

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

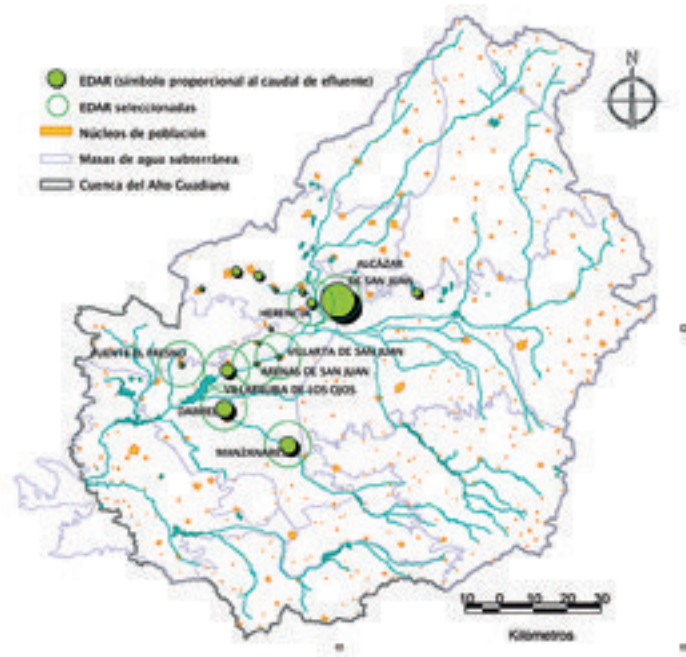


Figura 1: Estaciones depuradoras consideradas, representadas con una simbología por tamaños proporcional al caudal de sus efluentes. Fuente: Sánchez Ramos, 2013.

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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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 m³.

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 generalizadas 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 $\mu\text{S}/\text{m}$ de conductividad, a ser de agua hiposalina, con una conductividad eléctrica de 2440 $\mu\text{S}/\text{m}$. Su superficie inundada incrementó de forma tan notable que el agua desbordó la cubeta (Figuras 1 y 2).

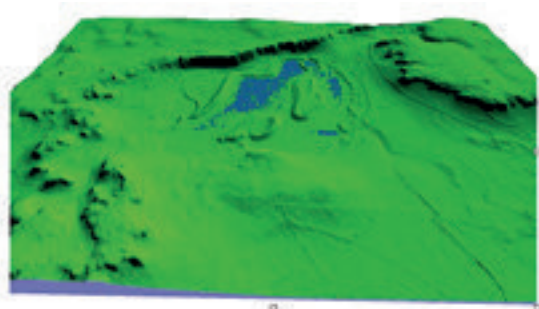


Figura 1: Lámina de agua en la laguna de Salicor (Mayo 2007) con 16,5cm de profundidad. Fuente: Elaboración propia con Global Mapper.

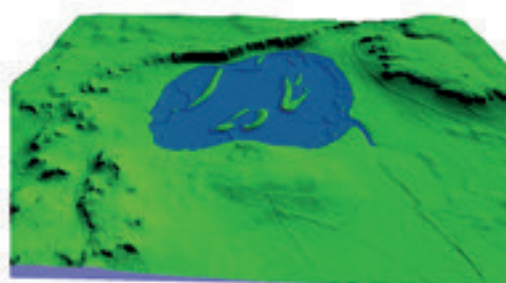


Figura 2: Lámina de agua en la laguna de Salicor (junio 2007) con 220cm de profundidad. Fuente: Elaboración propia con Global Mapper.

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-clorurada 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 (μ S/m)	90000	2440
Ph	8.7	8.84
Temperatura ($^{\circ}$ 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)
Ca ²⁺ (meq)	960	13.3
Mg ²⁺ (meq)	642.34	6.25
Na ⁺ (meq)	404.35	4.28
K ⁺ (meq)	46.98	0.65
Alctot (meq)	14.28	1.43
HCO ₃ ⁻ (meq)	13.40	1.02
CO ₃ ²⁻ (meq)	0.63	0.07
SO ₄ ²⁻ (meq)	50.1	14.31
Cl ⁻ (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-PO ₄ (mg/l)	0.030	0.004
N-NH ₄ (mg/l)	0.376	0.090
N-NO ₂ (mg/l)	0.0007	0.0117
N-NO ₃ (mg/l)	0.017	0.215
SiO ₂ (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.

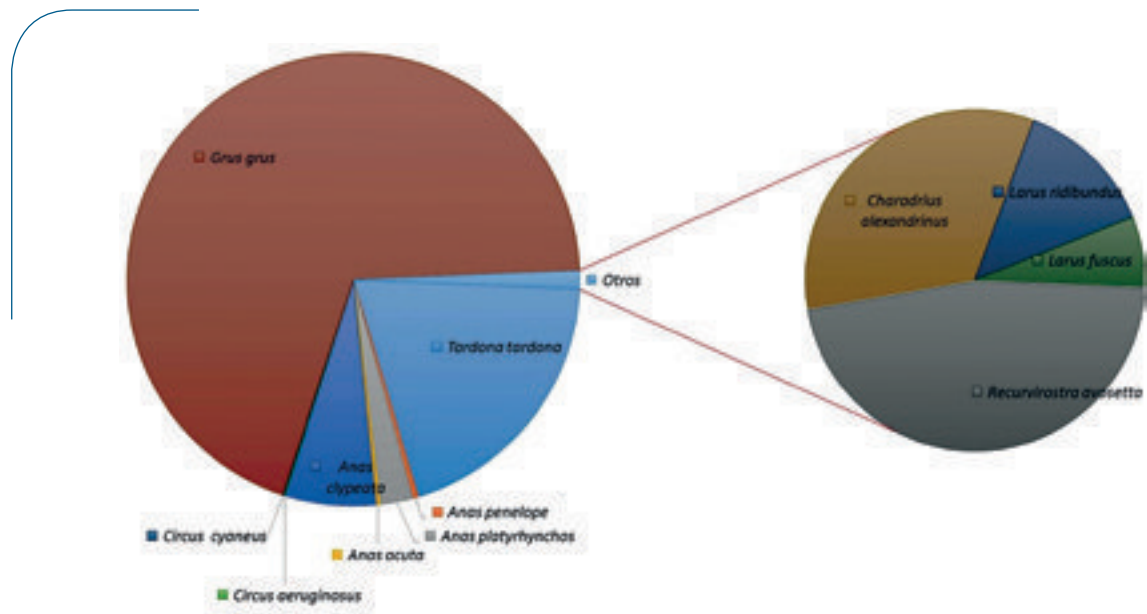


Figura 3.: Composición de la avifauna en la laguna de Salicor antes (enero-abril 2017) de una fluctuación climática extrema. Fuente: Elaboración Propia.

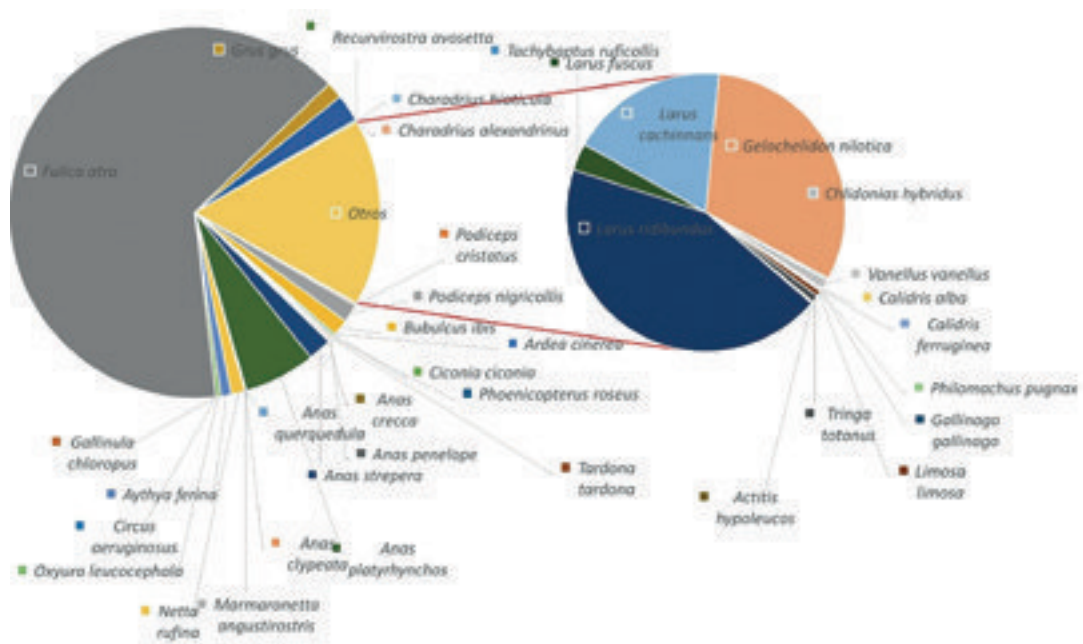


Figura 4.: Composición de la avifauna en la laguna de Salicor después (junio-diciembre 2017) de una fluctuación climática extrema. Fuente: Elaboración Propia.

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 platyrhynchos*), pagaza piconegra (*Gelochelidon nilotica*), cigüeñuela (*Himantopus himantopus*), garcilla bueyera (*Bulbus 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 espontánea 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

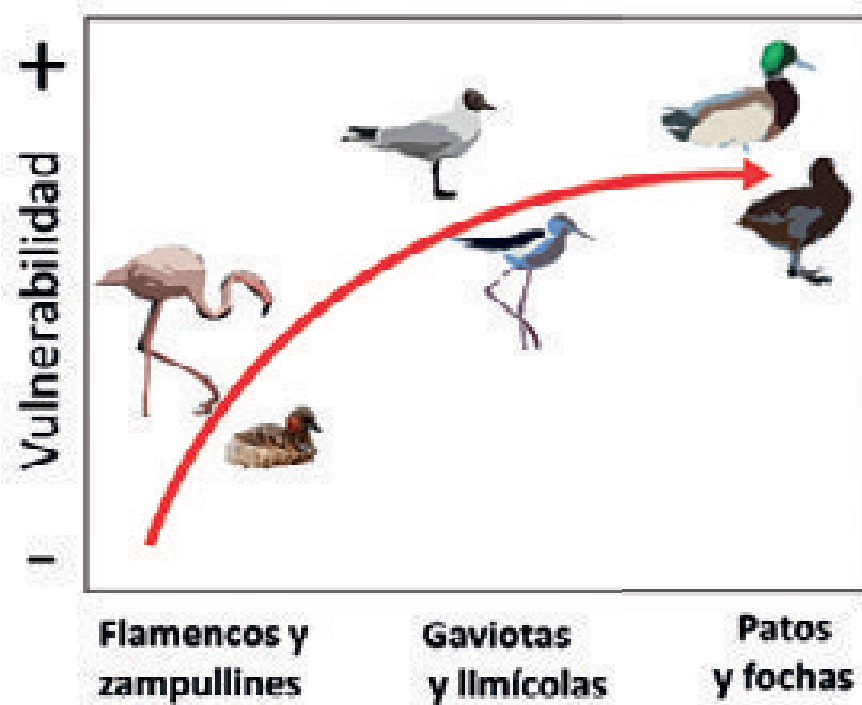


Gráfico 1.: Vulnerabilidad de diferentes grupos de aves acuáticas a los brotes de botulismo en los humedales castellano-manchegos. Los flamencos y zampullines raramente se ven afectados, mientras que los patos y las fochas sufren importantes mortalidades.

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

dsecando 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).

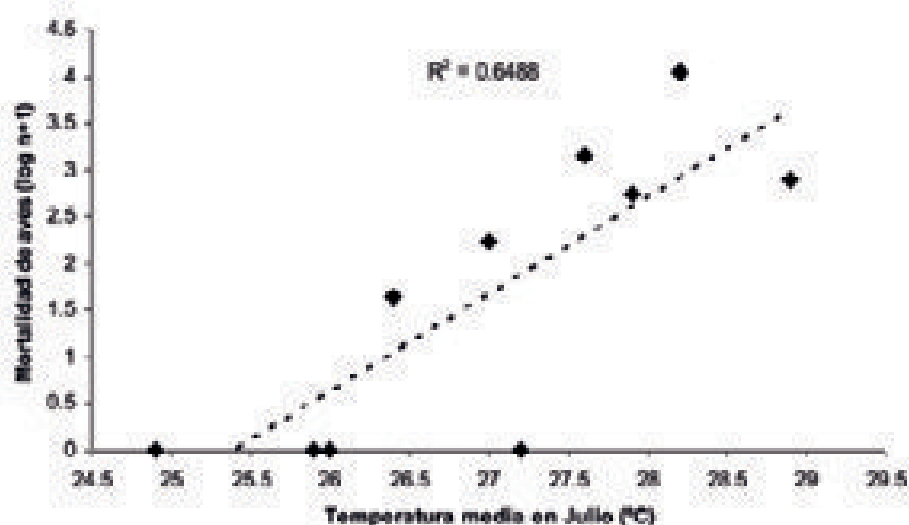


Gráfico 2.: Relación entre la mortalidad de aves en brotes de botulismo y la temperatura media registrada en el mes de julio.

¿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 evaluaciones 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, relictica 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 Sistol (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 ALAOU EL FELLS, 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. Nitecki), 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: Papilionoidea) 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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

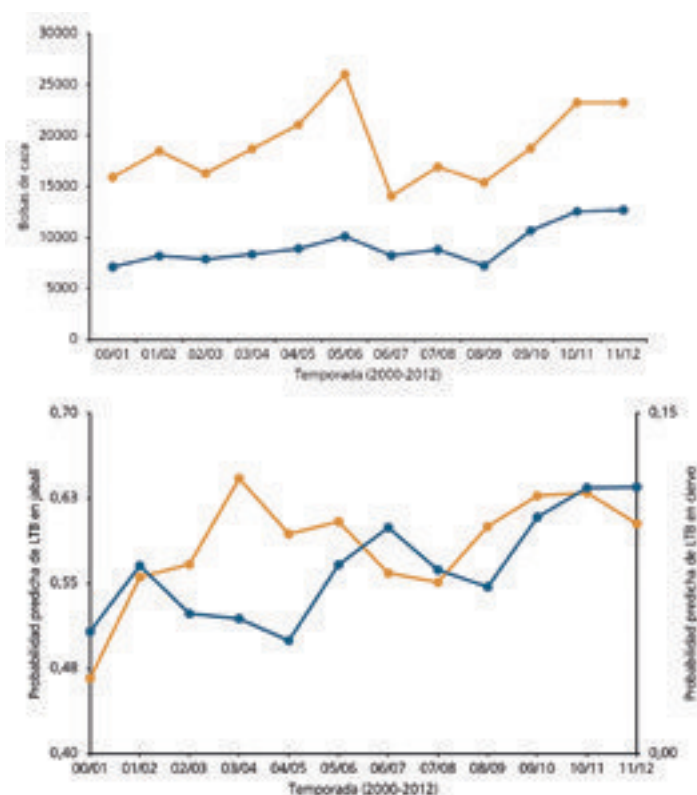


Figura 1.: (a) Bolsas de caza anuales para jabalí (azul) y para ciervo (naranja) entre las temporadas 2000 y 2012 en la provincia de Ciudad Real. (b) Probabilidad predicha de lesiones macroscópicas compatibles con tuberculosis (LTB) en jabalí y ciervo durante el mismo periodo. Adaptada de Vicente et 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 redundará 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-Fernández 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 ONE*10(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; M^a 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 cardíaco, 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 26°C 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-Ispuerto *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 ruminants. 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, YÁÑIZ 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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 derivadas 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 espermatozoides

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 altas 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 aparecer 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 coincide con la maduración y ovulación, los embriones resultantes de la fecundación de estos ovocitos serían más propensos a desarrollarse más lentamente con riesgo de anomalías (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 menor tamaño y alteración de la dominancia del folículo dominante pudiendo resultar en ovocitos envejecidos (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% (García-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 Fahrenheit, equivalente a 22 en escala Celsius). García-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 pérdidas 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 30°C 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.

