción se ve mal, al tratarse de productos más básicos.

¿Qué le parecería que se subiera el precio a los siguientes productos si son perjudiciales para el medio ambiente?

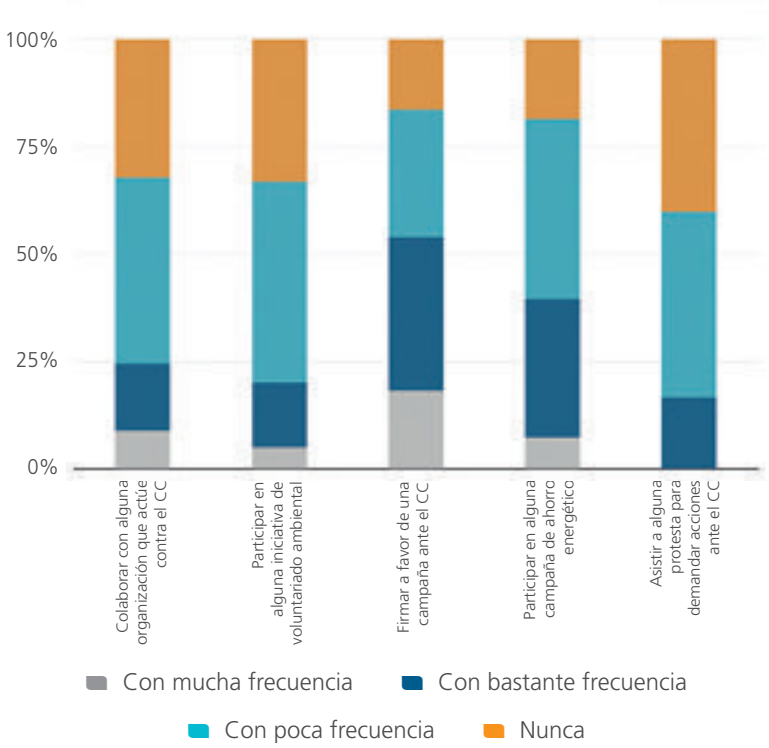


Para conocer el grado de implicación que tienen con el cambio climático y su política se pregunta con que frecuencia realizan actividades de colaboración, participación o asistencia a organización, protestas, campañas o firmas.

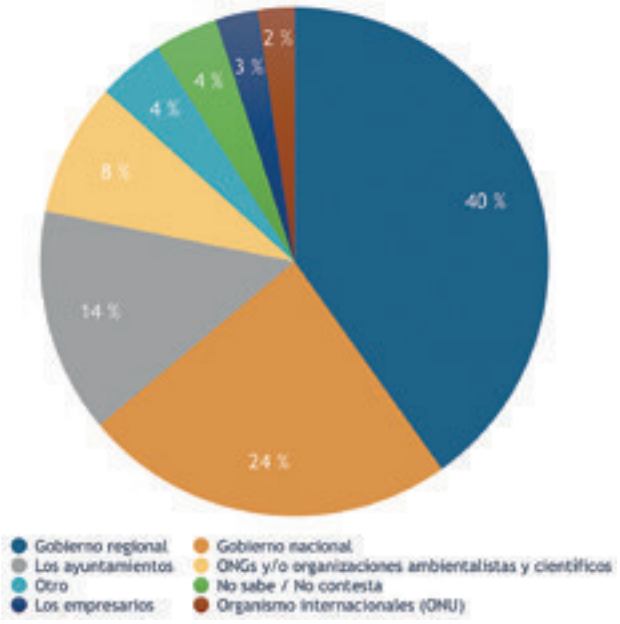
Exceptuando la firma a favor de una campaña ante el cambio climático que obtiene su mayor respuesta en el rango de "bastante frecuencia" con un 20%; el resto de actividades las realizan con poca frecuencia, acompañado del nunca; aunque hay que destacar que un 10% de los encuestados dice colaborar con alguna organización que actúa contra el cambio climático. La acción que menos realizan es la asistencia a protestas para demandar acciones ante el cambio climático.

Para poder frenar el cambio climático, esta lucha debe estar liderada por alguien, según los castellano-manchegos, el 40% cree de debe liderarlo el gobierno regional, seguido del 24% que cree que debe hacerlo el gobierno nacional, el 14% dice que los ayuntamientos son los que deben liderar esa lucha, mientras que tan solo un 9% corresponde con las organizaciones ambientalistas, un 3% de los empresarios y un 2% de la ONU.

Con qué frecuencia realiza las siguientes actividades

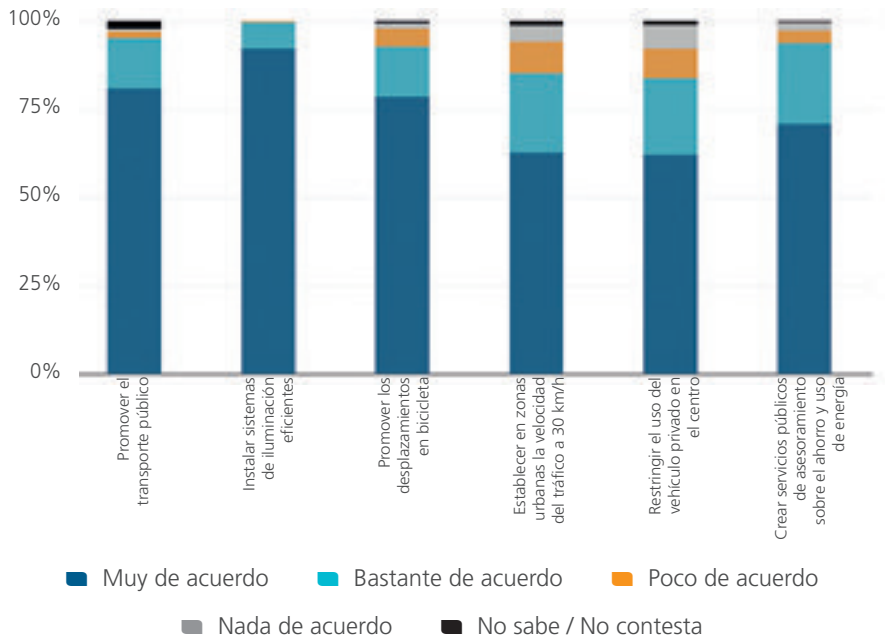


¿Qué persona o institución/organizador debería liderar en Castilla-La Mancha la temática referente al cambio climático?



Solo el 14% cree que los ayuntantamientos deben liderar la lucha contra el cambio climático, entonces que opinarían si desde su localidad se tomara medidas para recudir el cambio climático, ¿Estarían de acuerdo los castellano-manchegos?, en todas las medidas planteadas la mayoría dice estar muy de acuerdo, cabe destacar que algo menos del 10% dice no estar nada de acuerdo con la restricción del uso del vehículo privado en el centro, ni de establecer en las zonas urbanas una velocidad máxima de 30 km/h, ya que lo que más cuesta dejar es el coche.

¿En qué grado estaría de acuerdo con las diferentes medidas planteadas en su localidad?

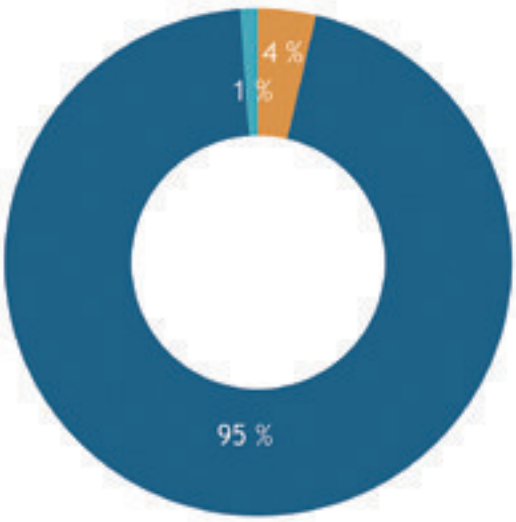


A pesar de todas las respuestas anteriores, de admitir la existencia del cambio climático, de enumerar algunos efectos que ya se están dando y de aceptar que debemos cambiar los modos de vida, los encuestados dicen que la sociedad, no está suficientemente concienciada, teniendo esta respuesta un 95%.

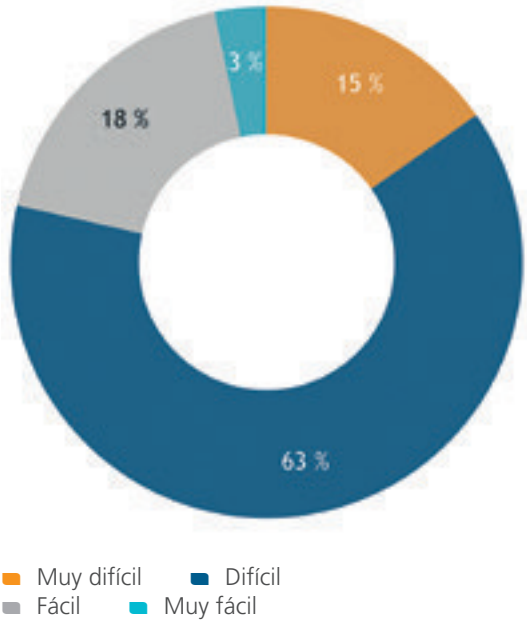
Además, el 77% de los encuestados dice ser muy difícil o difícil, el acceso a la información general sobre el cambio climático y los impactos que este tiene en Castilla-La Mancha.

Pero, aunque encuentren información, ¿Qué grado de confianza le dan según el colectivo del que provenga?, Los científicos y los educadores ambientales son los que más confianza transmiten, seguido de los grupos ecologistas; sin embargo, sobre la administración autonómica, los empresarios, los ayuntamientos y los medios de comunicación los encuestados dicen tener poca confianza o ninguna, esta última sobre todo en los empresarios.

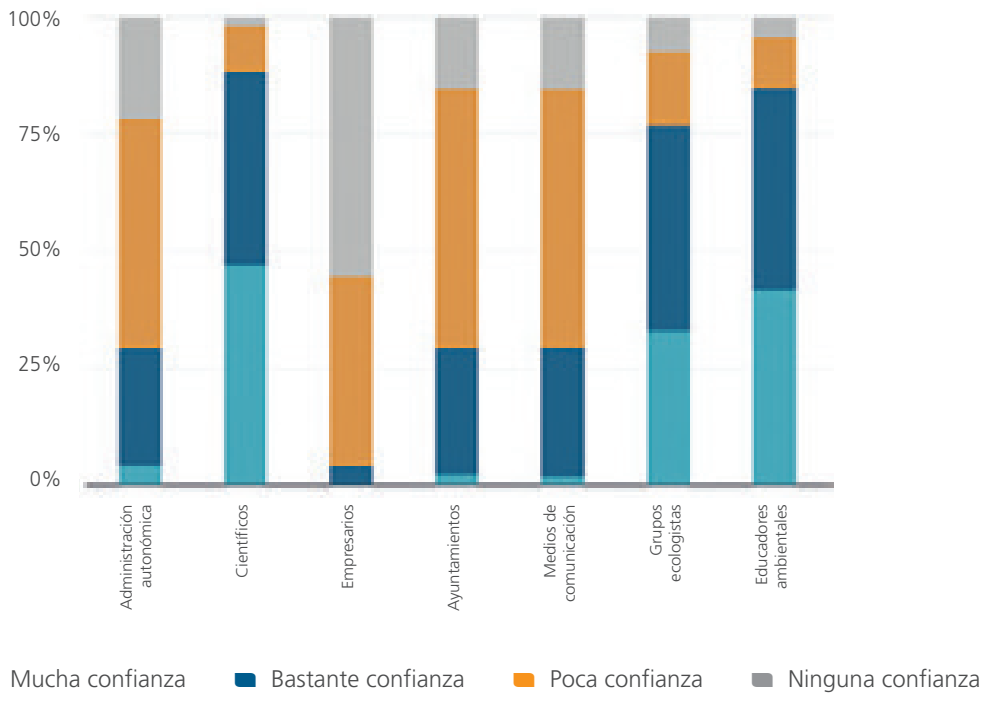
¿Cree usted que estamos lo suficientemente concienciados con el cambio climático?



En relación al acceso a la información sobre el cambio climático, ¿Cuánto de fácil o difícil es encontrar información general sobre ello y sobre los impactos en Castilla-La Mancha?



¿Qué grado de confianza le merece a usted la información sobre el cambio climático proporcionada por los siguientes colectivos?