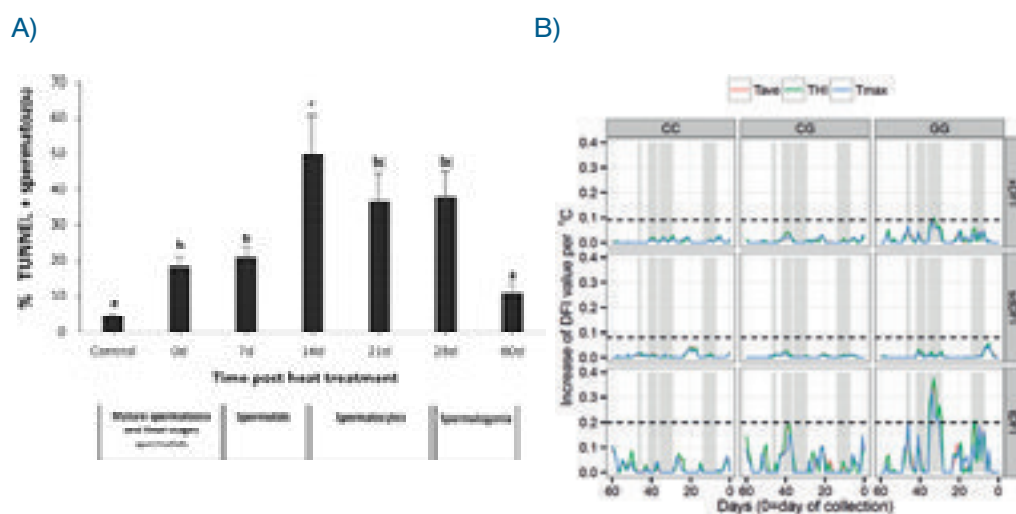


Figura 1.: Periodos de la espermatogénesis con mayor susceptibilidad a los efectos del estrés por calor en ratones (A; Pérez-Crespo et al. 2008) y ovino Manchego (B; Ramón et al. 2014)

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 altas 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 Meteorología 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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).

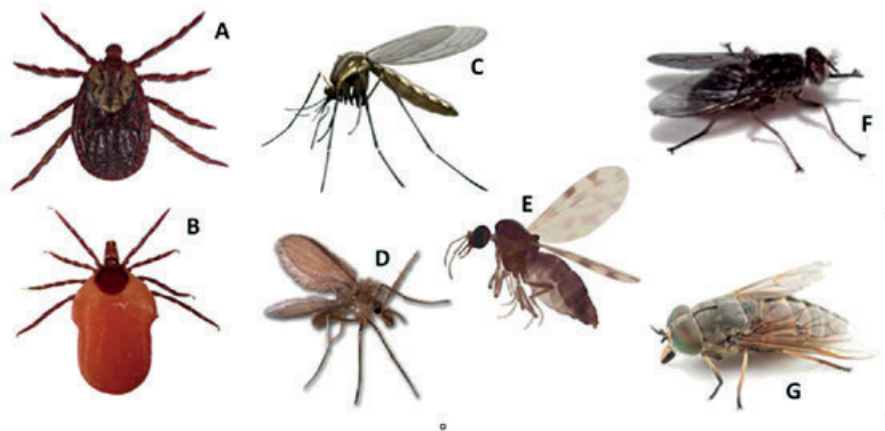


Figura 1.: Imágenes de los diferentes grupos de artrópodos hematofagos de relevancia en salud pública y sanidad animal, incluyendo garrapatas (A: hembra de *Dermacentor marginatus*; B: hembra alimentada de *Ixodes ricinus*), mosquitos (C), flebotomos (D), jejenes del género *Culicoides* (E), mosca tse-tse (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 hematofagas. 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 larvianas 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 flebotomos, 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 diferentes 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 número 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 epizootica 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.

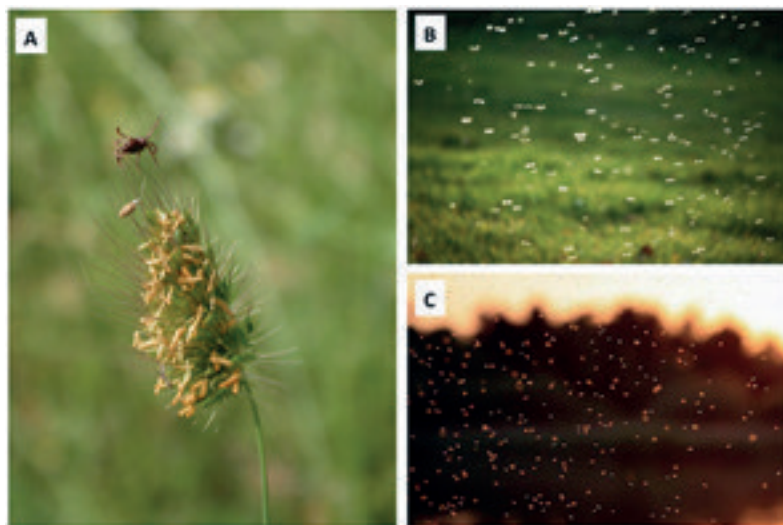


Figura 2.: Imágenes de vectores en búsqueda activa de hospedadores (A: garrapata encaramada a la vegetación; B: mosquitos volando; C: jejenes en vuelo) expuestos a las condiciones climáticas reinantes (insolación, temperatura, desecación, viento).

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.

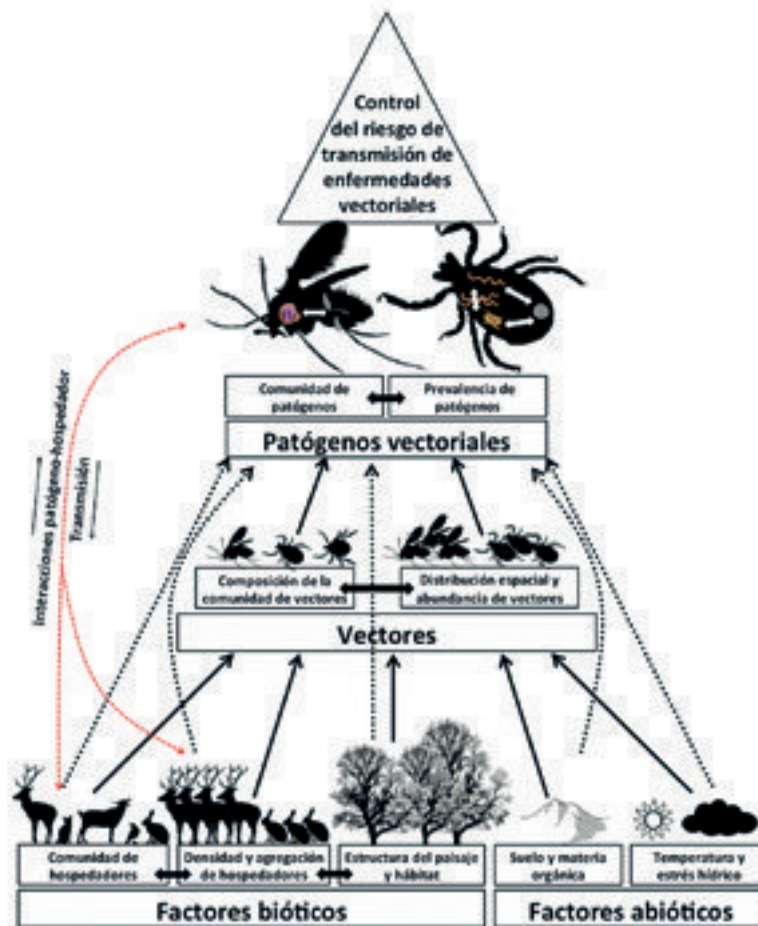


Figura 4.: Esquema sintetizado del funcionamiento de los sistemas vector-hospedador-patógeno y los factores que influyen en la demografía poblacional de los vectores artrópodos (flechas de línea continua) y en el riesgo de transmisión de patógenos (flechas de línea punteada) con la finalidad de desarrollar 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 muestran 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).

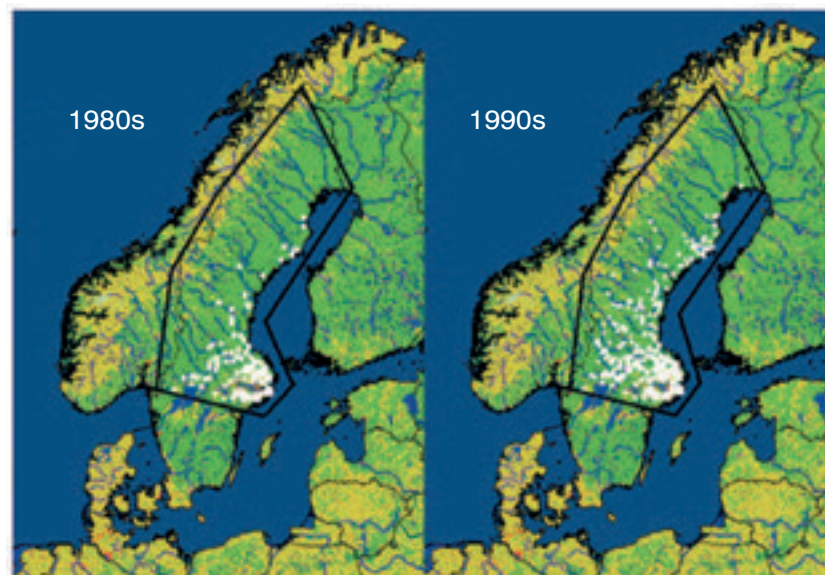


Figura 5.: Mapas de distribución geográfica de *Ixodes ricinus* en Suecia en los que se puede apreciar una clara expansión hacia el norte entre las décadas de 1980 y 1990 relacionada con cambios en el clima, especialmente con el aumento de las temperaturas medias invernales. Fuente: Lindgren et al. (2000)

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, TRISCIUOGGIO 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 Gascuña

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.

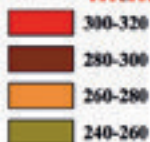
Las previsiones auguran un calentamiento continuado durante la primera mitad de siglo que podrá posteriormente acentuarse, o mitigarse, en función de que los controles de las emisiones de gases de efecto invernadero sean o no efectivos. Centrándonos en las próximas décadas, varios estudios vaticinan 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.

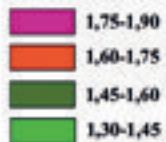
Cambios en los valores absolutos de los Índices de Huglin, de Frescor Nocturno y de Sequía en CLM hacia mediados del siglo XXI según las previsiones del cambio climático (Adaptación de Resco, P (2015). Viticultura y Cambio Climático en España: vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Tesis Doctoral.).



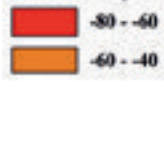
Índice de Huglin (°C)



Frescor Nocturno (°C)



Índice de Sequía (mm)



Índice de Huglin



Frescor Nocturno



Índice de Sequía



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 26°C y 35°C 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 hacia 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 delestaje, 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 microbiota 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 through 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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).

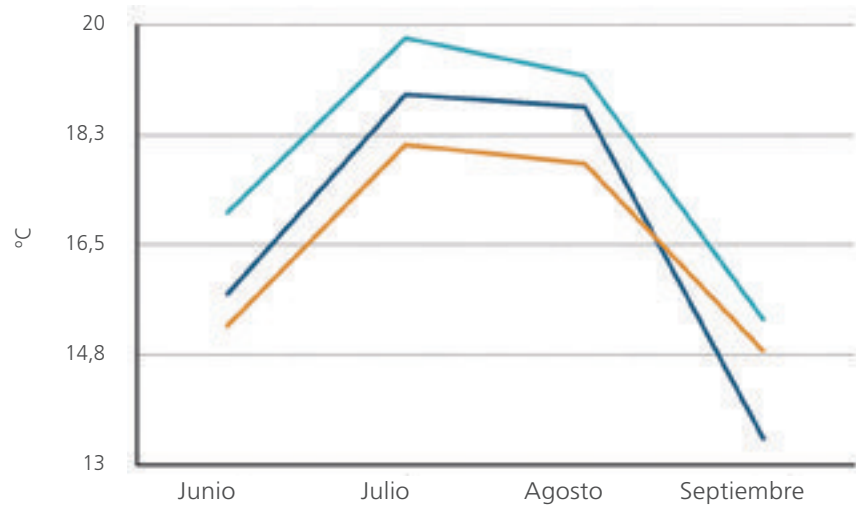
Profundizando en este último aspecto, el porcentaje de prendimiento de injerto en campo, tarea habitual a realizar en verano en aquellas plantaciones cuya planta no viene ya injertada de vivero, que representan alrededor del 75% del total, desde el CIAG El Chaparrillo hemos podido constatar que el porcentaje 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.



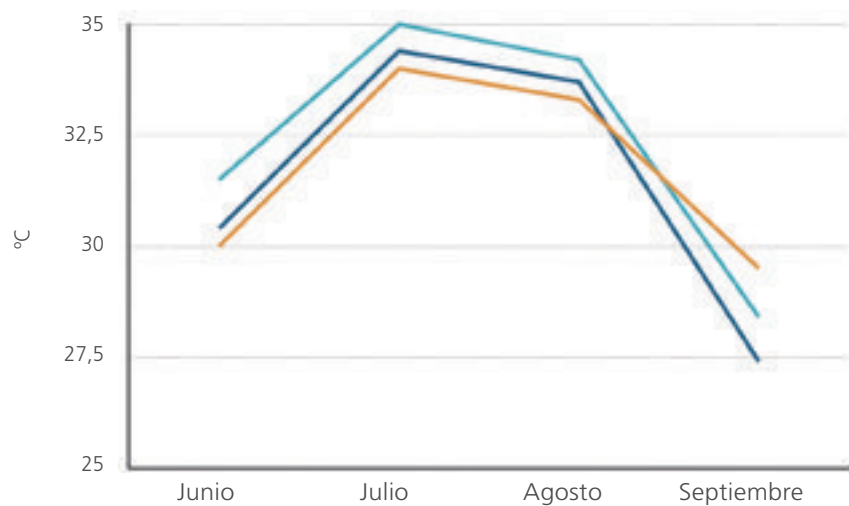
Foto 2.: Plantaciones jóvenes más homogéneas gracias al mayor desarrollo de los portainjertos y su éxito del injerto en los últimos años.

Evolución de las Temperaturas Medias de Mínimas (Tmm) en Ciudad Real en diferentes décadas durante el período del injerto en campo



— Tmm Período 1981/1991 — Tmm Período 1992/2002 — Tmm Período 2003/2010

Evolución de las Temperaturas Medias de Máximas (TmM) en Ciudad Real en diferentes décadas durante el período del injerto en campo



— TmM Período 1981/1991 — TmM Período 1992/2002 — TmM Período 2003/2010

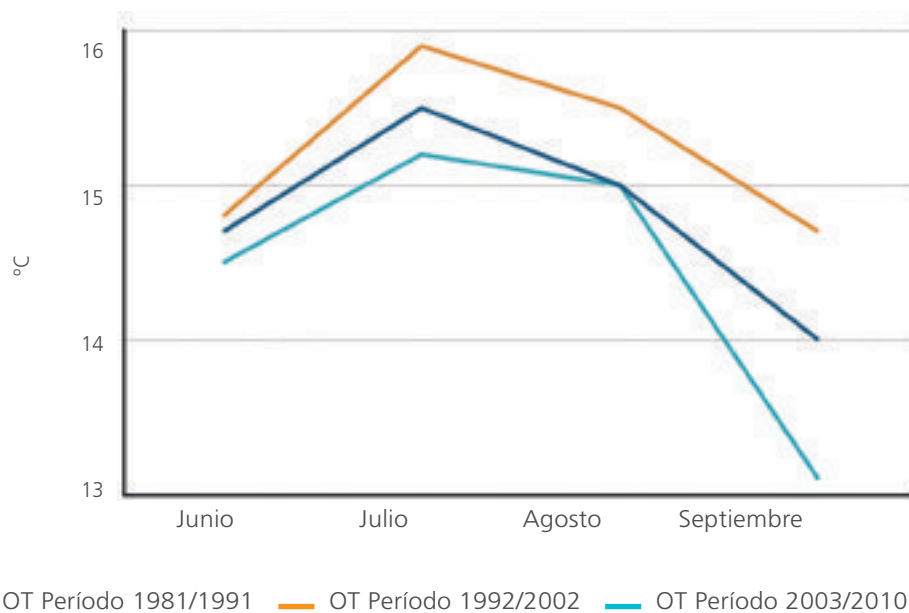
Hace poco más de veinte años, las heladas primaverales tardías de radiación en Castilla-La Mancha eran relativamente frecuentes y podían afectar al pistachero en floración (últimos daños constatados fueron en la primavera de 1993), pero en la actualidad, ese tipo de heladas han dado paso a las de advección, 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 retoños 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 $\leq 7^{\circ}\text{C}$), 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

¹Instituto 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 CO₂. 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 *Penicillium sp* se atenúa en condiciones de sequía en las variedades de ciclo largo (Tabla 1).

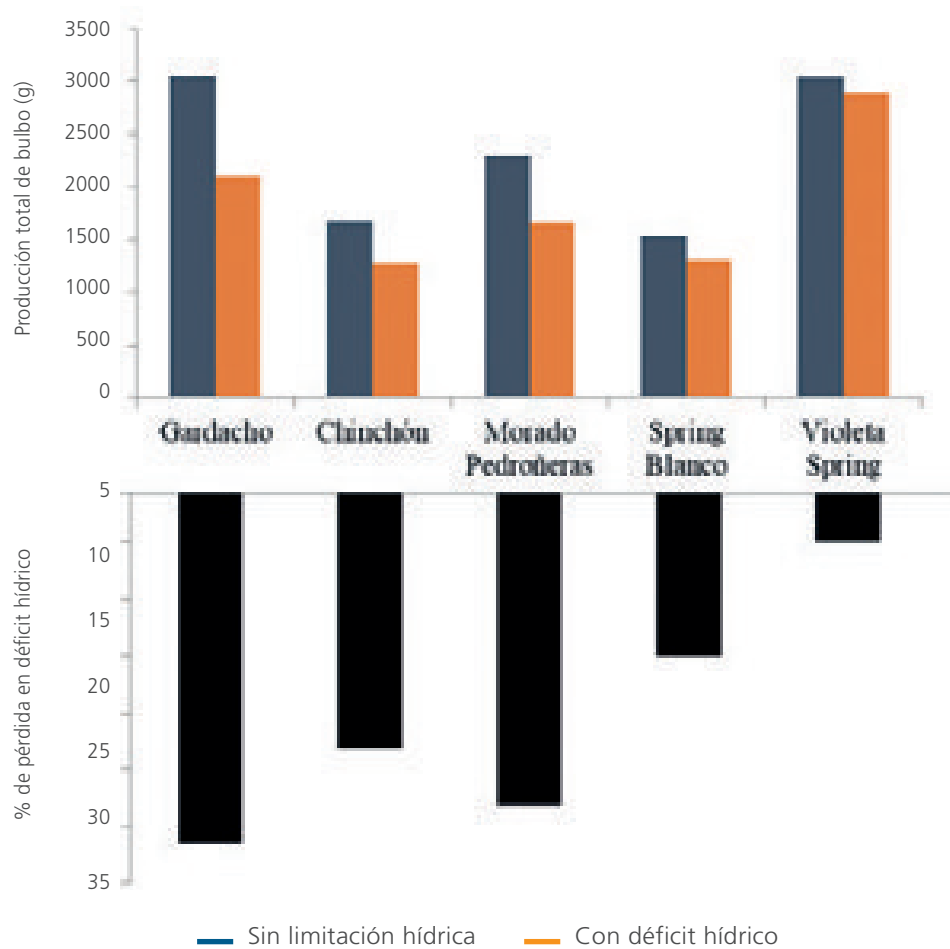


Gráfico 1.: Producción total de bulbo (suma de pesos de los bulbos producidos) para cada disponibilidad hídrica en las diferentes variedades estudiadas y porcentaje de pérdidas en la producción de bulbo en las parcelas sometidas a déficit hídrico respecto de aquellas sin limitación hídrica. Elaboración 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. Esto ha 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 (Gráfico 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 m³/ha,

ahorrando así recursos hídricos. Además mediante técnicas de optimización del riego como el “Riego Deficiente 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 °C en invierno y 5 °C en primavera se tradujo en un aumento del área foliar (desarrollo de mayor superficie de hojas), una mayor altura de las 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 CO₂ no existen estudios específicos en ajo, pero se sabe de manera general que el incremento de CO₂ atmosférico puede ser positivo para el crecimiento del cultivo, por su efecto fertilizador sobre la fotosíntesis. Además, niveles altos de CO₂ 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 °C al tiempo que han disminuido moderadamente las precipitaciones, aproximadamente 10 mm por década (de Castro Muñoz de Lucas 2008). Además, los niveles de CO₂ 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 <i>Penicilium</i> sp (%) sin limitación hídrica	20	20	18,3	35	8,3
Mortalidad por <i>Penicilium</i> 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.

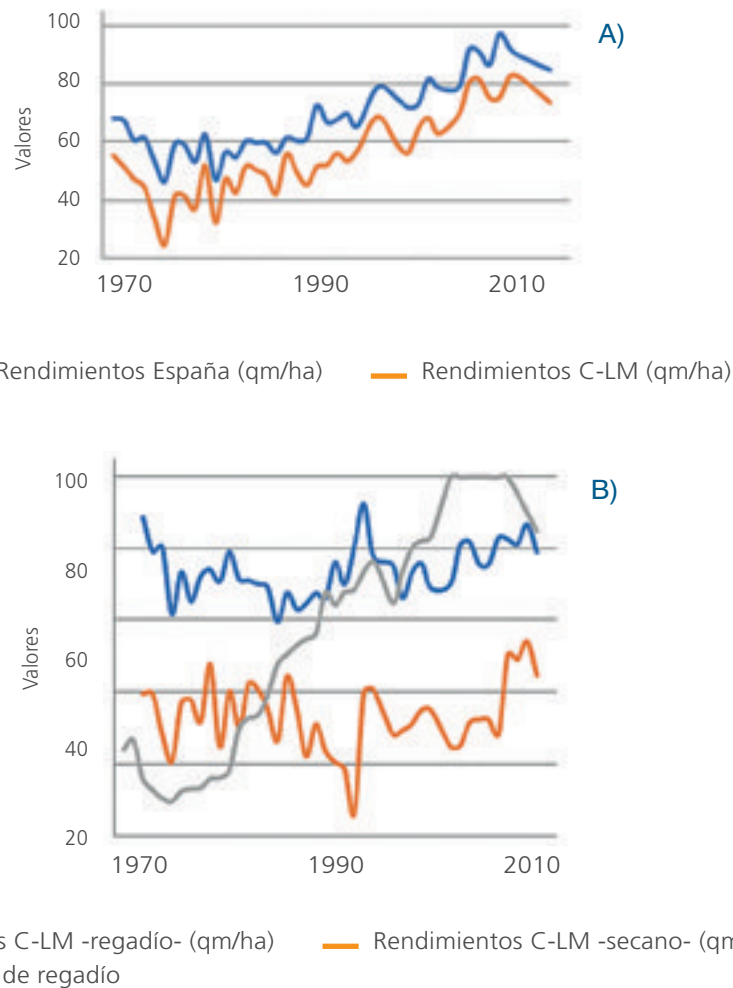


Grafico 2.: Series temporales de los rendimientos de ajo en España y Castilla-La Mancha (A) y rendimientos en Castilla-La Mancha desglosados según superficie de secano o regadío, así como porcentaje de la superficie total cultivada dedicada a regadío (B). Elaboración propia a partir de datos de los Anuarios 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 un 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 m³ /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 m³/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 CO₂ 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 evaluaciones 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.universidad.com.ar/simulan-el-cambio-climatico-en-el-ajo>.
- TUBA Z, SZENTE K, KOCH J (1994) Response of photosynthesis, stomatal conductance, water-use efficiency and production to long-term elevated CO₂ 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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 $T^a < 7^{\circ}\text{C}$)



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 CO₂, 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 25°C. 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 CO₂. 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 menor 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 prevenir 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
Guadate-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 versan 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&hmv=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-lamanca/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-climatico-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 m³ ha⁻¹) e inferior a la media nacional (4140 m³ 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 CO₂, 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).

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 $5000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, 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 $2500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 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., Albfrost 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



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

II Informe sobre Cambio Climático en Castilla-La Mancha

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 km².

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.

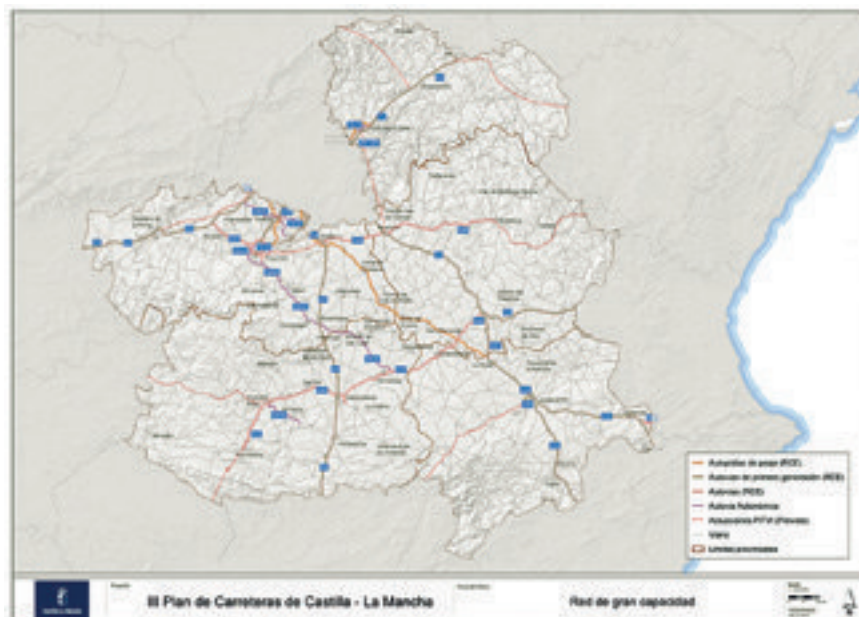


Imagen 1: Red de Gran Capacidad – III Plan de Carreteras de Castilla-La Mancha

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).

Ferrovial

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 km², 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 causado 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 sollicitaciones del sistema carril-travesía-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*

Introducción

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 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 CO₂ por la actividad turística. Ciertamente, el transporte aéreo suma el 40% del total de las emisiones derivadas de la práctica turística.

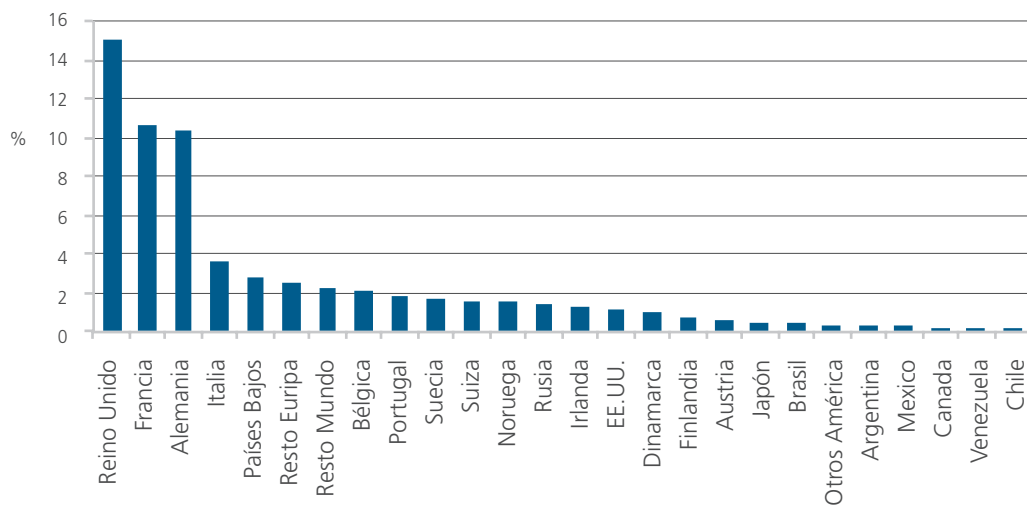


Figura 1.: Entradas de turistas internacionales en España (en millones) según país de residencia (datos definitivos: 2014). Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FRONTUR. Elaboración propia.

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 interanual
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.