Se concluye que los encuestados castellano-manchegos creen en el cambio climático y admiten que actualmente este está teniendo efectos negativos en el medio ambiente, sobre todo respecto al aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones. Son conscientes de que todo esto puede conllevar graves problemas en la agricultura y la ganadería, además de en la vida humana. Sin embargo, lo perciben como un problema para las generaciones futuras, aunque admiten que ya hoy en día deben de llevarse a cabo acciones para frenarlo, se contradicen, ya que no realizan las acciones más importantes para disminuir el cambio climático, solo llevando a cabo aquellas que también supongan un ahorro económico. Además, dicen estar dispuestos a cambiar los modos de vida, pero solamente en ciertas acciones que no supongan un gran cambio en su bienestar, por ejemplo, el transporte que más usan es el coche, y, a pesar de ser este uno de los mayores problemas en la contaminación actual, muchos de los encuestados no quieren privarse de él. Por lo tanto, la mayoría son conscientes de las graves consecuencias que pueden conllevar los efectos del cambio climático, pero a pesar de ello, no están totalmente concienciados del peligro.

Medios de comunicación y cambio climático

Alicia Avilés Pozo; Carmen Bachiller; Francisca Bravo; Luis Enrique Espinoza; Teresa Sánchez Garzón
**Periodistas de eldirarioclm*

Introducción

El cambio climático representa uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo con efectos sobre el medio ambiente, la economía global, la salud y el bienestar social. Es decir, más allá de cualquier duda razonable, puede asegurarse que algunas actividades humanas están provocando un cambio climático a escala global. Sin embargo, lo más preocupante es que todo apunta a que el ritmo actual de calentamiento se va a ir acelerando a lo largo de este siglo. Esto provocará, sin duda, una alteración significativa de los actuales regímenes climáticos en la mayor parte de las regiones del planeta, con notables repercusiones ambientales, sociales y económicas.

Pero pesar de la gravedad del fenómeno, los españoles todavía no lo consideran uno de los grandes problemas de nuestro país. En concreto, en el último barómetro del Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS) del mes de mayo de 2017 queda reflejado que los problemas medioambientales no son importantes para los españoles. De hecho, solo un 0,2% de los encuestados señaló esa opción y únicamente el 0,4% aseguró que este problema le afecta personalmente.

En el siguiente trabajo se describen los efectos del cambio climático en Castilla-La Mancha, el tratamiento que se le da en los medios de comunicación regionales y en las redes sociales, la previsión de futuro y las posibles soluciones. Y es que en una región altamente ligada a la agricultura y con un gran patrimonio forestal como es el caso de Castilla-La Mancha, los efectos del cambio climático pueden especialmente dañinos debido a las peculiaridades de su climatología, propias del centro peninsular.

Medios de comunicación

Los efectos del cambio climático se pueden observar a nuestro alrededor: las temperaturas crecen gradualmente, aumentan las épocas de sequía y los ríos se van secando. La fauna y la flora reaccionan ante ello, al igual que las personas. Se trata de un fenómeno que no se puede ignorar desde un punto de vista político, social, económico y, por supuesto, medioambiental. Muchos menos desde el enfoque mediático. Los medios de comunicación marcan una agenda cada día: observemos cómo introducen el fenómeno en Castilla-La Mancha.

Televisión

La televisión pública regional, Castilla-La Mancha Media (CMM), dedicó un completo reportaje a este proceso el pasado mes de junio coincidiendo con la retirada de Estados Unidos de los acuerdos de París. Titulado 'Los posibles efectos del cambio climático en Castilla-La Mancha', incluía las fuertes lluvias que afectaron la Manchuela, un testimonio de un profesor de Ecología de la Universidad regional (UCLM) y la posición de la Junta de Castilla-La Mancha. Es uno de los productos más recientes, pero la cadena tiene varias piezas en distintos programas en la que hacen referencia a olas de calor o tormentas y sus efectos en la salud o en los campos. Por ejemplo, la cadena dedicó un programa a las consecuencias en el aumento de las temperaturas en el cultivo de almendros en la región. Como corresponde a una cadena pública, las informaciones se relacionan directamente con la región.

CMM Media



Radio

En la Cadena Ser de Castilla-La Mancha se sigue una línea parecida a la adoptada por la televisión de CMM. La cuestión del cambio climático y cómo afecta a la región no se deja de lado y se utilizan fuentes de todo tipo. En 'Castilla-La Mancha tendrá menos agua cada año', el experto elegido fue un catedrático de la UCLM, Antonio Ruiz de Elvira, y la Junta de Comunidades también tiene su protagonismo en piezas como 'El gobierno de Castilla-La Mancha, preocupado por la seguía, estudia ayudas a regadíos'. La Cadena Ser también ha acudido a ONG como Greenpeace para tratar temas como 'El cambio climático merma la producción de trufa'.

Prensa escrita

Entre los medios de comunicación estrictamente regionales más leídos se encuentra CLM24. Al buscar contenidos relacionados con el cambio climático, el total de los resultados supera los 300. Sin embargo, cabe resaltar que la gran mayoría son contenidos generados de manera automática a través de agencias de noticias como EFE o Europa Press. Esto implica, por ejemplo, que los expertos que se utilizan como fuente en este tipo de contenido no están relacionados directamente con Castilla-La Mancha. Es lo que ocurre en artículos como 'Trasvases y desaladoras, una irremediable combinación ante el cambio climático', de la agencia EFE en la que se cita al director del Laboratorio Climatológico de la Universitat Jaume I de Castellón, José Quereda.

En el caso de El Digital Castilla-La Mancha, muchos de los artículos que se pueden encontrar relacionados con el cambio climático también están enlazados directamente de agencias. Sin embargo, sí se pueden ver artículos propios, sin firma de periodista, como 'La agricultura castellano-manchega, arma contra el cambio climático'.

Del grupo de La Tribuna se pueden extraer también ejemplos de artículos dirigidos específicamente al cambio climático, tanto en enfoque regional como provincial. En este sentido, se puede señalar 'Agri-

Cadena Ser.



LA VENTANA DE CASTILLA-LA MANCHA

Castilla-La Mancha tendrá menos agua cada año

Lo asegura el catedrático, Antonio Ruiz de Elvira que da como principales motivos el cambio climático y el trasvase Tajo-Segura

cultura contra el cambio climático', en el que se recoge la posición de la Junta de Comunidades. El medio también ha tratado el cambio climático de manera más profunda, pero dirigida más bien a sólo una provincia, como es el caso de La Tribuna de Ciudad Real en 'El cambio climático en la provincia' en el que se usó el testimonio de diversos expertos para abordar los problemas que amenazan a zonas emblemáticas como el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel.

El Digital Castilla-La Mancha.



PODRÍA ABSORBER ANUALMENTE MÁS DE DOS MILLONES DE TONELADAS DE CARBONO

La agricultura castellano-manchega, arma contra el cambio climático

Eldiarioclm.es


El cambio climático hará que en 30 años los cultivos castellano-manchegos no sean rentables

El medio 'Lanza', que en 2017 comunicó su cierre de la edición en papel, también ha dedicado numerosos espacios al cambio climático y a sus efectos en la región, especialmente en la agricultura. Entre ellos, se puede nombrar 'La agricultura de conservación versus cambio climático', en el que se plantea una solución a través de la explotación agraria para suavizar los efectos del calentamiento global. Además, existe una novedad, un artículo de opinión titulado '¿Ola de calor o cambio climático?', en el que, sin embargo, no se habla de Castilla-La Mancha, sino de una manera más global apelando a las decisiones de dirigentes como Donald Trump. Los artículos no son tan numerosos como en el caso de la Cadena Ser, pero sí están todos firmados y no dependen de agencias como en otros casos. Diario Lanza es un medio provincial, no regional, pero es uno de los medios con mayor historia de la región.

En el caso de la edición regional de eldiario.es en Castilla-La Mancha, los contenidos que se refieren a la amenaza del cambio climático son numerosos y están enfocados también a los efectos del mismo específicamente en la región. Se trata de contenidos que están regularmente firmados por periodistas y los temas que se han tratado son variados: desde la agricultura, que parece ser uno de los enfoques principales en el resto de los medios, hasta la migración, comportamiento de la fauna y la flora, etcétera. Por otro lado, también se da difusión a diversas iniciativas relacionadas con el uso de nuevas energías o innovadoras para involucrar a otros sectores de la población en la lucha contra la amenaza, como los jóvenes.

Encastillalamancha.es, por su parte, principalmente reporta las iniciativas institucionales en contra del cambio climático, como es el caso de variados artículos referidos a la Oficina de Cambio Climático, o con un enfoque que se limita al titular. Otras cabeceras regionales, como periodicoclm.es, no tienen prácticamente contenido dirigido hacia los efectos del cambio climático en la región o, directamente, hacia el fenómeno en sí, aparte de algunos artículos de opinión que lo mencionan de manera general.

Redes sociales

Twitter

La búsqueda de 'Cambio Climático en Castilla-La Mancha' en la red social Twitter, indiscutiblemente una de las más populares, ofrece unos resultados que llevan a entidades como Bilib más que a medios de comunicación. En cuanto a los medios, entre los más relacionados con la búsqueda se encuentra

Europa Press (en su edición regional), eldiario.es Castilla-La Mancha, CCM Media o la Cadena Ser. Asociaciones como UPA utilizan las noticias de dichos medios para la difusión de contenidos relacionados con el cambio climático, mientras que asociaciones como Greenpeace o SEO Birdlife lo usan para sus propios contenidos.

Facebook

Los resultados que se pueden encontrar en la red social Facebook relacionados con los medios y el cambio climático en Castilla-La Mancha son muy reducidos y, por tanto, no producen el nivel de discusión en redes sociales que pueda llegar a ser relevante.

Previsión de futuro

Según todos los expertos, desde la Acción por el Clima de la Unión Europea hasta la Oficina Española de Cambio Climático, la necesidad de revertir los efectos de este fenómeno en Castilla-La Mancha la irá reflejando nuestra climatología cada vez más. No es una alarma, es una realidad indiscutible. Pese al portazo de Donald Trump a los Acuerdos de París, a nivel europeo, con sus incoherencias y defectos, existe un consenso global sobre la necesidad de reducir la temperatura del planeta y las emisiones de CO2. En contraste, aun existen medios de comunicación que continúan informando sobre las tempranas olas de calor y sobre la sequía sin mencionar este fenómeno.

¿Existen reticencias a mencionar abiertamente el cambio climático en la comunidad autónoma? Sí que las hay. Las energías renovables todavía no terminan de despegar en los países mediterráneos y los intereses empresariales de las energías contaminantes siguen marcando la hoja de ruta mediática. Solo aquellos medios de comunicación donde la defensa del medio ambiente está recogida como una de las bases fundamentales de su línea editorial, al margen de servidumbres externas, informan abierta y objetivamente sobre la cuestión. Porque el cambio climático no es la única causa pero sí la más importante. Se trata de un problema global que afecta por igual a todos los ciudadanos y que en Castilla-La Mancha tiene y tendrá una consecuencias sobre su modelo económico agrario e industrial. Ofrecer a la ciudadanía esta información es un servicio público irrenunciable.

Efectos clima. AEMET.



Afortunadamente, nos encontramos en ese punto con que el 'negacionismo' tiene ya poco recorrido. La realidad será tozuda. Conforme algunos de estos efectos se vayan manifestando de manera más contundente en el campo castellano-manchego, conforme aumente la sequía y escaseen recursos hídricos, tan necesarios en esta comunidad autónoma, ignorar el cambio climático será aportar una información sesgada y carente de contexto, y los ciudadanos 2.0, los de las redes sociales, los informados, pasarán factura a esa incoherencia.

Si hasta hace bien poco, el verano estaba globalmente asociado con una época de felicidad, vacaciones y el denominado "buen tiempo", actualmente ya comienza a hacerse fuerte una corriente de opinión pública que está invirtiendo los términos. No solo por las altas temperaturas sino porque estas van acompañaos de lluvias torrenciales esporádicas que poco o nada aportan al caudal de ríos, embalses y acuíferos. Y aunque no fuera así, es tarea de los medios de comunicación realizar esa pedagogía. Cubrirse de razón, hacerse eco de los estudios, informes y estadísticas que auguran ese cambio paulatino pero constante, y contribuir a las soluciones.

Hasta 2020, es decir, prácticamente a la vuelta de esquina, la UE debe reducir el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a 1990 e incrementar el 20% de la eficiencia energética. Con horizonte 2030, ese porcentaje debe alcanzar el 27%, y en otros 20 años llegar hasta un 80-95%. Estos objetivos no se habrían marcado de no existir un problema. No solo hay que recordarlos sino fiscalizar su cumplimiento. Ignorar esa labor será prácticamente imposible en unos años. Cualquier medio que lo haga perderá su credibilidad ante una ciudadanía inteligente, inquieta, 'millenials' que formarán parte del futuro y que ve con sus propios ojos cómo todo se transforma.

Soluciones y medidas de adaptación

El papel de los medios de comunicación de Castilla-la Mancha es, ni más ni menos, que el de ejercer un periodismo entendido como servicio público que, para serlo, requiere de tres pilares que contribuirán a facilitar a la opinión publica un mayor grado de conocimiento y percepción de un problema real, reconocido a nivel mundial.