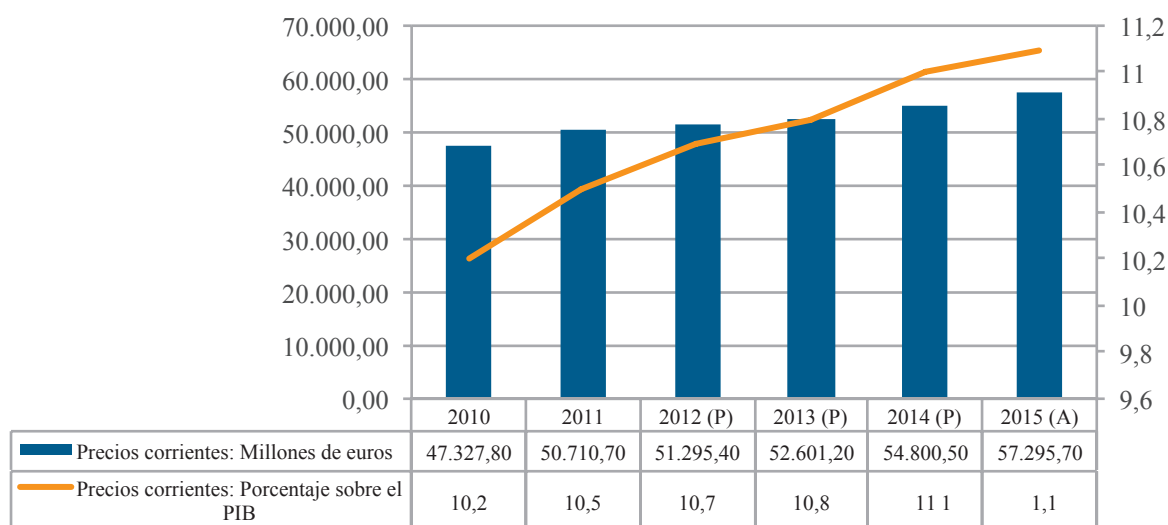


Figura 2.: Cuenta Satélite del Turismo de España. Base 2010. Serie contable 2010-2015. Fuente: INEbase (2017). Elaboración propia.

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 sobremedida.

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 Km², 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 Km². 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.

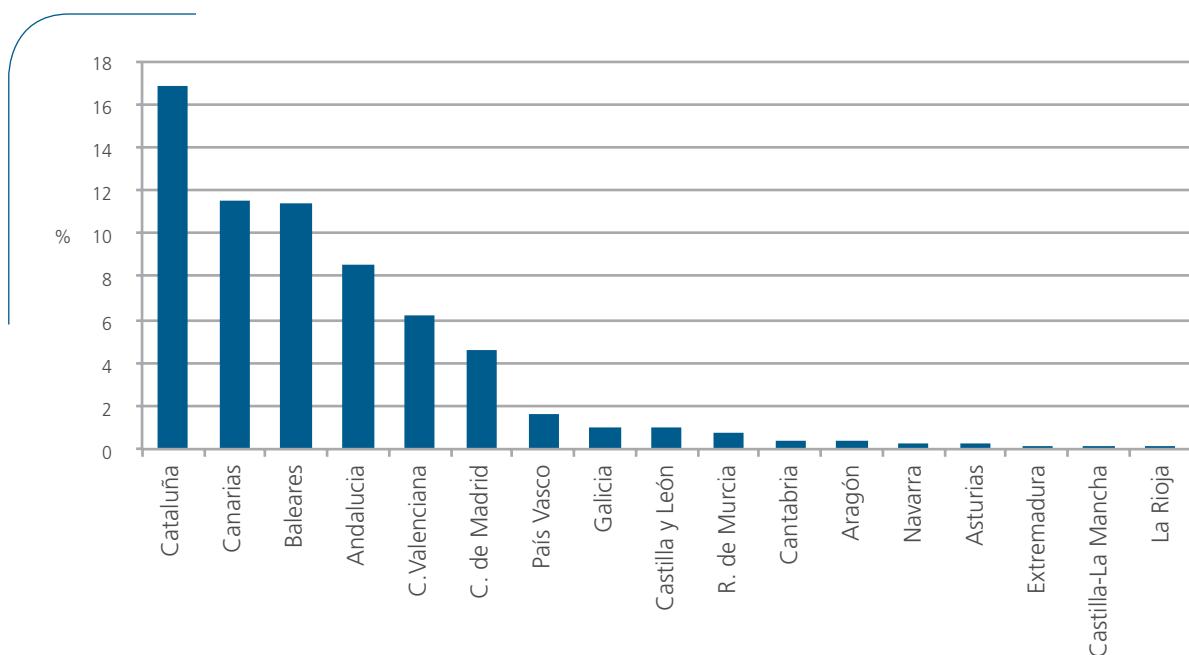


Figura 3.: Entradas de turistas internacionales en España (en millones) por comunidad autónoma (datos definitivos: 2014) Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FRONTUR. Elaboración propia.

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.

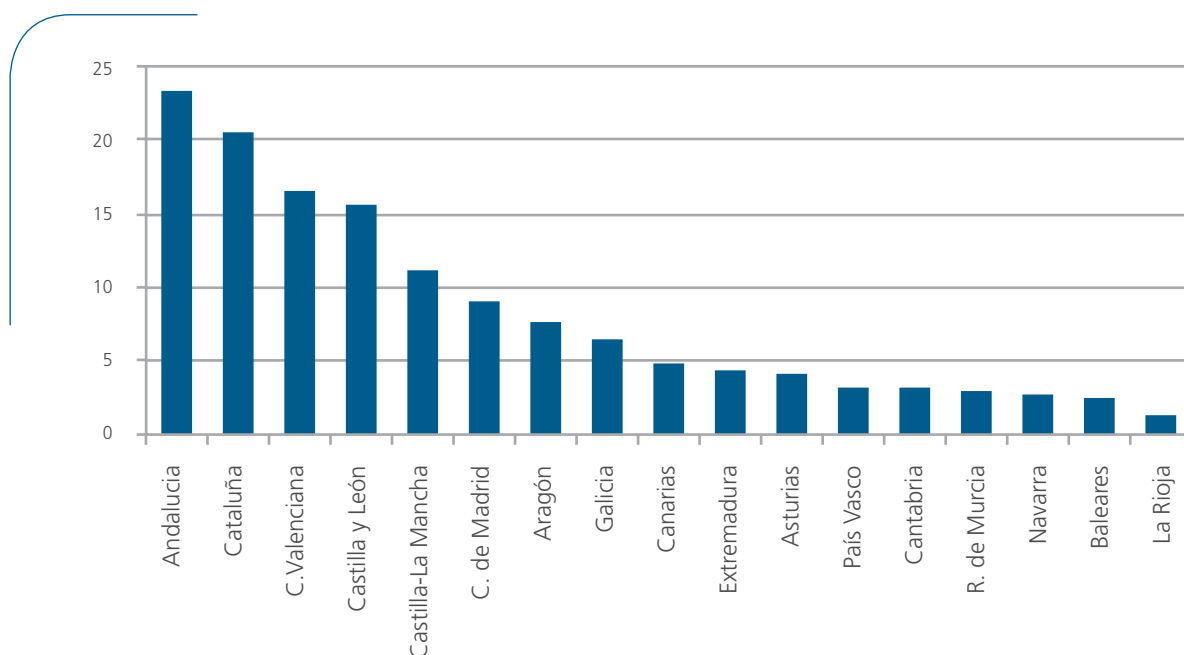


Figura 4.: Número de viajes (en millones) por Comunidad Autónoma (datos definitivos: 2014) Fuente: Turespaña - www.iet.tourspain.es- (DATATUR 2010 - Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos). FAMILITUR. Elaboración propia.

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".

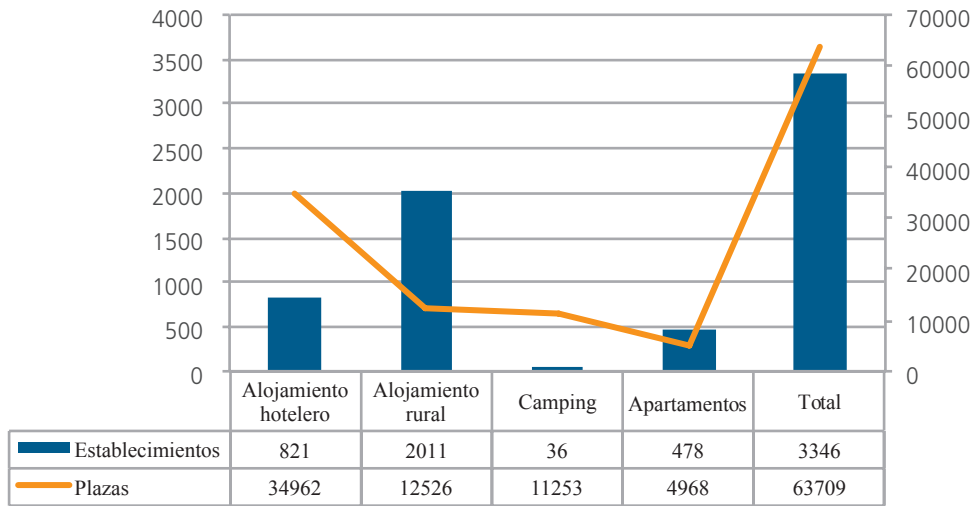


Figura 5.: Oferta de alojamiento turístico en Castilla-La Mancha. Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

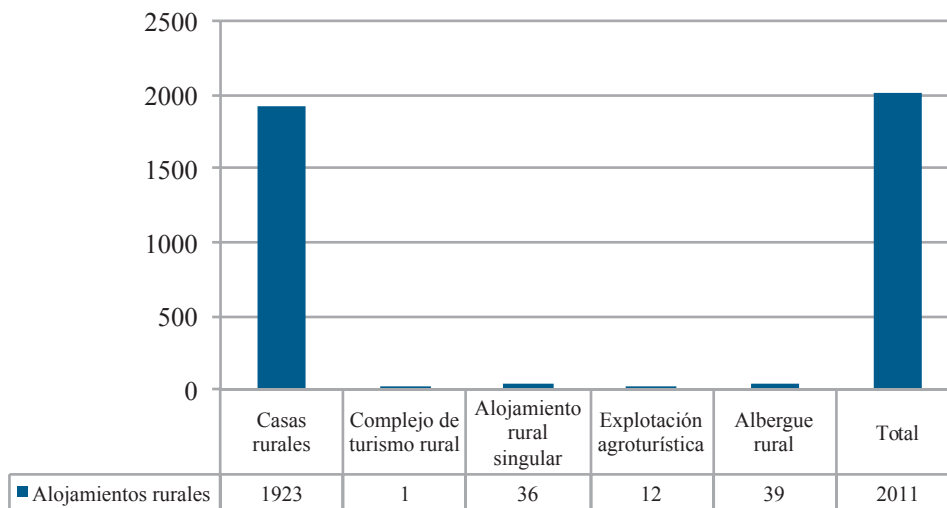


Figura 6.: Alojamientos rurales en Castilla-La Mancha según tipología Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Catilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

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%).

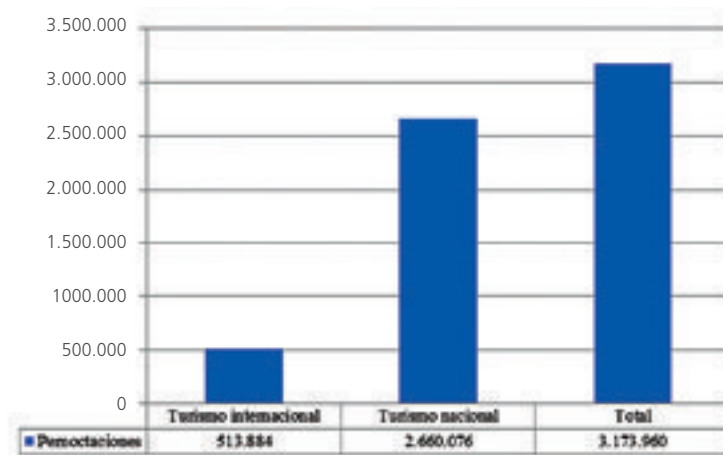


Figura 7.: Pernoctaciones totales según procedencia en Castilla-La Mancha (2014)
Fuente: INE. Elaboración propia.

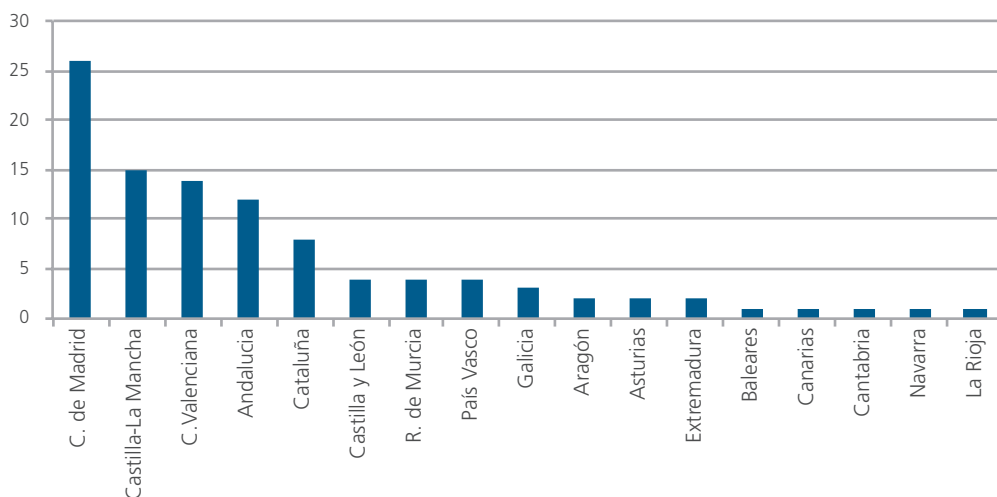


Figura 8.: Procedencia (valores porcentuales) de los turistas españoles en Castilla-La Mancha (2014)
Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Castilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

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).

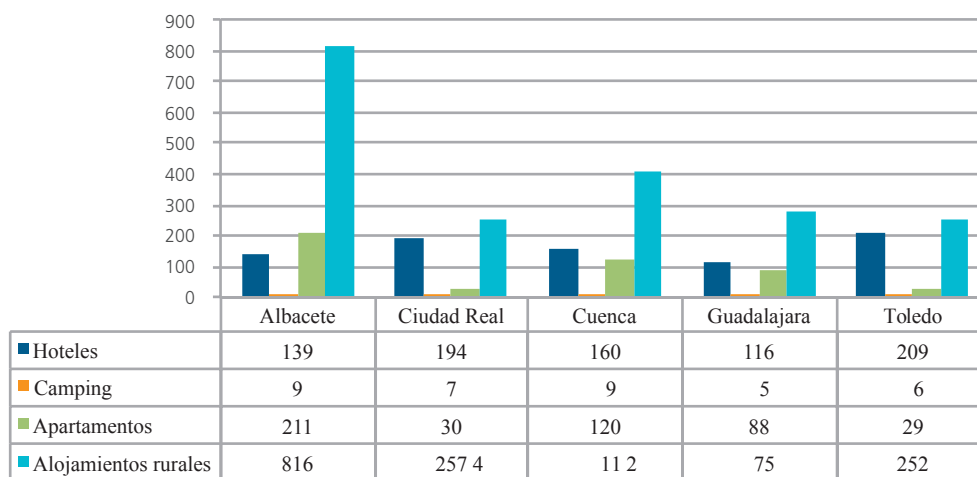


Figura 9.: Tipología de alojamiento por provincias en Castilla-La Mancha. Fuente: Plan Estratégico de Turismo de Castilla-La Mancha 2015-2019. Elaboración propia.

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 Castilla-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

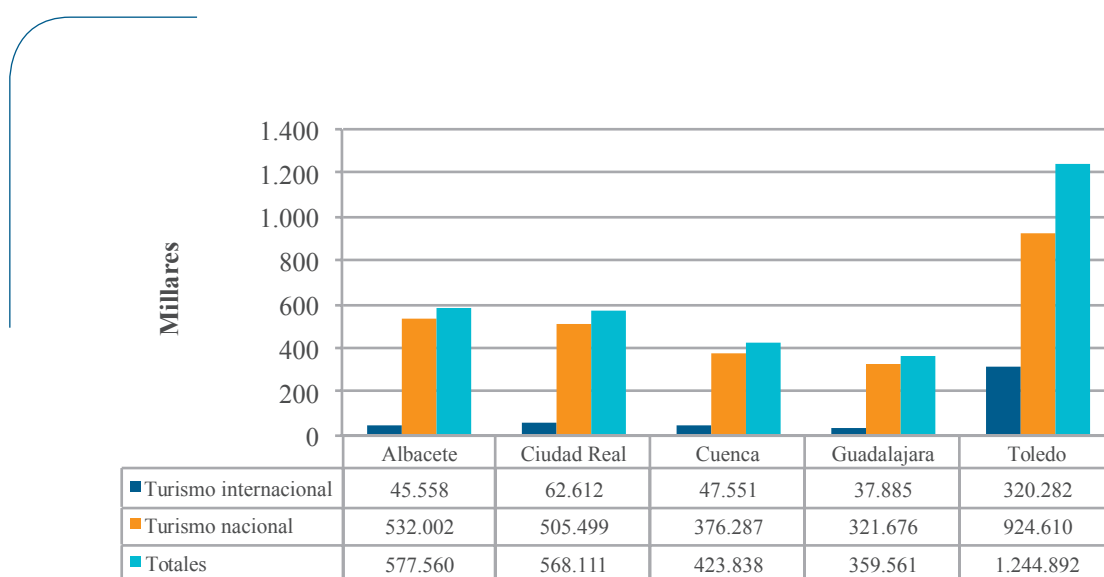


Figura 10.: Pernoctaciones registradas en Castilla-La Mancha por provincias en 2014.
Fuente: INE. Elaboración propia.

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).

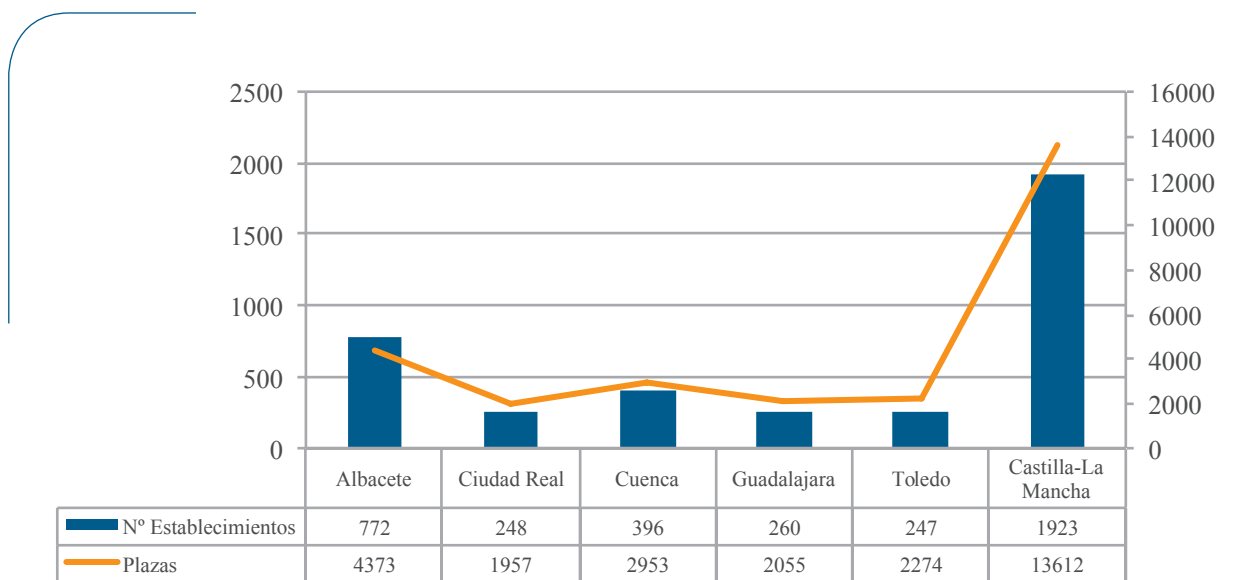


Figura 11.: Número de casas rurales y sus respectivas plazas en Castilla-La Mancha en 2014.

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.

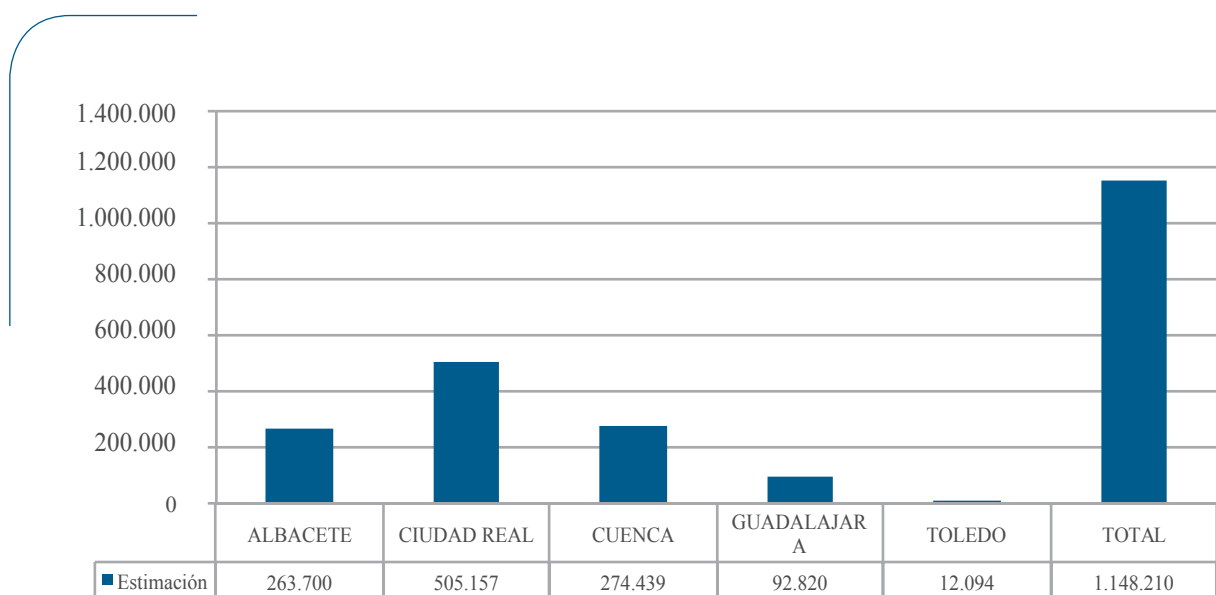


Figura 12.: Afluencia a los espacios naturales protegidos de Castilla-La Mancha por provincias (2014). Fuente: Junta de Castilla-La Mancha. Elaboración propia.

II Informe sobre Cambio Climático en Castilla-La Mancha

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 Almagro, 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 perspectivas 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 relaciona 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 Países 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).

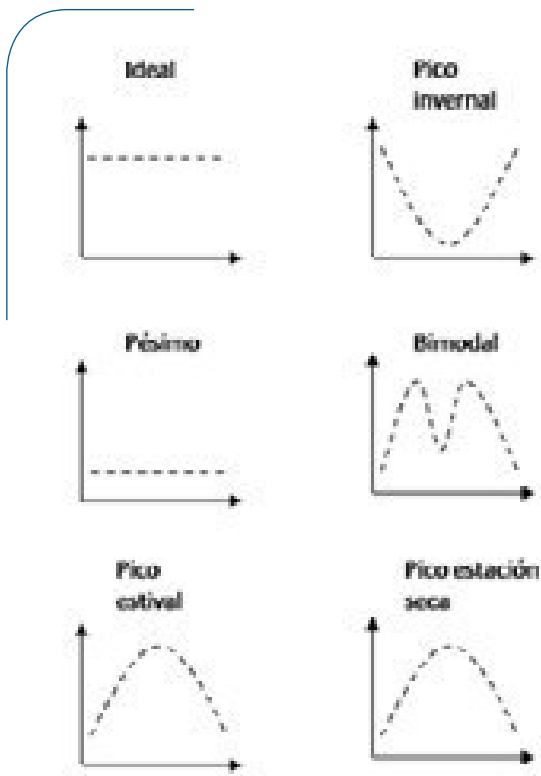


Figura 14.: Modelos estacionales de aptitud climática para la práctica turística. Fuente: Scott y McBoyle, 2001. Elaboración propia.

Por tanto, el cálculo del índice climático-turístico (*ICT*) se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$ICT_{m,s} = 2 \cdot [(\lambda \cdot IT_{max}) + (\omega \cdot IP)]$$

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 *ICT_{m,s}* sea 100.

Moreno (2010) propone las siguientes ponderaciones para el índice climático turístico enfocado al turismo cultural y de ciudad: *ICTc* ($\lambda=6.7$ y $\omega=3.3$), quedando la expresión tal que así:

$$ICTc = 2 \cdot [(6,7 \cdot T_{max}) + (3,3 \cdot P)]$$

Para el caso del turismo rural, de naturaleza y montaña los pesos asignados a cada subíndice son ($\lambda=5$ y $\omega=5$), por ello la valoración debe realizarse a partir de:

$$ICT(r,n, m) = 2 \cdot [(5 \cdot T_{max}) + (5 \cdot P)]$$

Puntuación (subíndice)	Tmax mensuales (°C)	P mensual (mm)
5	20,1 a 27	0 a 14,9
4,5	19,1 a 20 y 27,1 a 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.

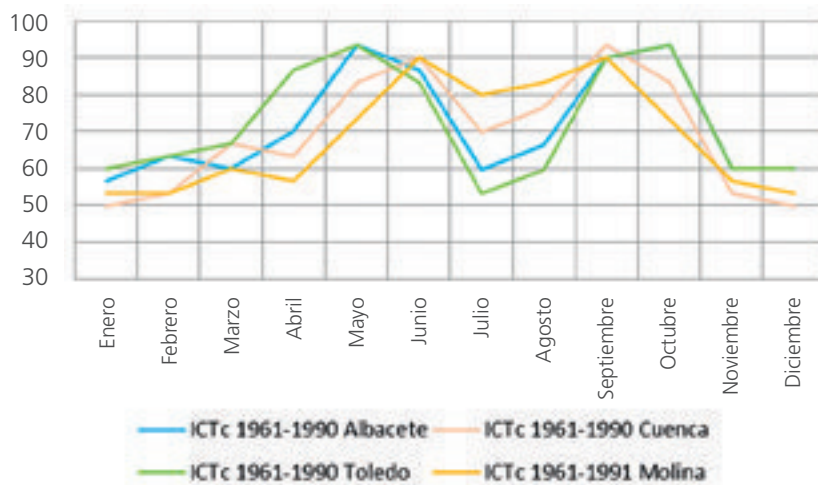


Figura 15.: Aptitud climático-turística en valores de 0 a 100 para el turismo cultural y urbano (1961-1990). Fuente: AEMET. Elaboración propia.

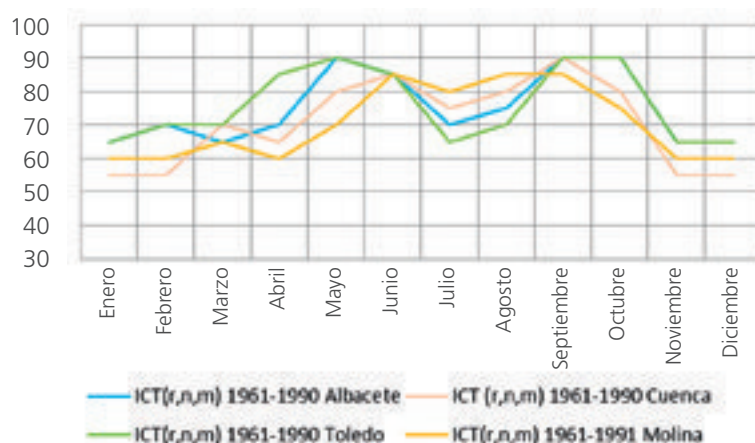


Figura 16. : Aptitud climático-turística en valores de 0 a 100 para el turismo rural, de naturaleza y de montaña (1961-1990). Fuente: AEMET. Elaboración propia.

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 sobremedida, 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 términos 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 CO₂ 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).

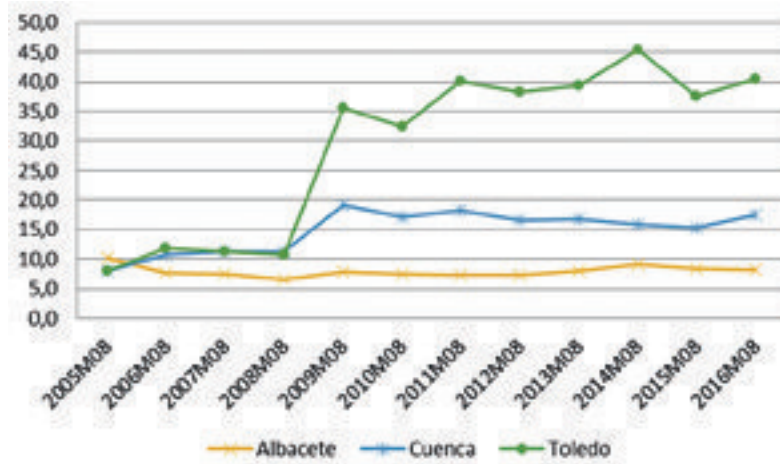
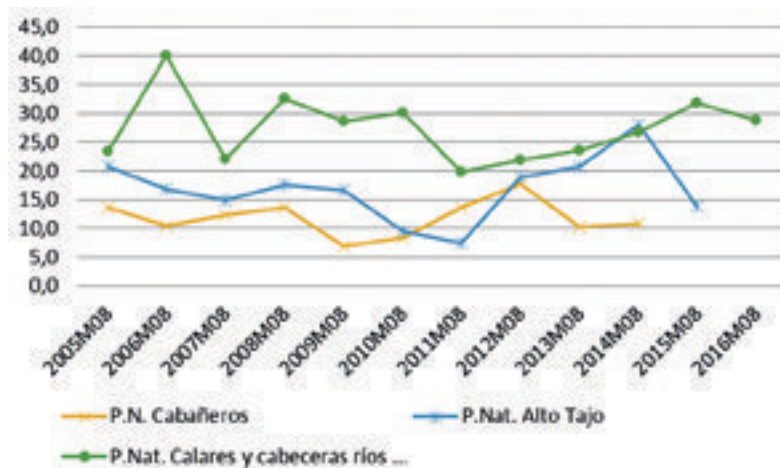


Figura 17.: Evolución de la importancia relativa del mes de agosto en el número de pernoctaciones en Albacete, Cuenca y Toledo. Fuente: INE. Elaboración propia



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 “crujeza” 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.