A) TRANSPARENCIA por parte de las administraciones u organizaciones que tienen competencias en la gestión de medidas relacionadas con el fenómeno. Es necesario para comunicar de forma objetiva y correcta sobre el impacto del cambio climático y las acciones encaminadas a minimizar sus efectos.

B) MAYOR PARTICIPACIÓN CIUDADANA. La UNESCO ya proclamó en 2005, coincidiendo con el Día Mundial de la Libertad de Prensa que la función de los medios de comunicación "independientes y pluralistas en la promoción de la participación es fundamental, en la medida en que informan de aspectos del proceso de toma de decisiones y dan voz en él a las partes interesadas. La libertad de los medios facilita la formación de una esfera pública en la que puede tener lugar una amplia gama de debates y en la que están representados diversos puntos de vista (...) Los gobiernos deben estudiar maneras de fortalecer el "gobierno electrónico", que proporciona a los medios de comunicación y a los ciudadanos un acceso directo a información administrativa y a los procesos de toma de decisiones".

C) FORMACIÓN para los profesionales de los medios de comunicación. Es necesario impulsar un periodismo especializado a través de becas, jornadas, ponencias… en el que colaboren tanto administraciones públicas, como comunidad científica, empresas y otros agentes sociales. Tanto para los periodistas en activo como para las futuras promociones universitarias.

Unas Jornadas Internacionales de Medios de Comunicación y Cambio Climático celebradas en Sevilla en noviembre de 2012 ya nos dejaron un interesante (y aplicable) decálogo de buenas prácticas de comunicación, entre las que destaca la necesidad de vincular el cambio climático a la vida cotidiana para fomentar la concienciación y lograr despertar el interés del público mediante información comprensible para el ciudadano medio, así como la creación redes de comunicadores/as que aborden este reto.

IPMark



Y en este decálogo, una reflexión: los medios de comunicación no deben convertir la información en un falso debate entre si existe o no el cambio climático, puesto que es una respuesta que ya han dado los científicos. Y en todo caso, enarbolar la ética, defendiendo la independencia de los poderes establecidos. Los medios de comunicación han de promover la equidad en el acceso a la información sobre el cambio climático y ayudar a organizaciones e individuos con menos recursos o sin recursos a transmitirla y a obtenerla.

Reflexión final

Ya no se puede alegar ignorancia. Quizás hemos tardado más de lo que hubiera sido prudente en ser conscientes del problema. Todavía estamos decidiendo dónde cargar las responsabilidades para afrontarlo; pero la opinión pública ya no puede excusarse con el desconocimiento, salvo quienes se refugien en el acientifismo negacionista. Conocemos las causas antropogénicas del calentamiento global (emisiones de GEI), sus efectos dramáticos en forma de fenómenos meteorológicos extremos y un cambio climático planetario, que a su vez causan alteraciones en los ecosistemas, en la actividad agraria, en la salud, y están ya generando un movimiento de refugiados climáticos de consecuencias imprevisibles.

En esa labor de crear consciencia del problema ha sido fundamental el papel de los científicos que han optado por la divulgación de sus investigaciones, de las organizaciones ecologistas, de determinados líderes de opinión y también de los medios de comunicación. Estos últimos han debido enfrentarse a muchas dificultades, empezando por la necesidad de formación especializada de los periodistas para realizar una labor solvente en el tratamiento de una información fundamentalmente científica. A ello se añade que la opinión pública no ha sido muy receptiva, en parte por la complejidad, porque la percepción de problema no ha sido inmediata, por la incertidumbre y en especial porque afrontarlo requiere tanto políticas globales que resultan lejanas como sacrificios personales, en forma de cambios de hábitos y comportamientos, que se asocian a menor bienestar o incomodidad.

El desafío ahora es hacer realidad los compromisos internacionales, lo cual parece difícil por la actitud adoptada por la actual Administración norteamericana, que abre además la puerta al desmarque de otros gobiernos, justo cuando la urgencia de actuar se hace más evidente a medida que conocemos la rápida

evolución del deshielo de los casquetes polares, el permafrost o el aumento de la temperatura media. Pero ni el pesimismo ni la falta de concertación internacional deberían conducirnos a la inacción, porque una buena parte de las soluciones (paliativas) está en nuestras manos, en el ámbito personal, doméstico, local, empresarial, productivo… cambiando hábitos de consumo, apostando por nuevas formas de desplazarnos, de usar la energía, de gestionar los residuos, de producir según los criterios de la economía circular. Los avances tecnológicos y los instrumentos económicos (en forma de incentivos o fiscalidad verde) nos pueden ayudar, pero es importante ser conscientes y resaltar la responsabilidad personal. Nuestra calidad de vida y nuestro futuro como especie están en juego.

Bibliografía.

INFORME "Cambio climático en Europa: Percepción e impactos 1950-2050", publicado por Equo Europa y Los Verdes. Web del Gobierno de Castilla-La Mancha (www.castillalamancha.es)

INFORME "Clima y cambio climático en Castilla-La Mancha" de Manuel de Castro Muñoz de Lucas. Último barómetro del CIS Mayo 2017. *Web European Comission. "Objetivos clave de la UE para 2020" https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_es*

OFICINA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

CMMEDIA.ES

CADENA SER CASTILLA-LA MANCHA

ELDIARIO.ES DE CASTILLA-LA MANCHA (WWW.ELDIARIOCLM.ES)

ELDIARIO.ES

ENCASTILLALAMANCHA.ES

ELPERIODICOCLM.ES

ELDIGITALCASTILLALAMANCHA.ES

ECOLOGISTAS EN ACCIÓN

SEO/BIRDLIFE

WWF

UNESCO, Facultad de Comunicación de la Universidad de Sevilla

mundo
calor
Castilla-La Mancha
cambio climático
sequía
superficie
planeta
ecosi
parámetros
precipitac
Impa
desertificación

Un reto de futuro

El cambio climático se ha convertido en el principal reto ambiental que tendremos que afrontar en un futuro inmediato para evitar sufrir las consecuencias de un riesgo creado por el hombre y sus emisiones de gases efecto invernadero. Desde la época preindustrial, estos tipos de gases no han dejado de aumentar y en el año 2016 batieron el récord absoluto de concentración, alcanzando más de 400 partes por millón.

Desde hace muchos años, se ha hecho llegar a los ciudadanos el riesgo que tiene esto en los ecosistemas, pero se cometió un error, y es que siempre se asociaba a los Polos, el hielo, los osos polares y la tierra seca. Esto es así, y no cabe duda que en estas zonas se sufren algunos de los impactos más fuertes que podamos imaginar en un contexto de calentamiento global, pero va más allá. El cambio climático también incide en nuestro país, en nuestra región y en nuestros pueblos.

El aumento de las temperaturas, las menores precipitaciones, mayor número de episodios de calor… ponen de manifiesto que es un problema serio y que es capaz de provocar afecciones muy severas. Cada vez más, tenemos que ver como zonas húmedas pasan a secarse, las cosechas cuesta mucho más sacarlas adelante porque hay que hacer frente a un mayor número de riesgos meteorológicos, los costes económicos de las pérdidas cada año son más altos… la cuestión está en empezar a asumir cuanto antes que tenemos que conocer el riesgo de la forma más rápida, próxima y directa para poder llevar a cabo las estrategias de adaptación y mitigación necesarias que nos preparen para los próximos años, pero también nos eviten daños mayores por imprevistos.

Castilla-La Mancha es una región que está sufriendo estos devenires climáticos desde hace años, y seguro todos los vecinos de las cinco provincias lo corroborarán, especialmente en los meses de verano cada vez más largos y tórridos. La ubicación geográfica, alejada de zonas de mar, hace que los impactos puedan ser aún más severos, pues no disponemos de un regular térmico como son los océanos.

A ello tenemos que sumar la gran dependencia que tenemos del clima. Somos una región eminentemente agrícola y ganadera, con una gran variedad de superficies naturales y un gran territorio sometido a la temperie. Estos hechos intrínsecos a nuestra realidad, nos hacen más vulnerables que otras regiones, no sólo de forma directa, sino también indirecta. Debemos también asumir, que en los próximos años una barra de pan nos puede costar mucho más cara porque al agricultor le ha costado sacar adelante su cosecha de cereales, debido por ejemplo a la sequía. No hará falta hablar del problema constante que tenemos de agua, ya de por si en una región seca, y que desde siempre ha sabido cuidar del elemento más preciado, el agua, y que en los próximos años vamos a tener que cuidar aún más si cabe.

En este estudio hemos querido reunir los impactos constatados que hemos tenido hasta la actualidad. El cambio climático no es algo que ocurrirá en un futuro, es algo que ya está ocurriendo. Se han analizado: el clima, los extremos meteorológicos, los recursos hídricos, el mundo natural, los humedales, el suelo, los incendios forestales, la agricultura, la ganadería, el turismo, las infraestructuras, la despoblación, la salud,

la percepción, la información y los escenarios de futuro, en un compendio de trabajos que servirán para mostrar la realidad climática actual y entender el escenario en que nos estamos metiendo.

Nuestra mayor ilusión sería que este Informe no quedara solamente restringido al ámbito académico y científico, sino que sea capaz de llegar a todos los ciudadanos para que comprendan todos los fenómenos. Por ello, todo se ha escrito de forma divulgativa, clara y concisa, evitando textos farragosos. Los ciudadanos además han participado con una encuesta regional, que ha analizado cómo se percibe el cambio climático y qué impactos tiene, así como la opinión general sobre este tema.

No se puede dejar de citar el gran trabajo que acometió con la publicación del Primer Informe, hace ya más de 8 años, y que sentó las bases de cómo se comportaría el clima en los próximos años, haciendo una aproximación de detalle como pocas Comunidades Autónomas habían hecho y que ha sido la base para dar otro paso con este Segundo Informe analizando los impactos constatados.

Han colaborado decenas de autores especializados en cada tema sobre el que han escrito, desde el ámbito académico y profesional, lo que sin lugar a dudas es la solidez científica que requiere un trabajo como éste. A todos ellos hay que agradecerles su enorme labor y compromiso por haber querido participar, por exponer sus trabajos y hacerlos llegar al público. También hay que agradecer a la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural y a la Viceconsejería de Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha su compromiso en este tema y las ganas, empuje y colaboración que han puesto desde el primer día.

Jonathan Gómez Cantero,
Eduardo Bustillo Holgado,
Pablo Rodríguez Bustamente
Coordinadores