II Informe sobre Cambio Climático en Castilla-La Mancha

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.

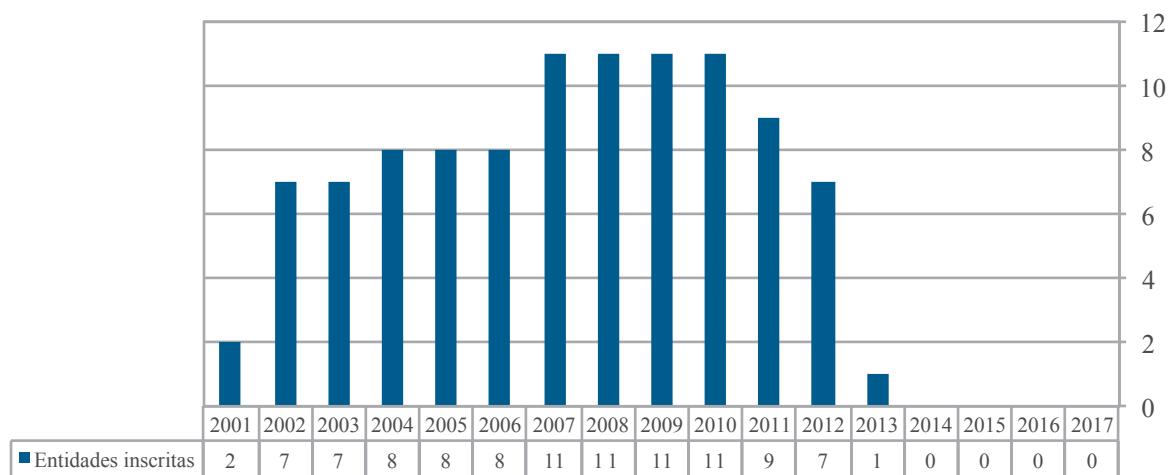


Figura 19.: Entidades de Castilla-La Mancha del sector turístico inscritas en EMAS. Fuente: Junta de Castilla-La Mancha. Elaboración propia.

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 resiliencia 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 challenges*: 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) Knowledge 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 First 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, entendiéndolo 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 las 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 79.463Km², 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. /Km². 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.

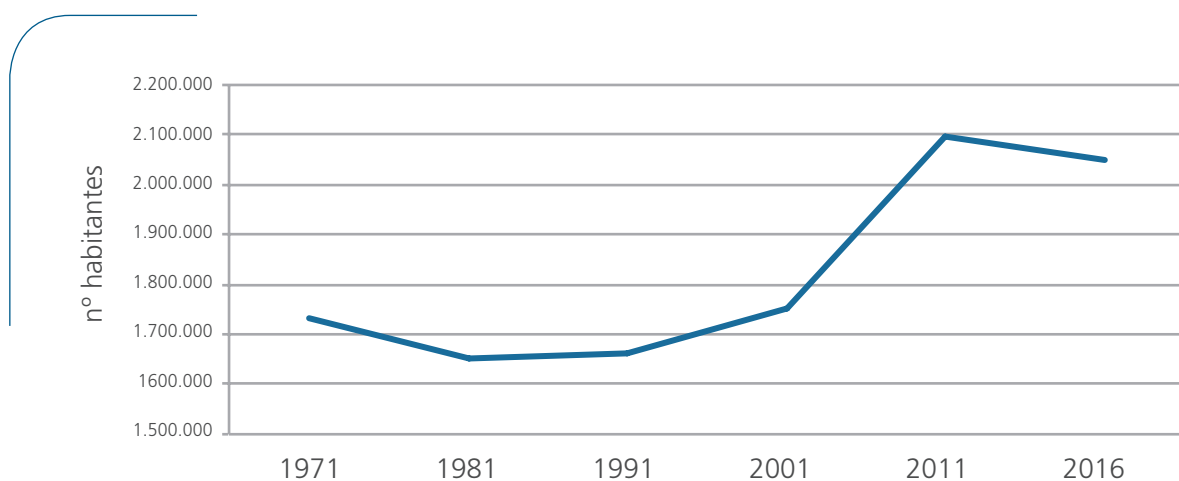


Gráfico 1.: Evolución de la población de la CCAA de Castilla-La Mancha, periodo 1971 a 2016.

Fuente: INE. Elaboración Propia

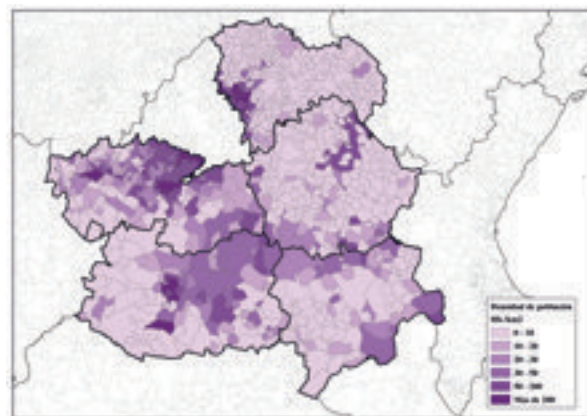
El importante aumento de la población en Castilla-La Mancha en el último año se debe en gran medida a las variaciones residenciales, habiendo sido importante el incremento de la población inmigrante, que aporta un total de 12.959 nuevos habitantes, lo que supone el 19% más respecto al año anterior, siendo 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 20,71 hab. /km². Le siguen Ciudad Real y Albacete, cuya densidad es de 25,28 y 26,27 hab. /km², 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./km².

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./km² 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/Km².

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. /km²; 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. /km².

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 sequía, 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, los 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

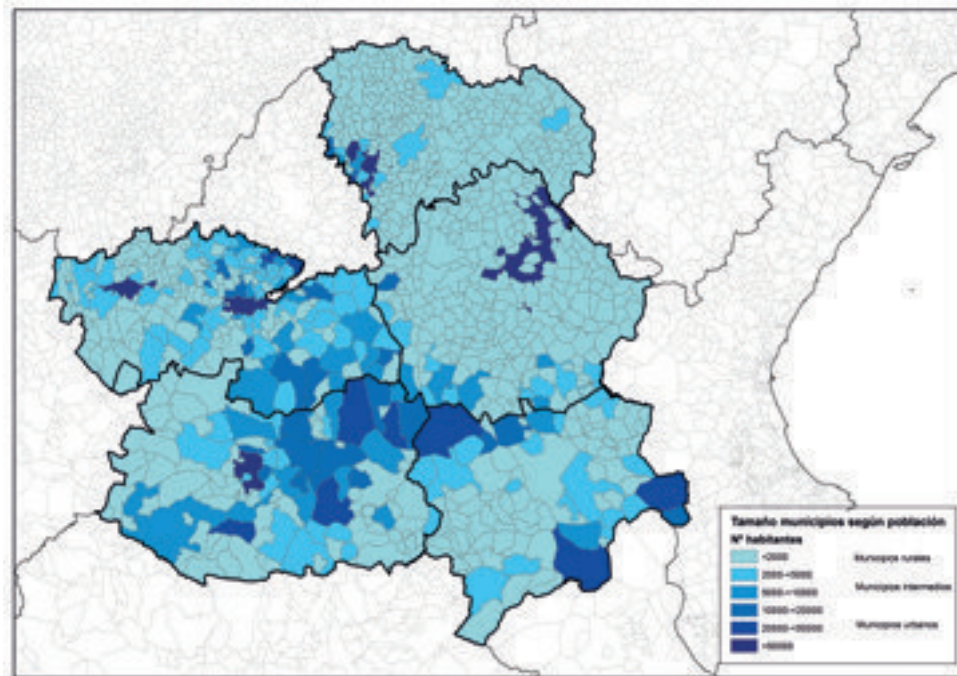
Tabla 14.: Distribución del número de municipios según el nº de municipios y del nº de habitantes (nº absolutos y relativos), 2016. Fuente: INE. Elaboración propia

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.

Distribución nº habitantes, 2016

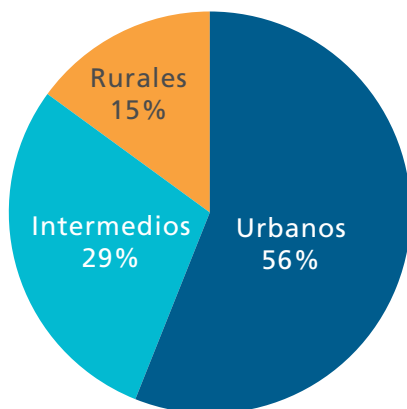


Gráfico 3: Distribución del número de habitantes según su tamaño, 2016. Fuente: INE. Elaboración Propia

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 Madridejos, 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.

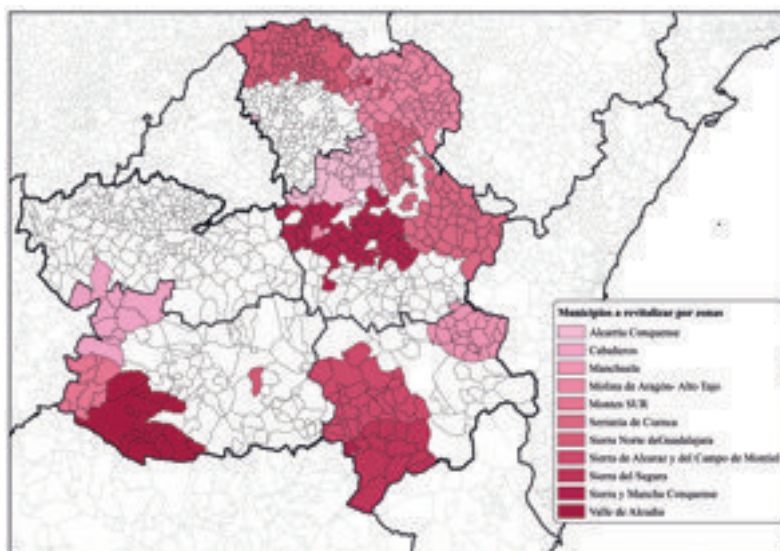
Clasificación tipológica de las zonas rurales de la región y sus problemas ambientales

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 áreas 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 protege, siendo este hecho el que caracteriza que estos espacios estén por lo general poco degradados.

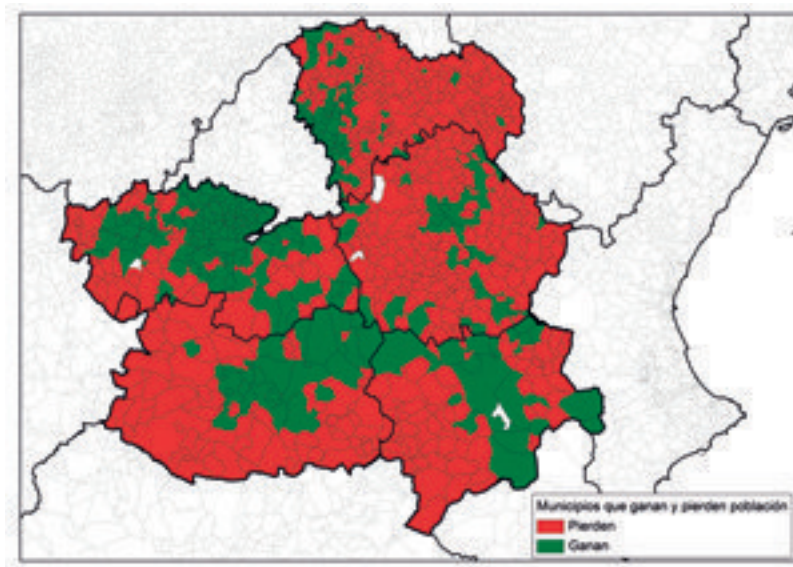
En definitiva, las áreas a revitalizar corresponden con una zonificación asociada a espacios despoblados, lo que Bielza de Ory (2003) asocia a los desequilibrios suscitados por los desordenes en el uso, gestión y protección del suelo que afectan al ecosistema, así como a las relaciones, o mejor, en la 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 infraexplotación, 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 sequía 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 constatados

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 2.500km² 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 cuevas y suaves pendientes hasta los valles por donde surcan ríos y arroyos. Dichas características configuran un paisaje donde confluyen manchas de encinar, sabinas 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 los 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 sequía prolongada, más acusada en áreas abandonadas, por lo que son más vulnerables a los incendios.

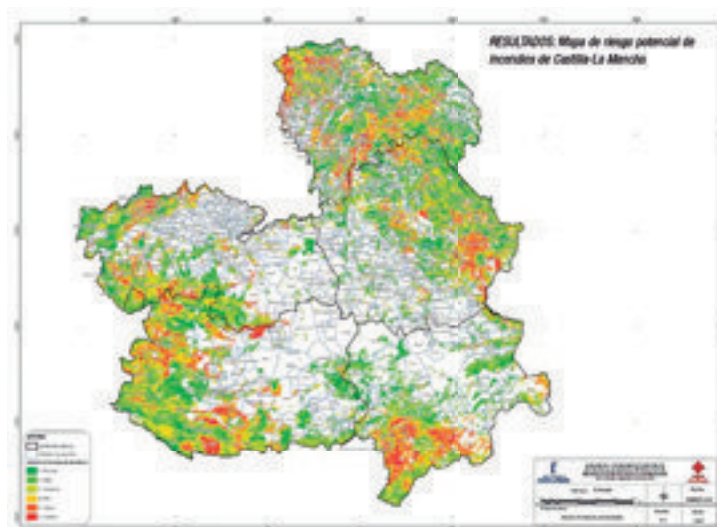
Entran en juego por tanto las áreas rurales más despobladas, donde el abandono de los montes ha aumentado con el paso de los años, el abandono de las labores de pastoreo, las cuales, participaban de manera indirecta en la limpieza de los bosques, al no existir ganado que se alimente de los pastos naturales 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 ignífugas 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 (Tecnigrado 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)

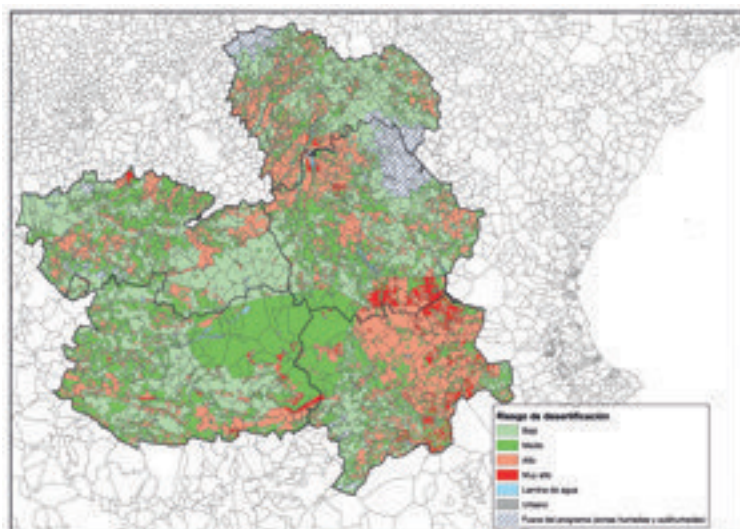
Ante estas características una medida adecuada sería generar brigadas especiales cuya función no solo sea contribuir a la limpieza de los bosques o a las tareas de prevención, sino también crear campañas de difusión y prácticas alternativas contando con mano de obra que se encuentre asentada en los espacios 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 ignífuga 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.

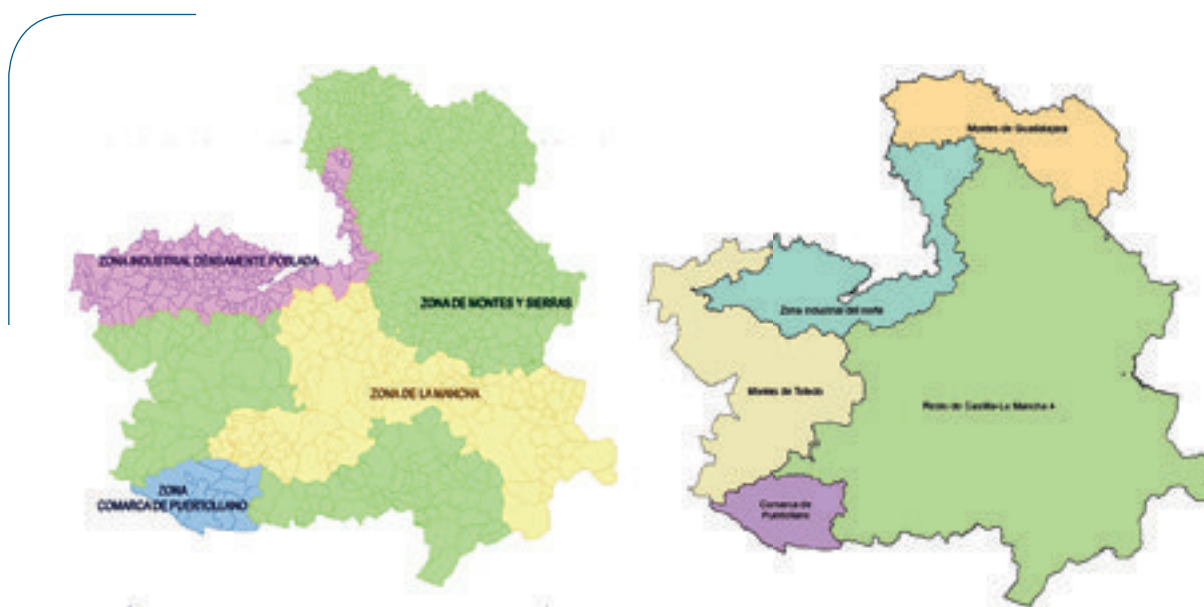
Castilla-La Mancha cuenta con una zonificación ambiental cuya división está determinada por los niveles de algunos compuestos contaminantes presentes en dentro de una zona. Los Cuadernos Técnicos de la Calidad del Aire de Castilla-La Mancha definen como zona “la porción de territorio delimitada por motivos 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 medidas 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 mano 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 pérdida 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. Última 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 López¹, Jorge Laborda Fernández².

¹Profesor Contratado Doctor. Radiología y Medicina Física. Facultad de Medicina. UCLM. Albacete.

²Catedrático 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 morbilidad 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 36°C en Albacete, 38°C en Ciudad Real, Guadalajara y Toledo y de 34°C 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 20°C para Albacete, 16°C en Guadalajara, 24°C en Toledo y 26°C 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 1°C 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 -4°C en Cuenca, Albacete y Ciudad Real y de -6°C 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 morbilidad 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 interacciones 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 14-18°C y entre 35-40°C 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 transmitida 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, fotodermatitis, 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 transmisores 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 multidisciplinariedad 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
- BONOFILIO, 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., TOBIAS, 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 *Castil* *cam* **Impacto** *calent* *efecto*
temperatura *clima* *nubosidad*
deshielo *futuro* *forestal*
informe preliminar



Cambio climático y alergias polínicas

Angel Javier Moral de Gregorio

Médico Adjunto Servicio de Alergología

Complejo Hospitalario de Toledo. Hospital Virgen del Valle (Toledo)

Presidente del Comité de Aerobiología de la Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica

Introducción y situación 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 (CO₂), 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 CO₂, 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 (NO₂, 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 CO₂ (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 CO₂ (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 CO₂ (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 afectados 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/m³ (Figura 1).

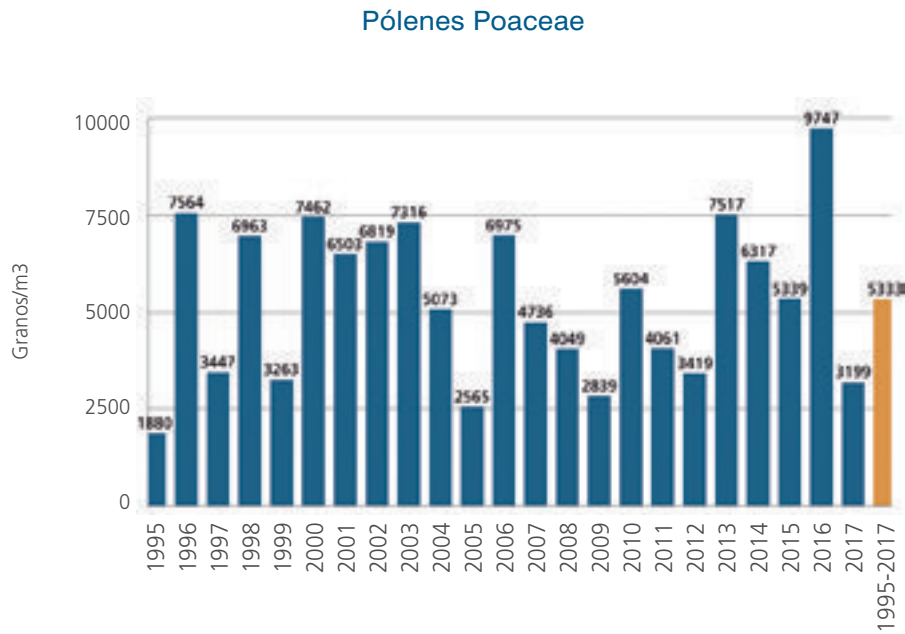


Figura 1.: Concentraciones de pólenes de gramíneas anuales en Toledo desde 1995 hasta 2017

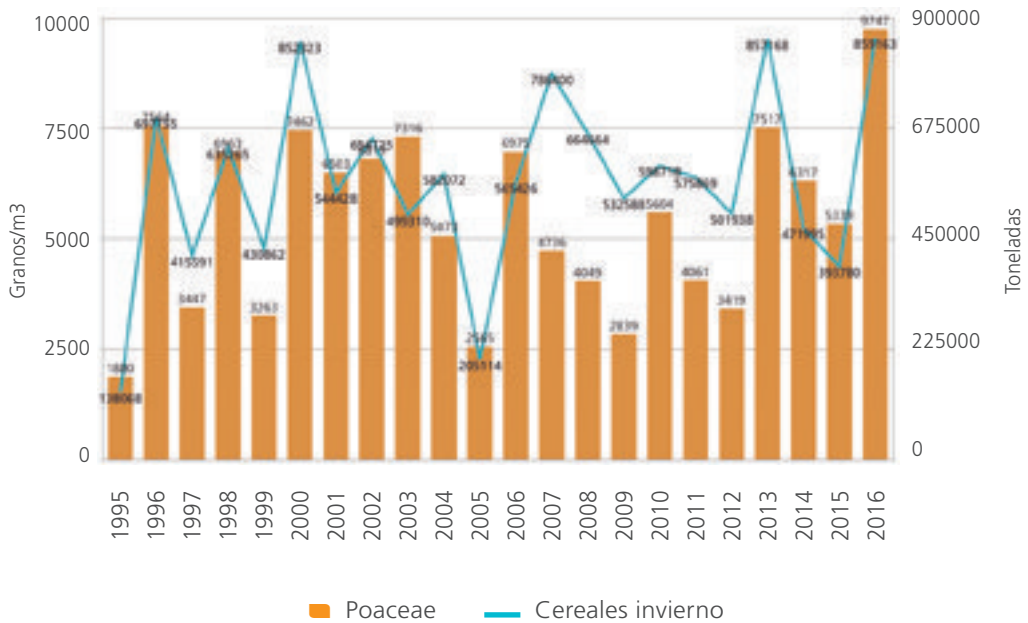


Figura 2.: Correlación entre las concentraciones de pólenes de gramíneas (Poaceae) y cosecha de cereales de invierno: cebada, avena, centeno, trigo y triticale en Toledo desde 1995 a 2016

El aumento de los niveles de CO₂ 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).

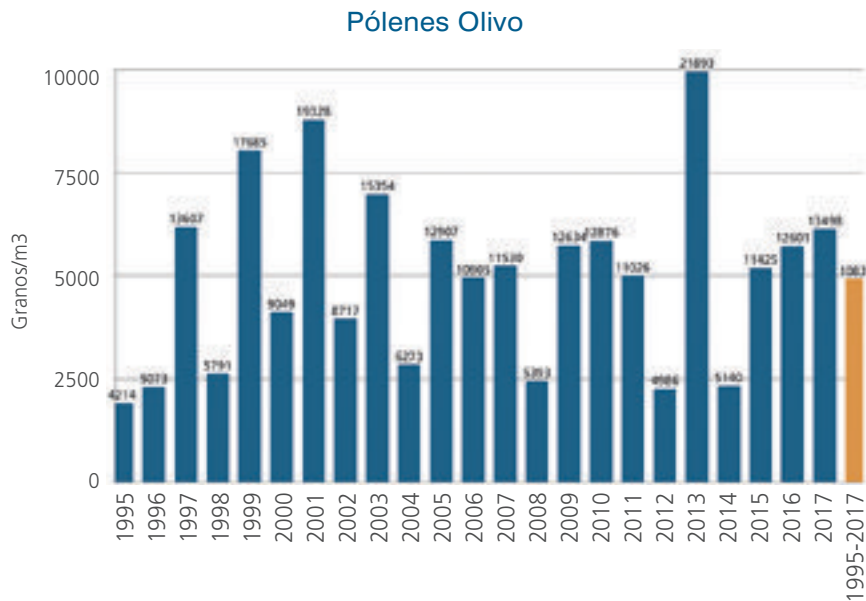


Figura 3.: Concentraciones de pólenes de *Olea europaea* anuales en Toledo desde 1995 hasta 2017.

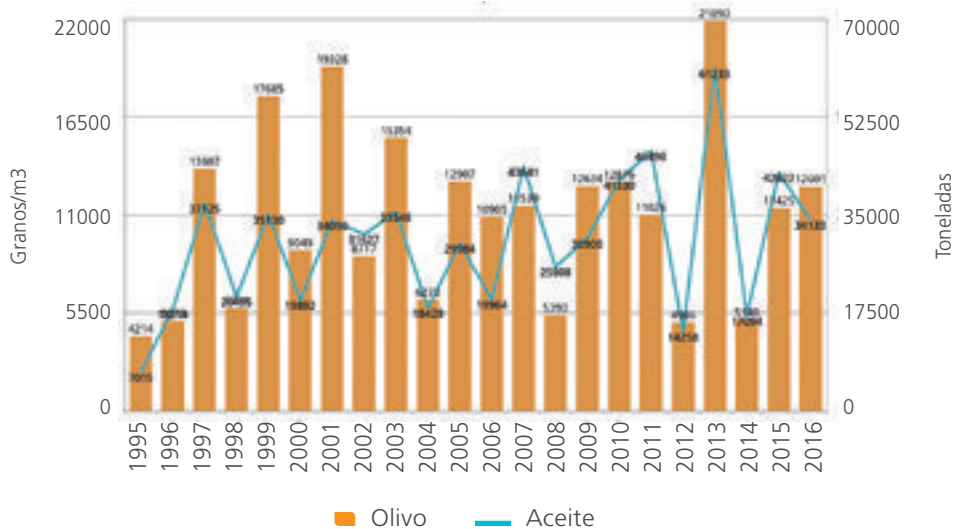


Figura 4.: Correlación entre concentraciones de pólenes de *Olea europaea* y producción de aceite en Toledo desde 1995 a 2016.

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/m³ (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).

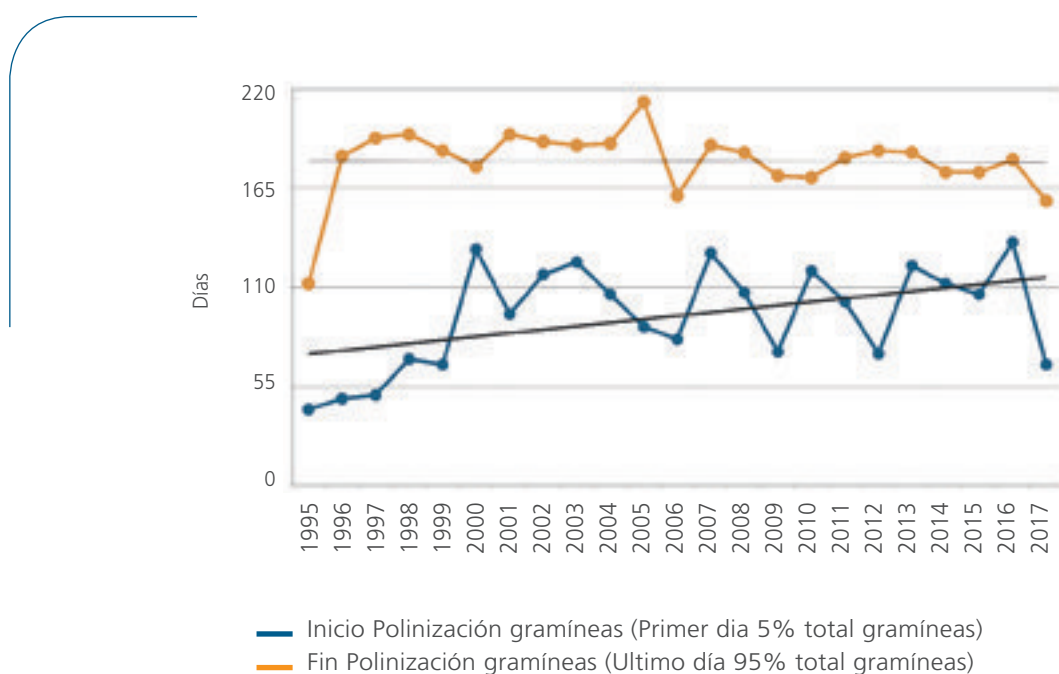


Figura 5.: Inicio y final de polinización de pólenes de gramíneas en Toledo desde 1995 a 2017

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/m³ (Figura 7). Sin embargo las amarantáceas, que son pólenes a los que no les influye la sequía y soportan temperaturas elevadas, tuvieron concentraciones anuales con tendencia a la baja durante el periodo 1995 a 2017, con una media de 956 granos/m³ (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).