Anexo

Temperatura media

Leyenda



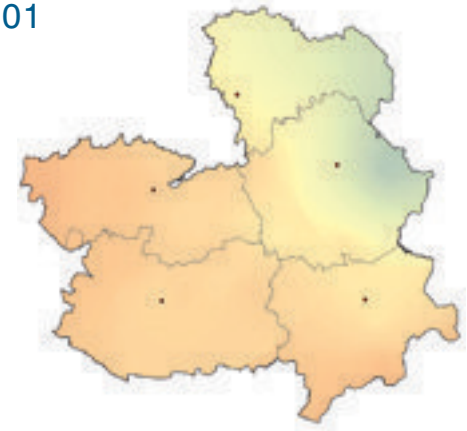
Temperatura máxima: 25 ºC

Temperatura mínima: 0 ºC

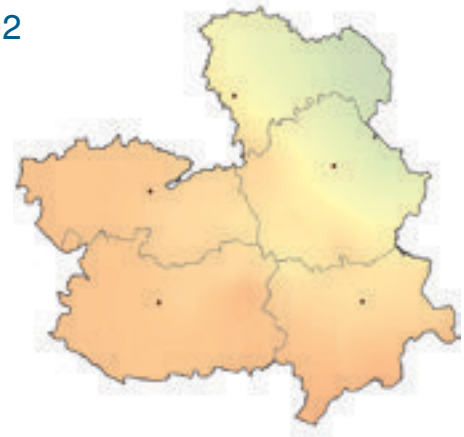
2000



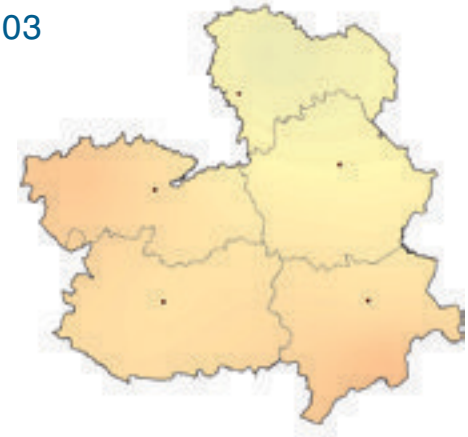
2001



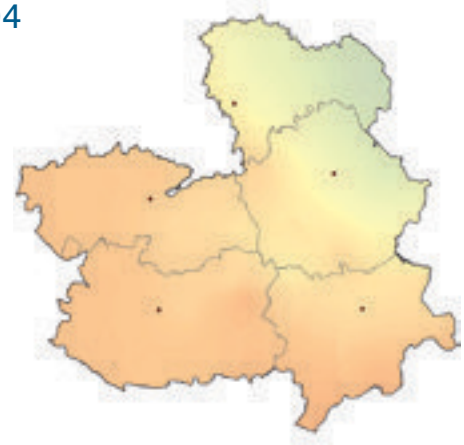
2002



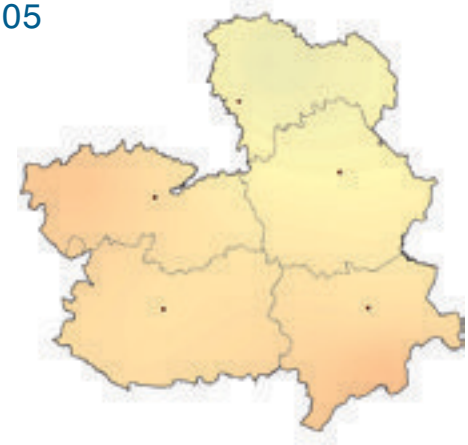
2003



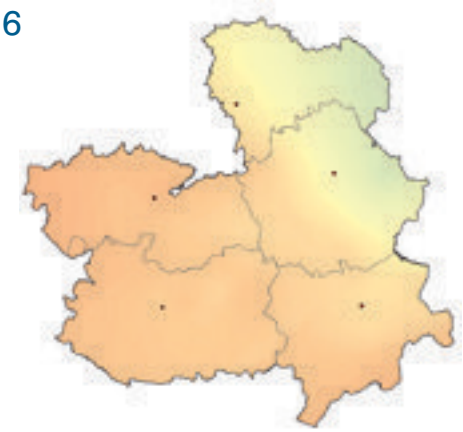
2004



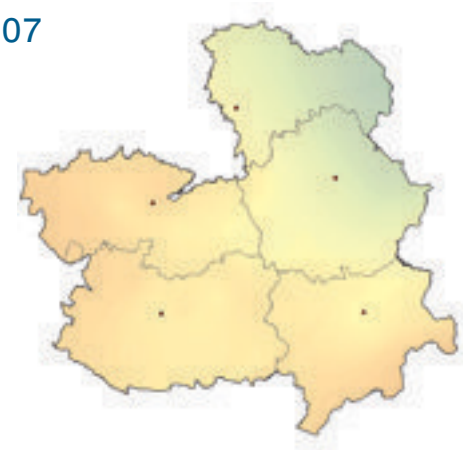
2005



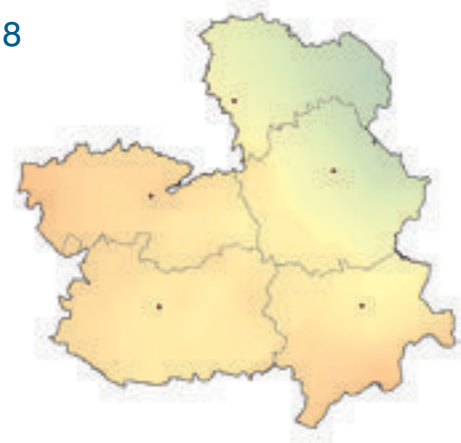
2006



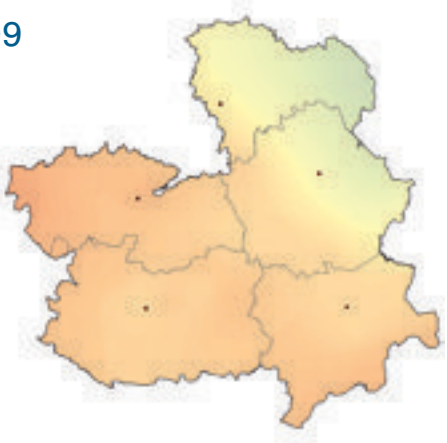
2007



2008



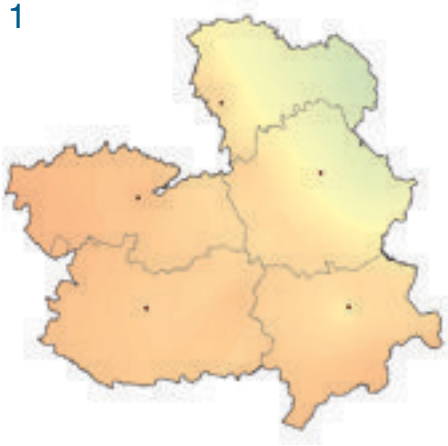
2009



2010



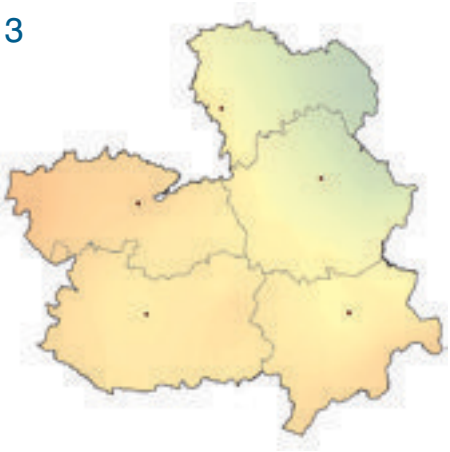
2011



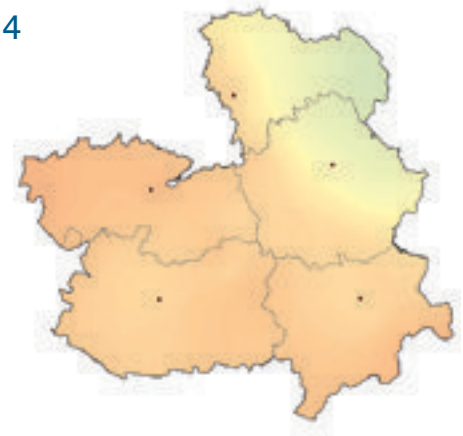
2012



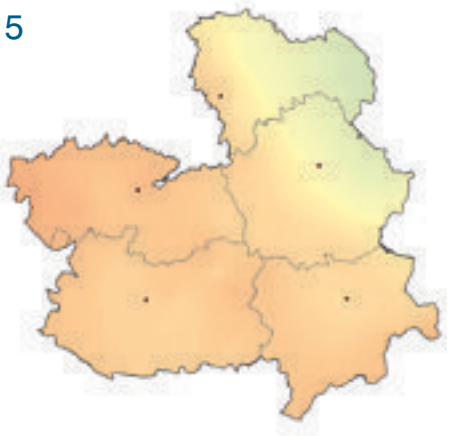
2013



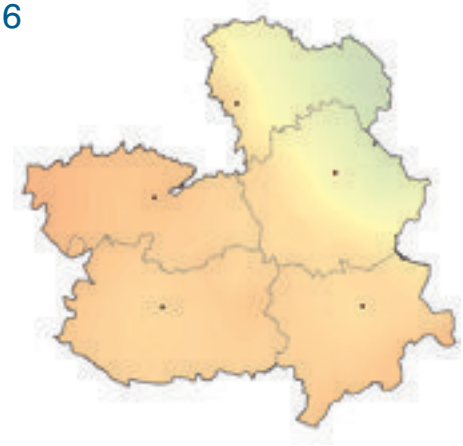
2014



2015



2016



Temperatura media máxima

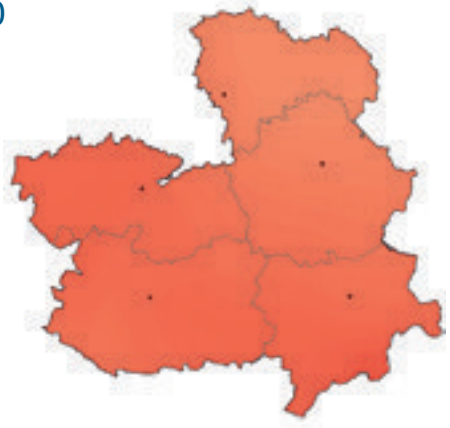
Leyenda



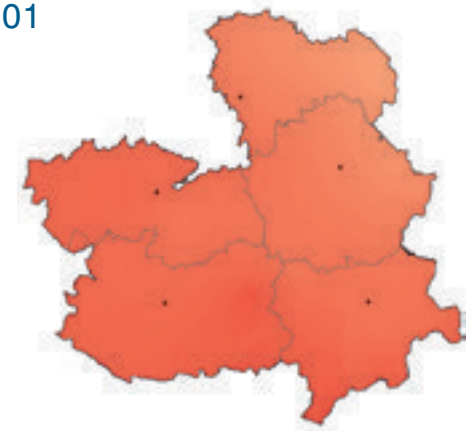
Temperatura máxima: 25 ºC

Temperatura mínima: 0 ºC

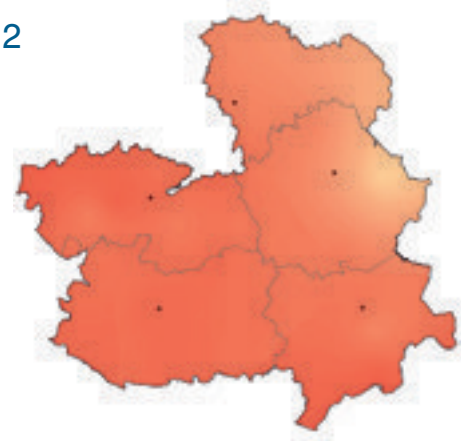
2000



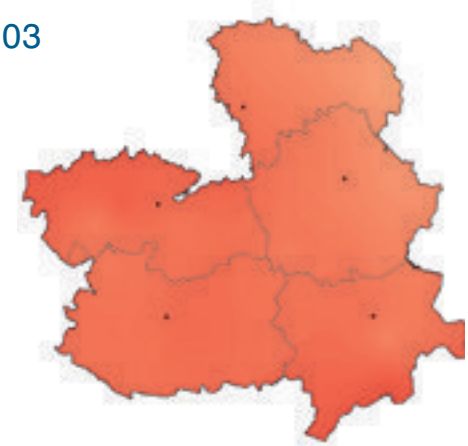
2001



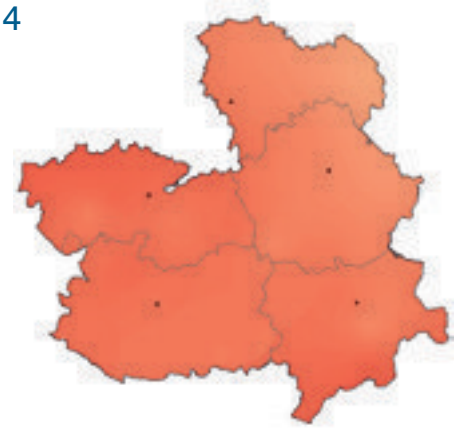
2002



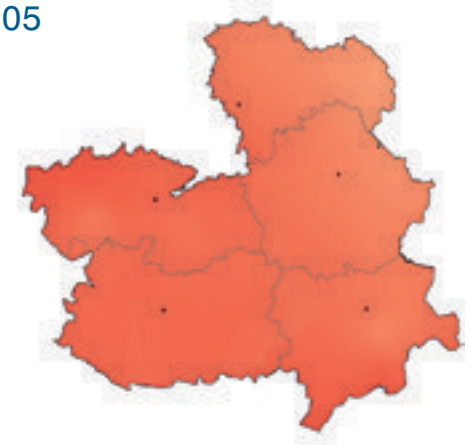
2003



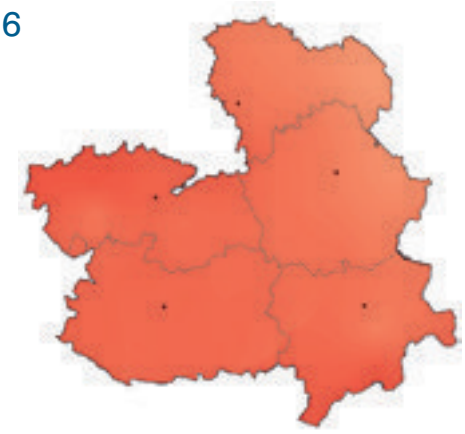
2004



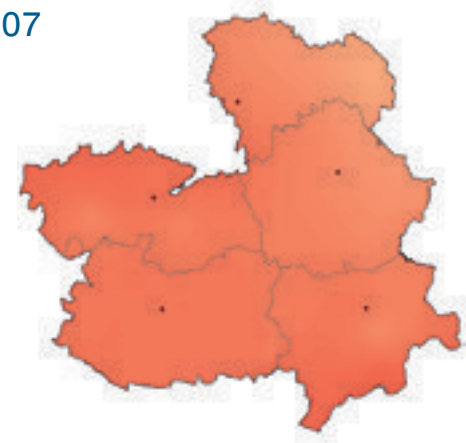
2005



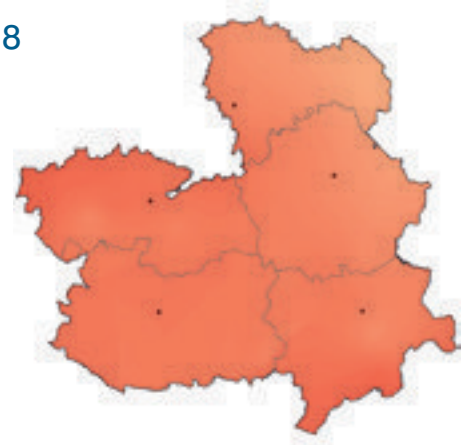
2006



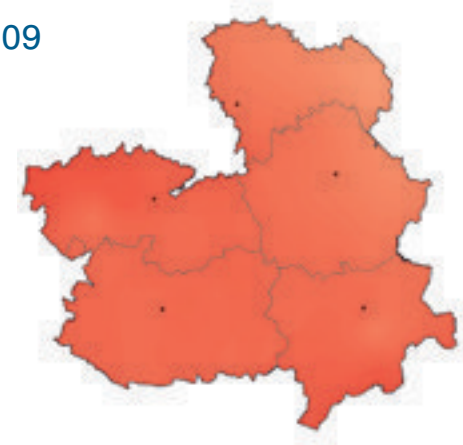
2007



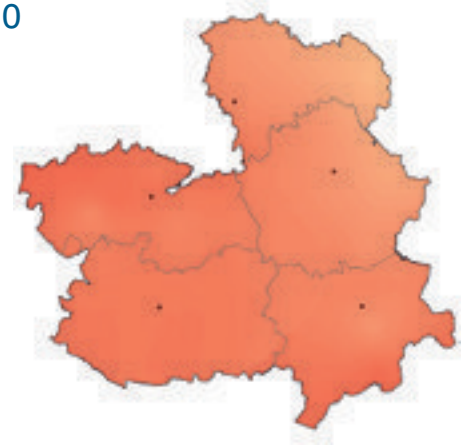
2008



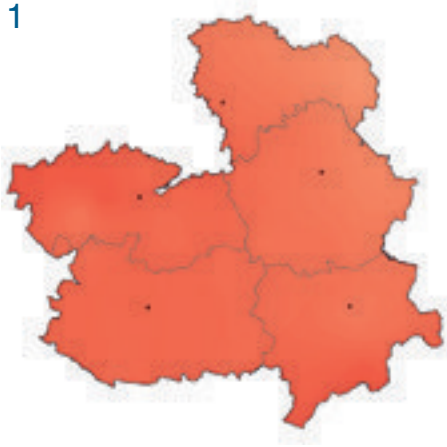
2009



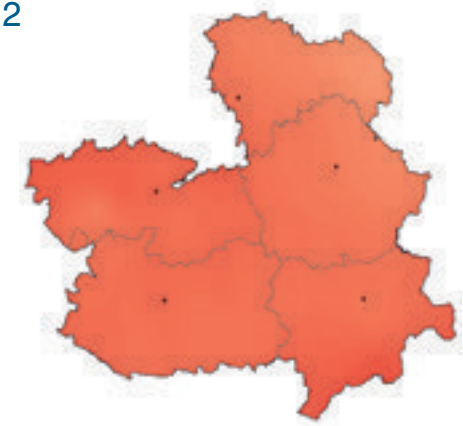
2010



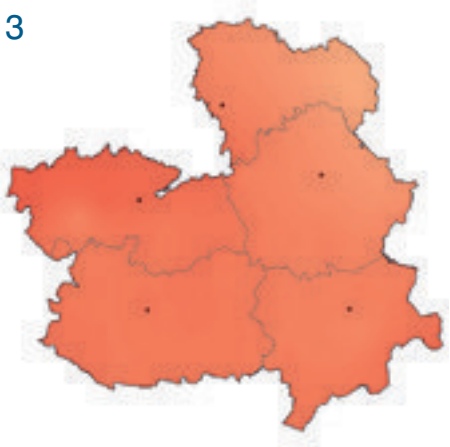
2011



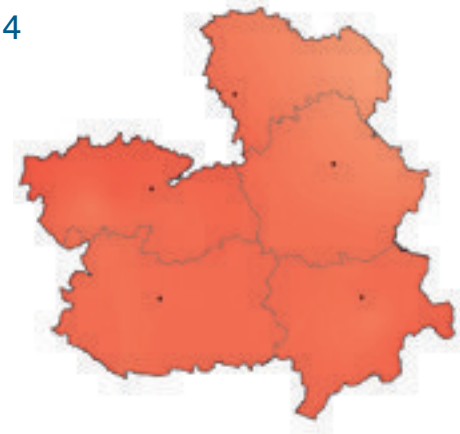
2012



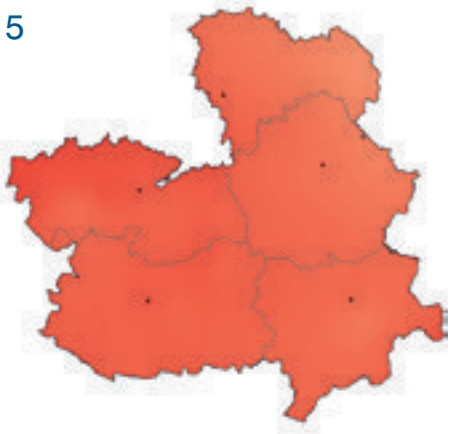
2013



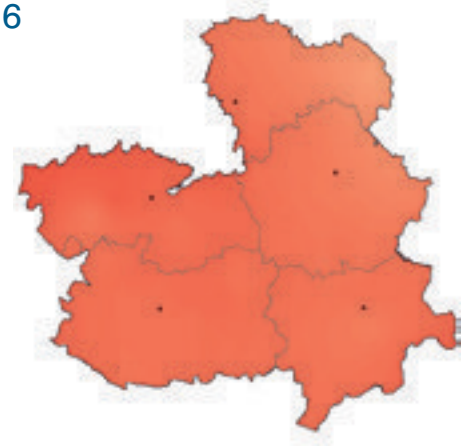
2014



2015



2016



Temperatura media mínima

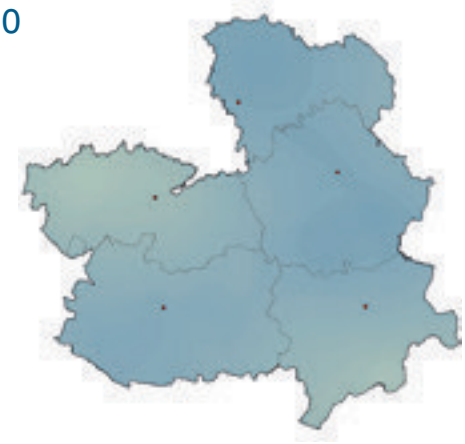
Leyenda



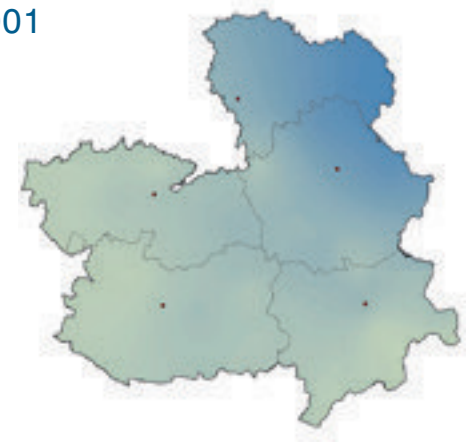
Temperatura máxima: 25 °C

Temperatura mínima: 0 °C

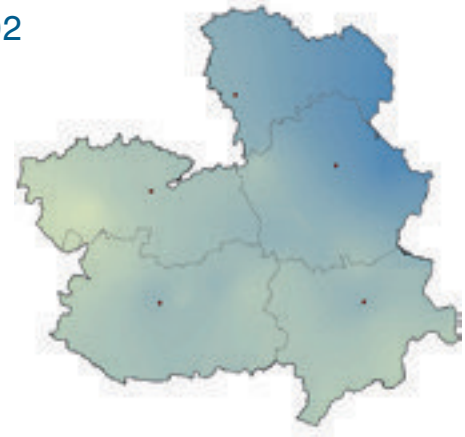
2000



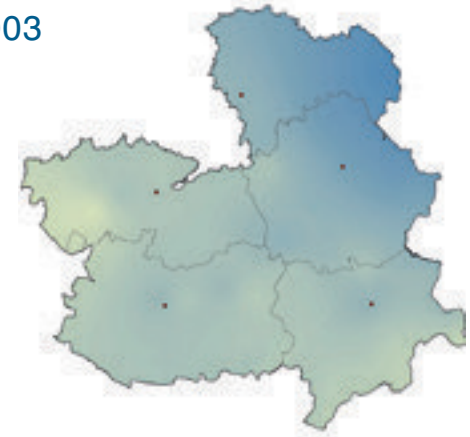
2001



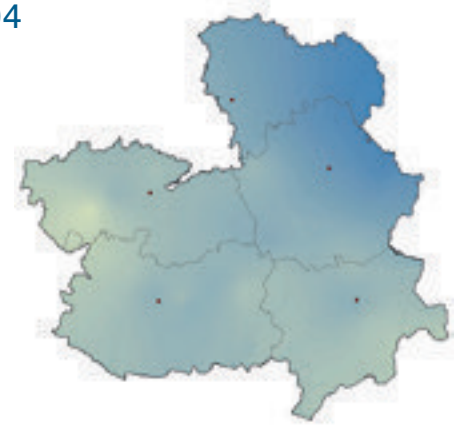
2002



2003



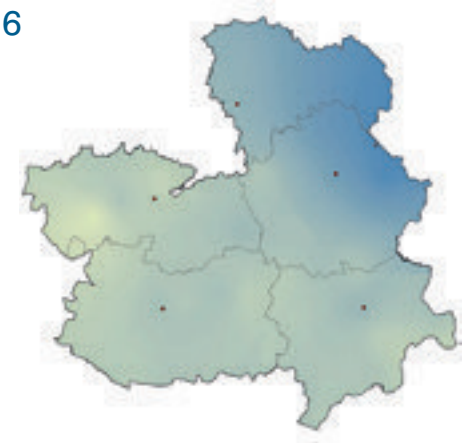
2004



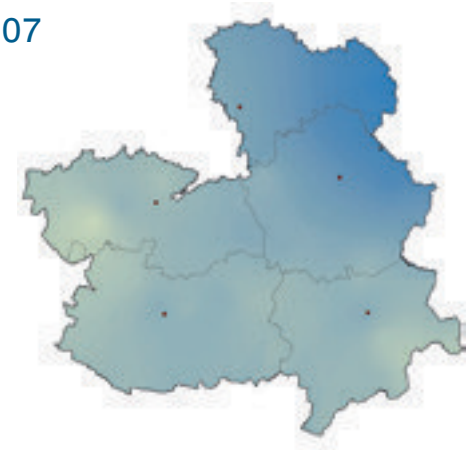
2005



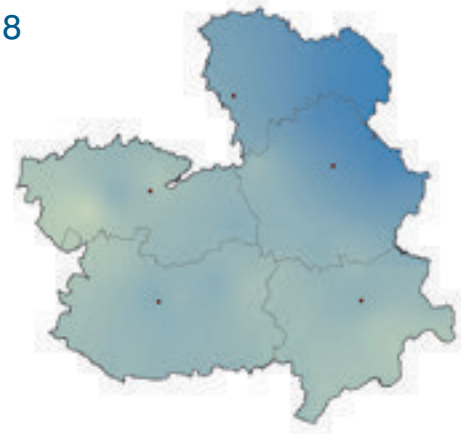
2006



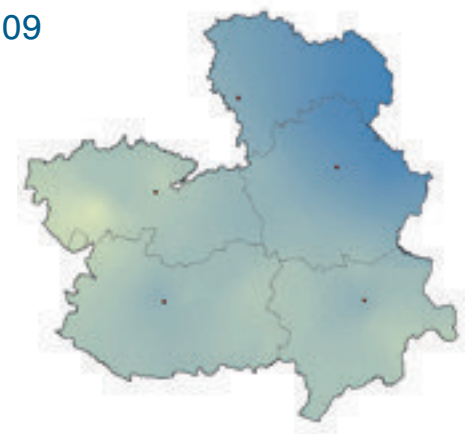
2007



2008



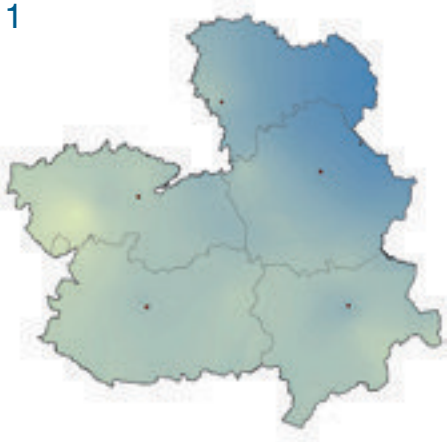
2009



2010



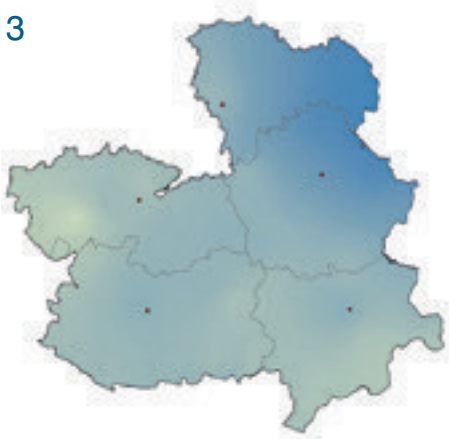
2011



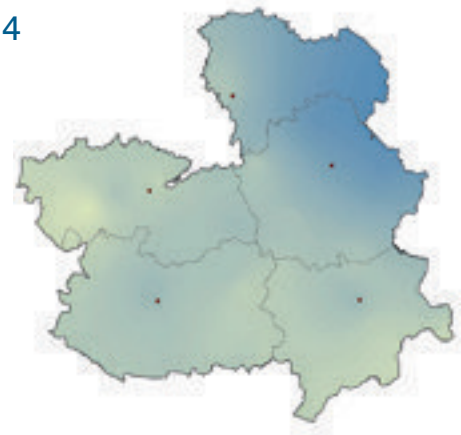
2012



2013



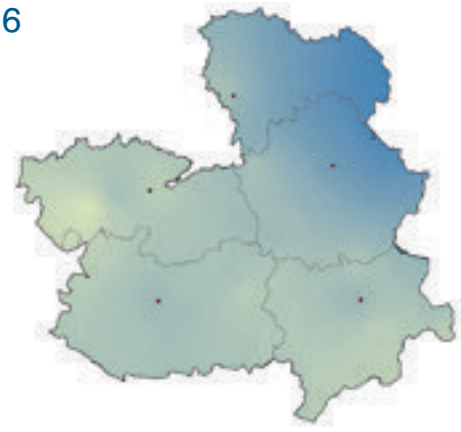
2014



2015



2016



Mapas de variación de precipitaciones

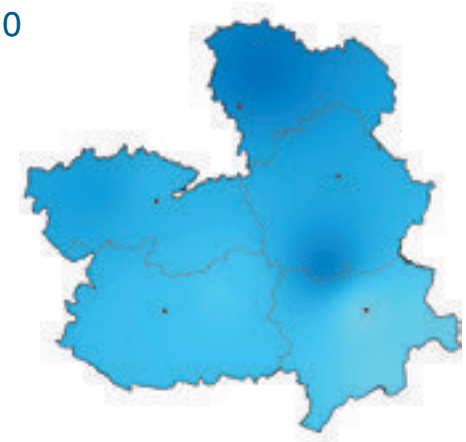
Leyenda



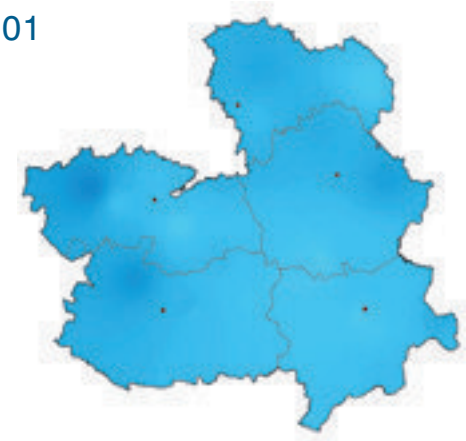
Precipitación máxima: 1300 mm

Precipitación mínima: 100 mm

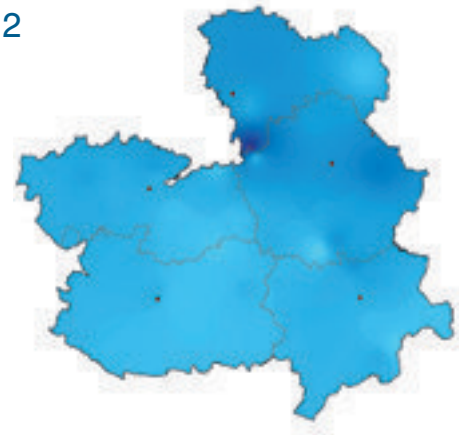
2000



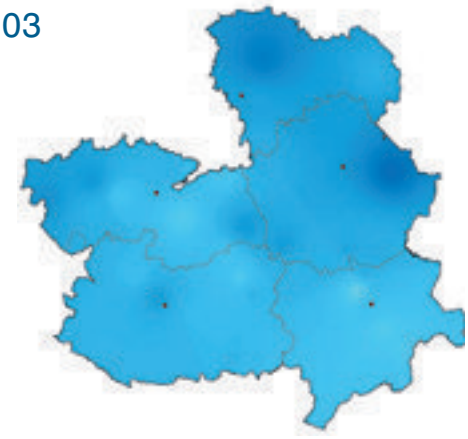
2001



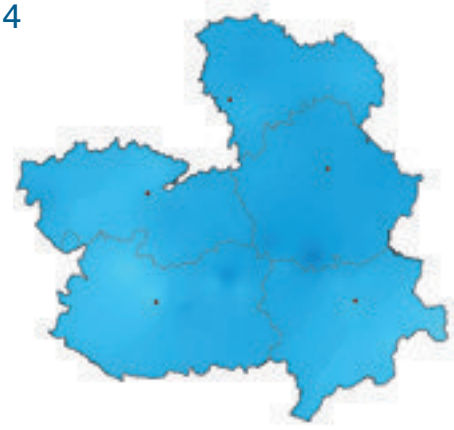
2002



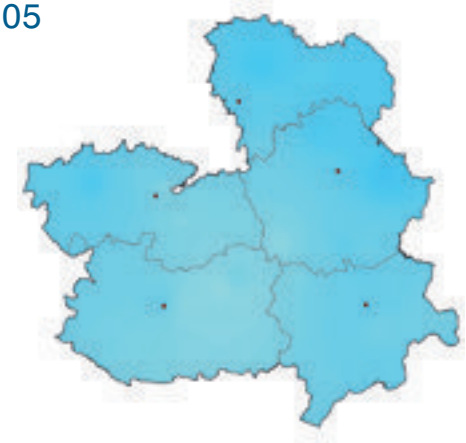
2003



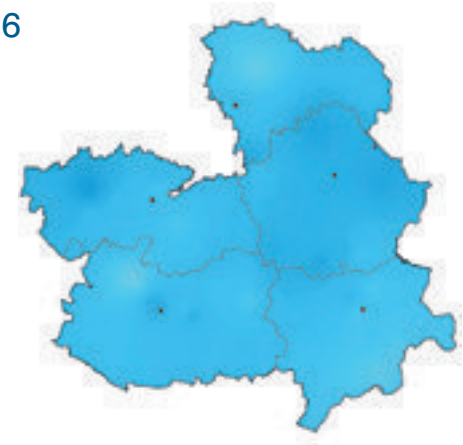
2004



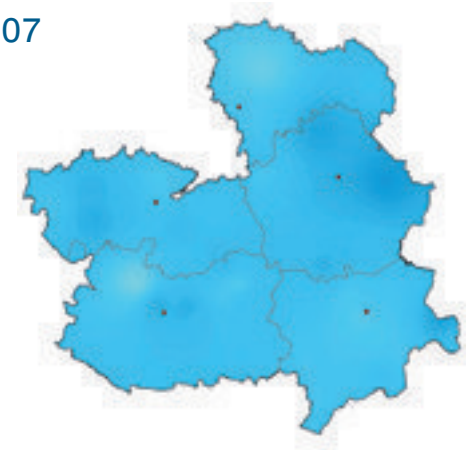
2005



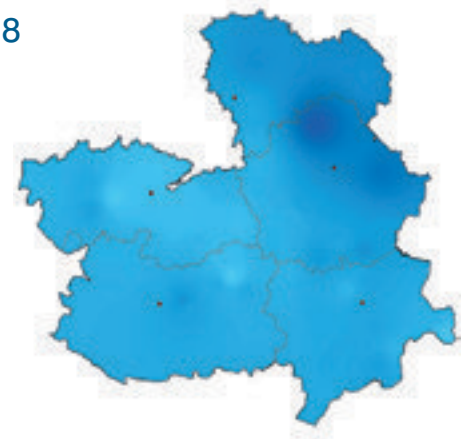
2006



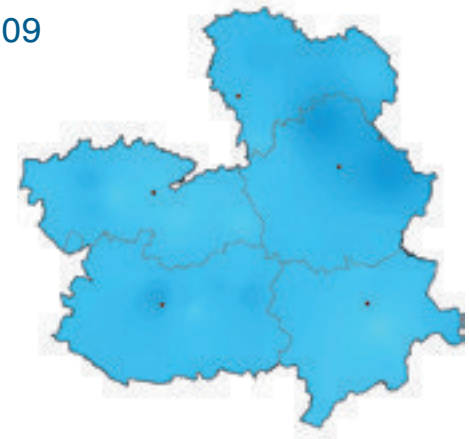
2007



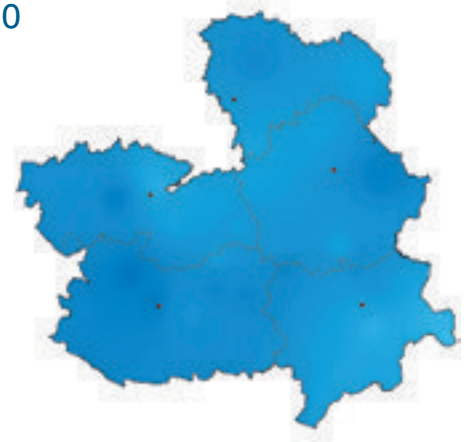
2008



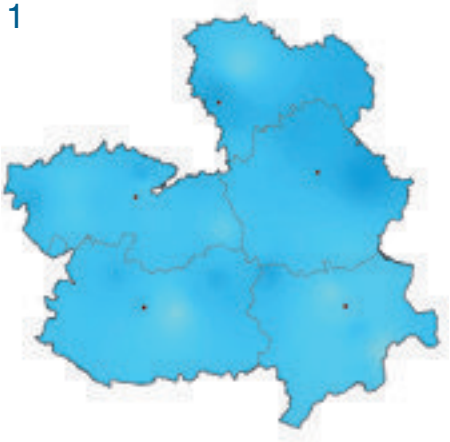
2009



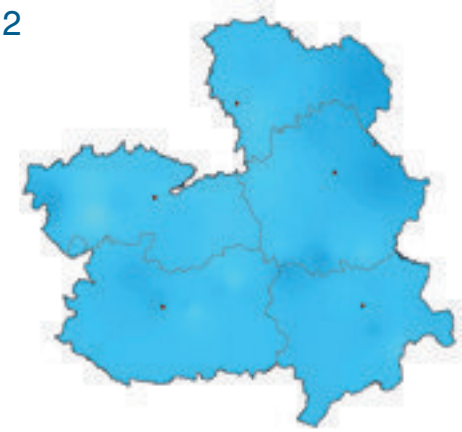
2010



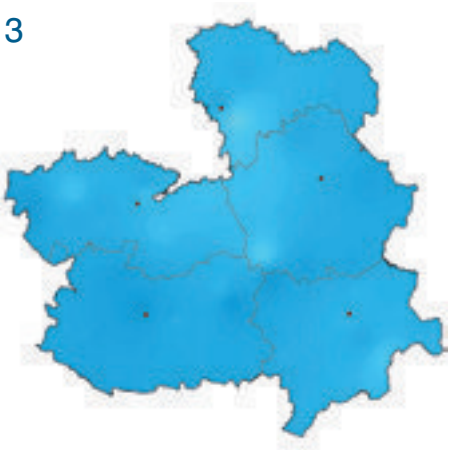
2011



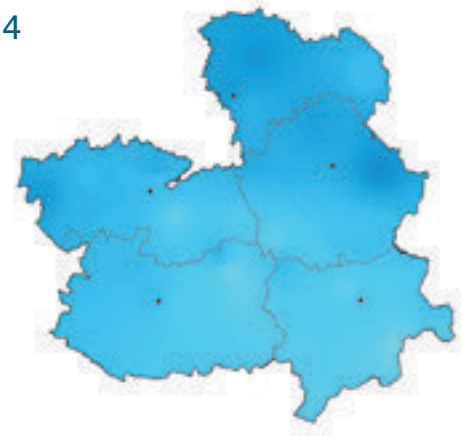
2012



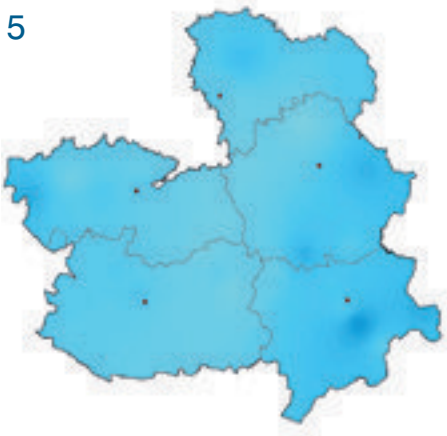
2013



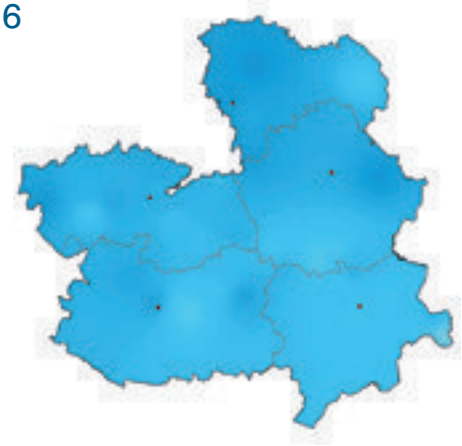
2014

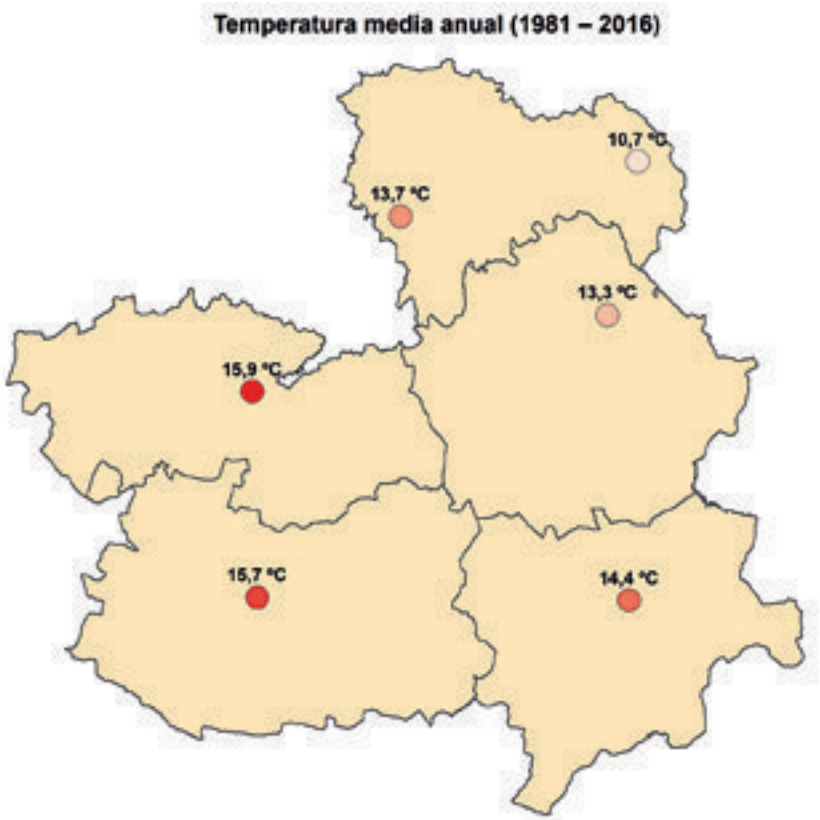


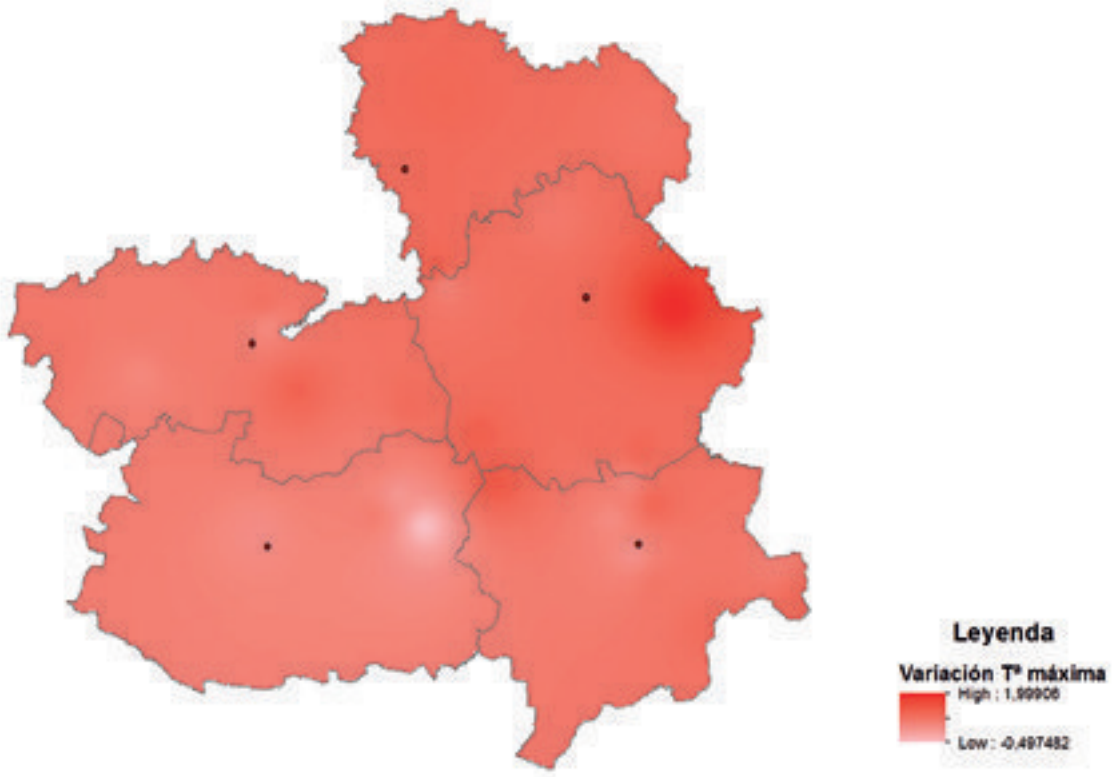
2015

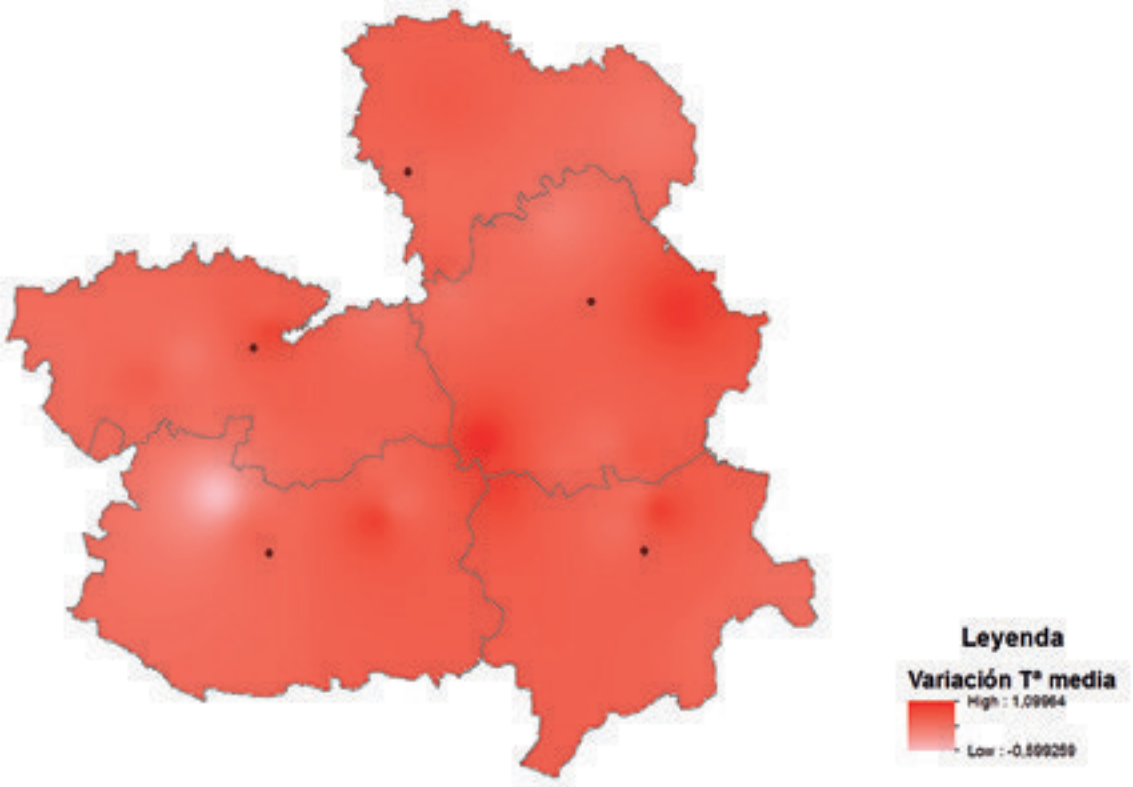


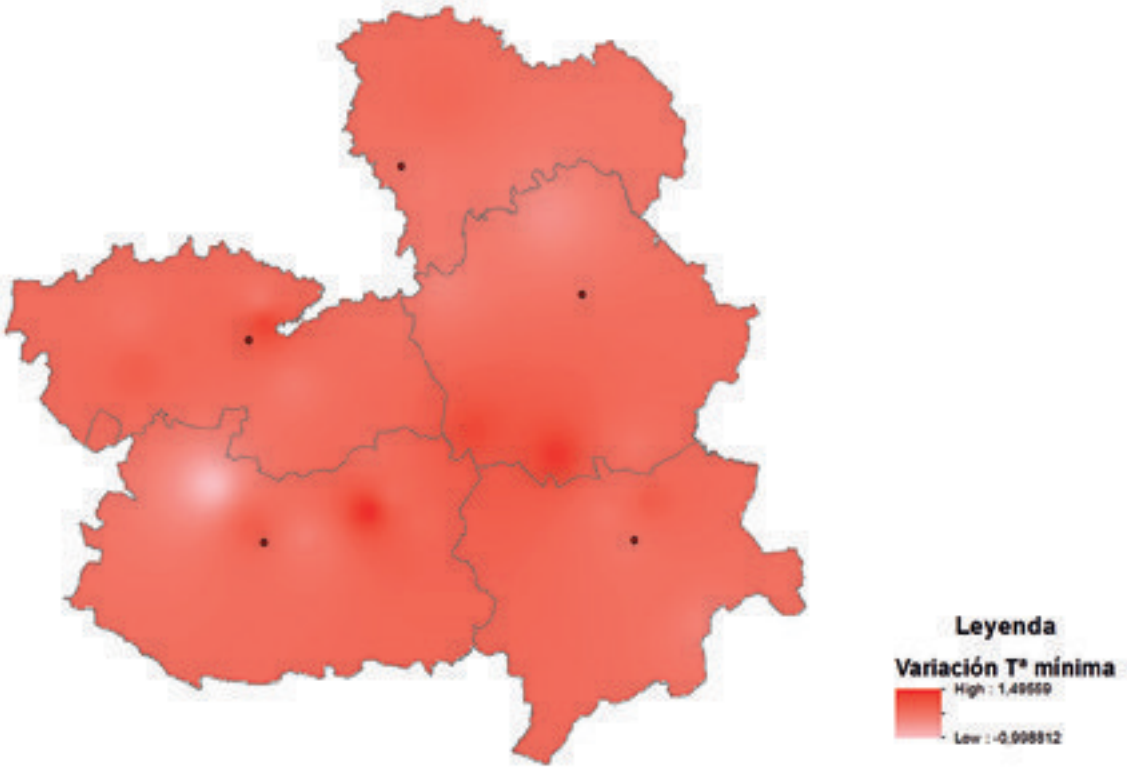
2016

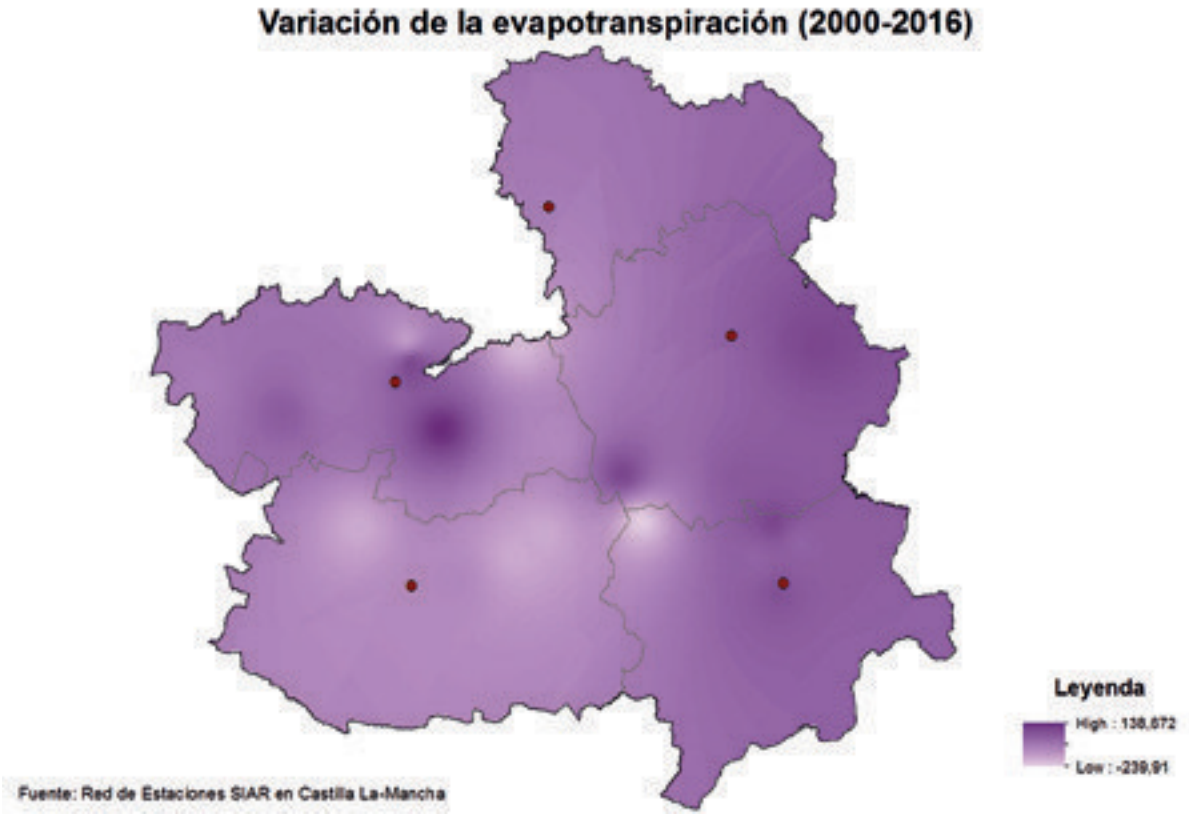


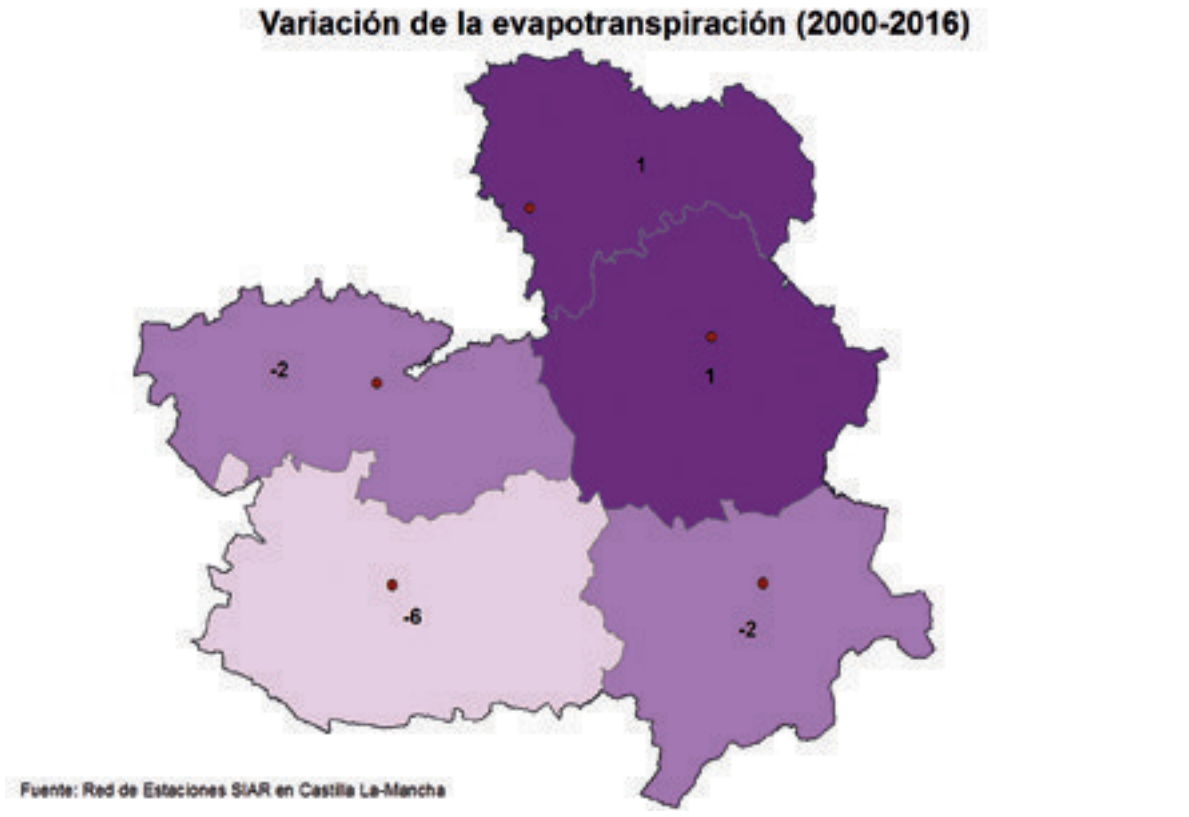

Temperatura media anual (1981 – 2016)
10,7 ºC
13,7 ºC
13,3 ºC
15,9 ºC
15,7 ºC
14,4 ºC

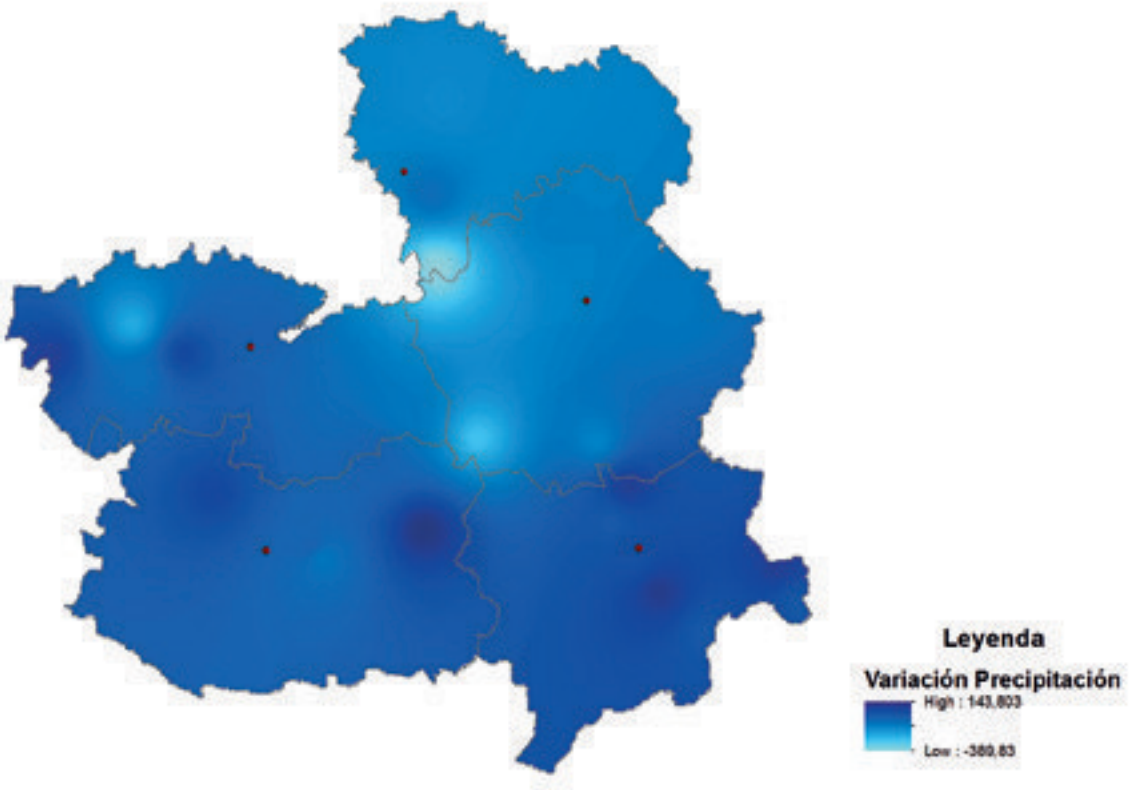

Leyenda
Variación Tª máxima
High : 1,99906
Low : -0,497482

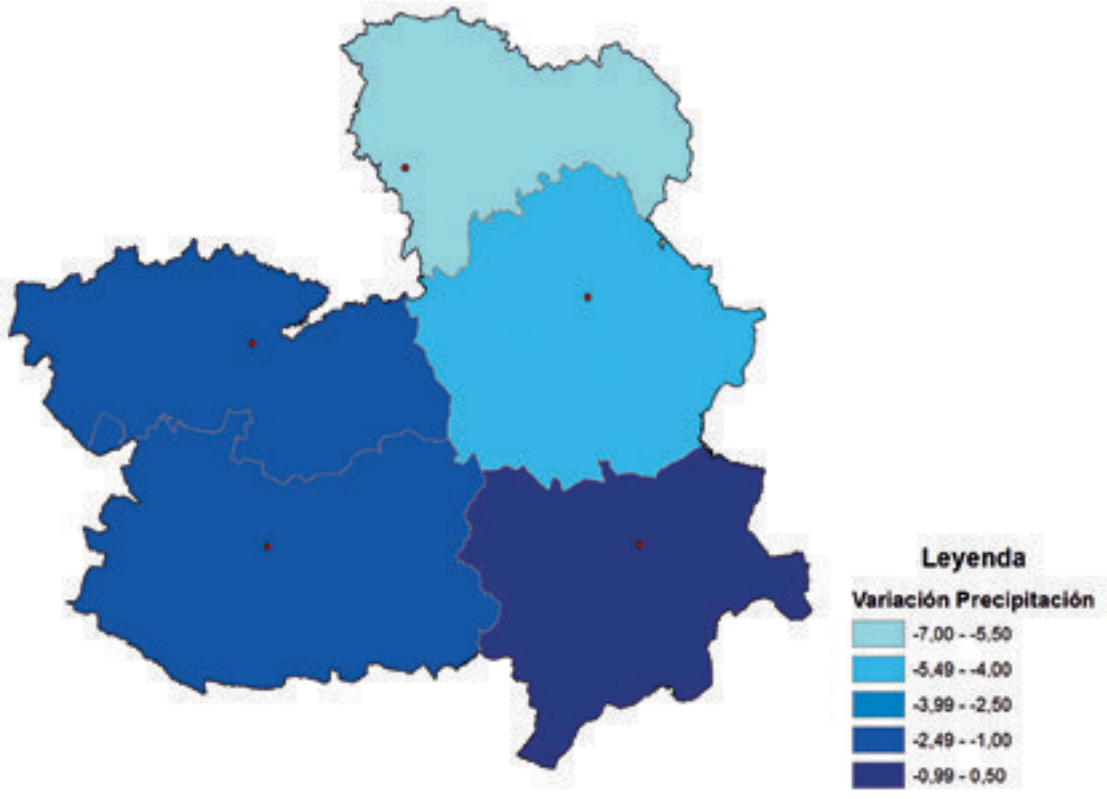

Leyenda
Variación Tª media
High : 1,09964
Low : -0,899259


Leyenda
Variación Tª mínima
High : 1,49659
Low : -0,998812


Variación de la evapotranspiración (2000-2016)
Leyenda
High : 138,872
Low : -239,91
Fuente: Red de Estaciones SIAR en Castilla La-Mancha


Variación de la evapotranspiración (2000-2016)
1
1
-2
-6
-2
Fuente: Red de Estaciones SIAR en Castilla La-Mancha


Leyenda
Variación Precipitación
High : 143,803
Low : -380,83


Leyenda
Variación Precipitación
-7,00 - -5,50
-5,49 - -4,00
-3,99 - -2,50
-2,49 - -1,00
-0,99 - 0,50

Este libro se cierra para la impresión en septiembre de 2018.

Esta edición ha estado al cuidado de IMP Comunicación.

Se ha utilizado papel Magno Satin y las familias
tipográficas Contornj, Swiss y Frutiger.



Estudio sobre efectos constatados y percepción del

Cambio Climático

en el medio rural de Castilla-La Mancha

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales
Castilla-La Mancha
GOBIERNO DE ESPAÑA