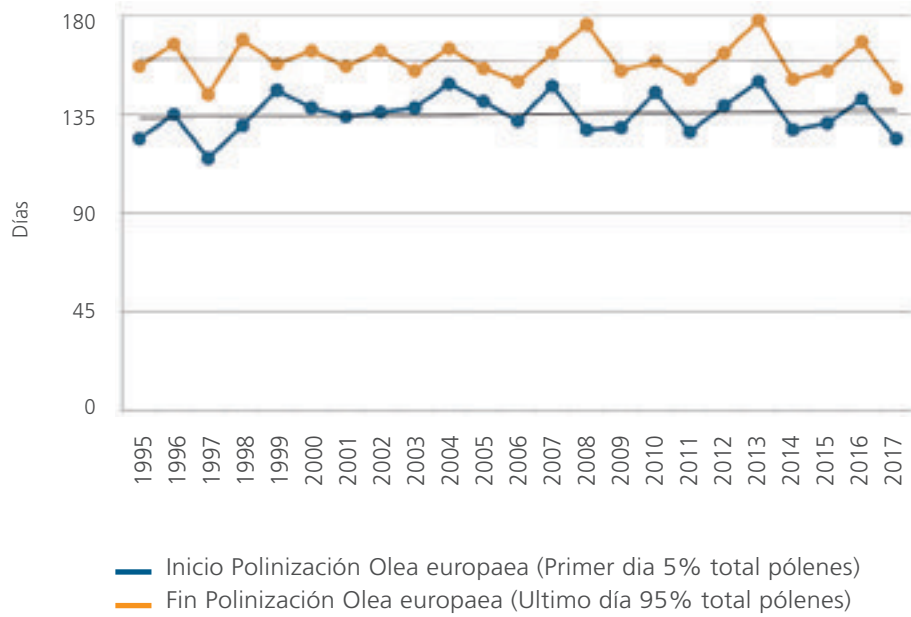


Figura 6.: Inicio y final de polinización de pólenes de Olea europaea en Toledo desde 1995 a 2017

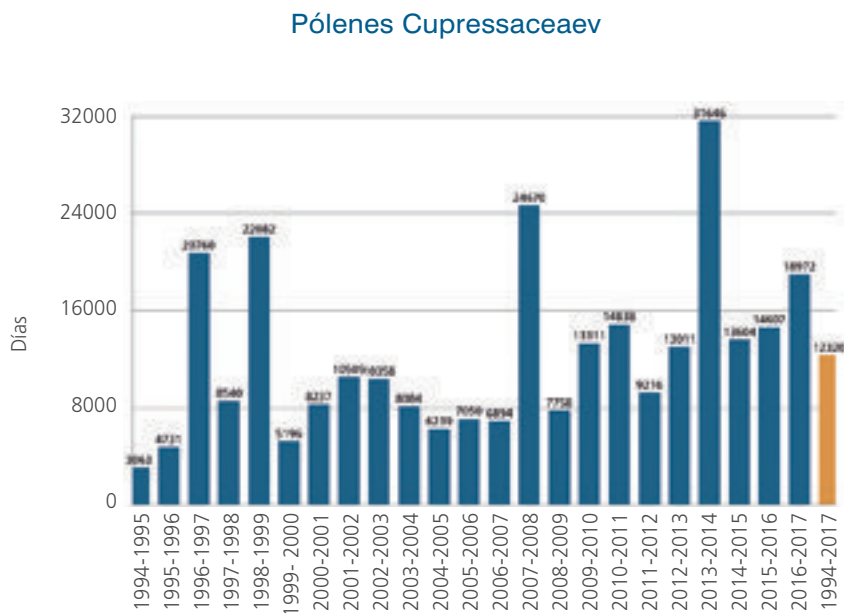


Figura 7.: Concentraciones de pólenes de Cupresáceas anuales en Toledo desde 1994 hasta 2017

Pólenes Amarantaceae

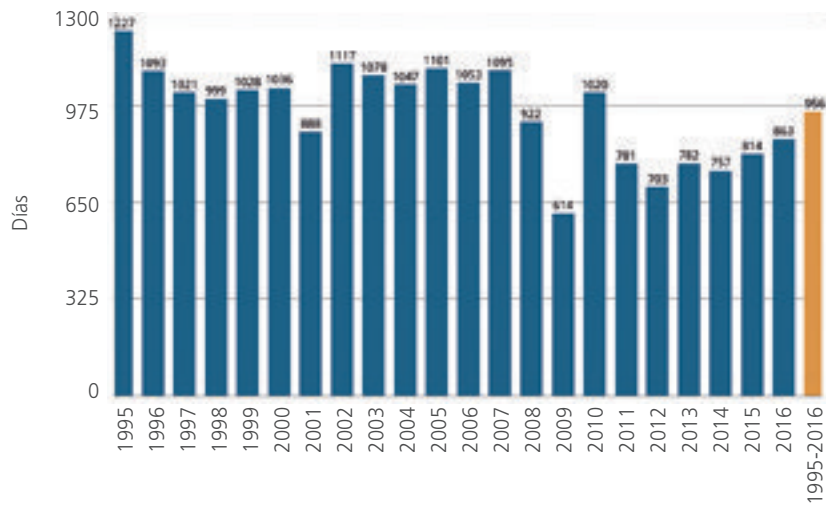


Figura 8.: Concentraciones de pólenes de Amarantáceas anuales en Toledo desde 1995 hasta 2017

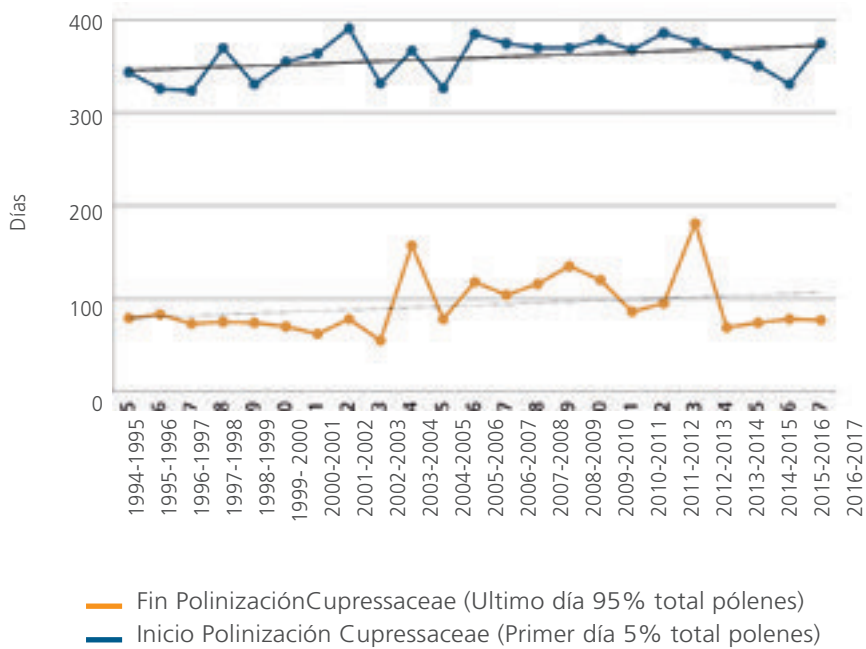


Figura 9.: Inicio y final de polinización de pólenes de Cupresáceas en Toledo desde 1994 a 2017

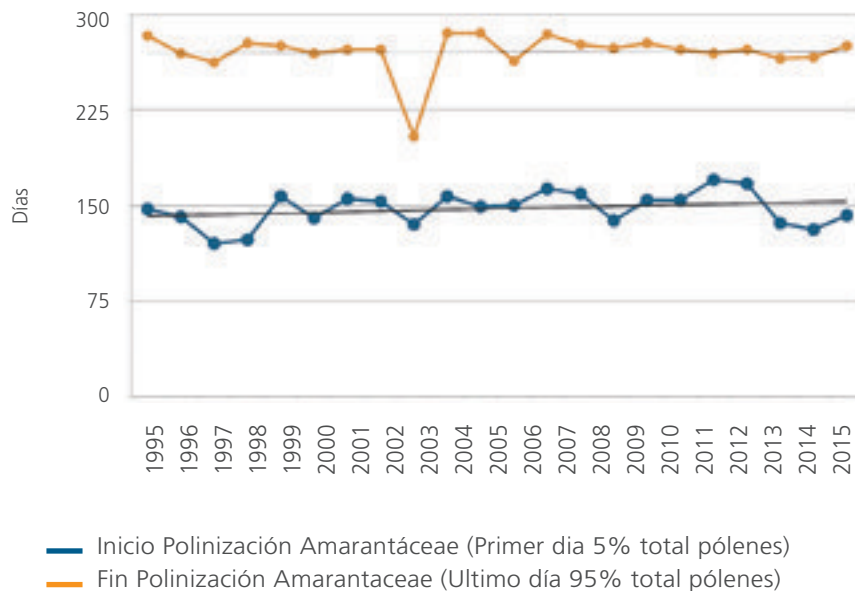


Figura 10.: Inicio y final de polinización de pólenes de Amaranáceae en Toledo desde 1995 a 2017

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/m³, y de estos un 60 % se debe a los pólenes más alergénicos: cupresáceas 12.320 granos/m³, olivo 10.837 granos/m³, gramíneas 5.333 granos/m³ y amarantáceas 956 granos/m³. 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 CO₂.

Además se debería realizar un control exhaustivo de la calidad del aire, controlando el incremento de contaminantes (ozono, PM_{2,5}, NO₂) 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 CO₂ 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.

Bibliografía

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), Meteorological 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). Correlation 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 Available:<http://www.clinicasubiza.com/LinkClick.aspx?fileticket=sPmEEPkINw%3d&tabid=373&language=es-ES>.
- ZISKA LH, CAULFIELD FA. Rising CO₂ 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.



calor
Castilla-La Mancha
cambio climático
sequía
superficie
planeta
ecosistema
parámetros
precipitación
Impa



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.

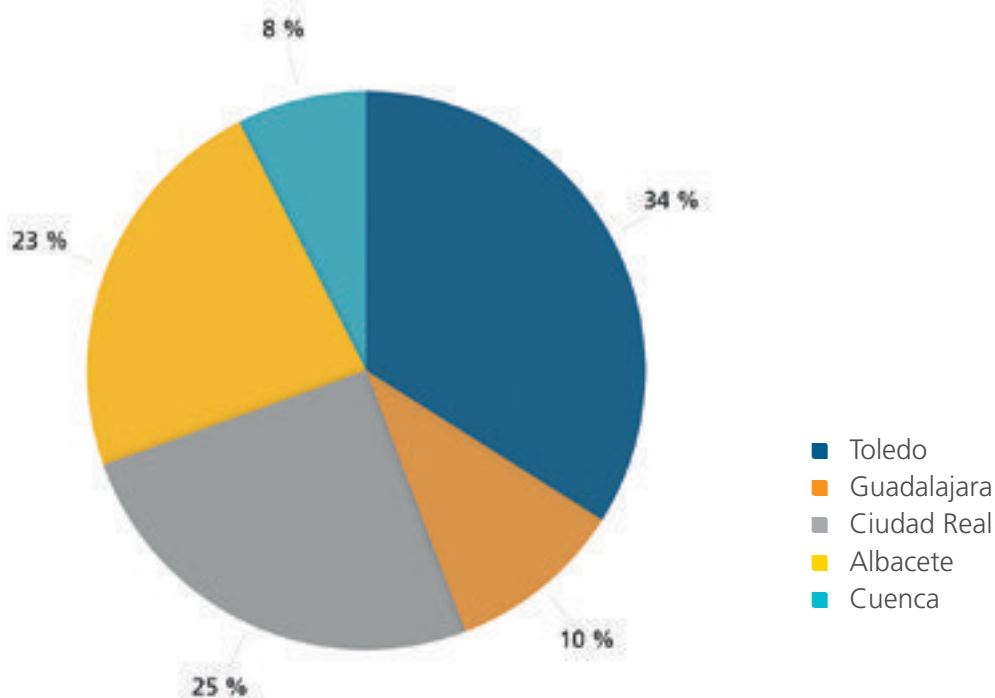
El perfil de los encuestados es muy variopinto. Se han obtenido resultados de todas las provincias, aunque como puede verse en el gráfico, destacan Toledo, que corresponde con el 34% de las respuestas y Ciudad Real, con un 25%, seguido de cerca por Albacete con un 23% y finalmente Guadalajara y Cuenca 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.

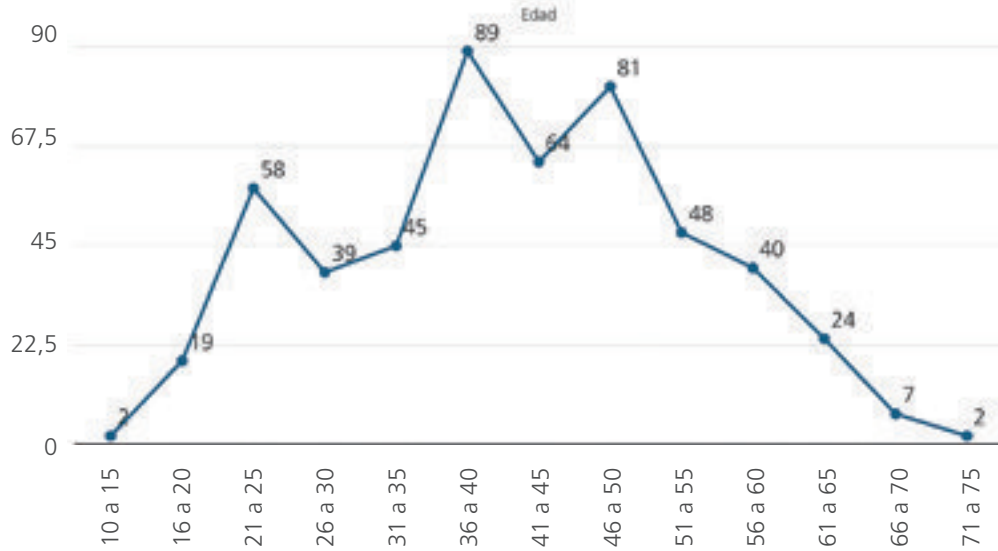
Algo muy importante también a tener en cuenta es el nivel de estudios y su profesión. Ya que de esto depende el conocimiento y el entendimiento que puedan tener del concepto cambio climático y sus impactos, y por lo tanto de su percepción.

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.

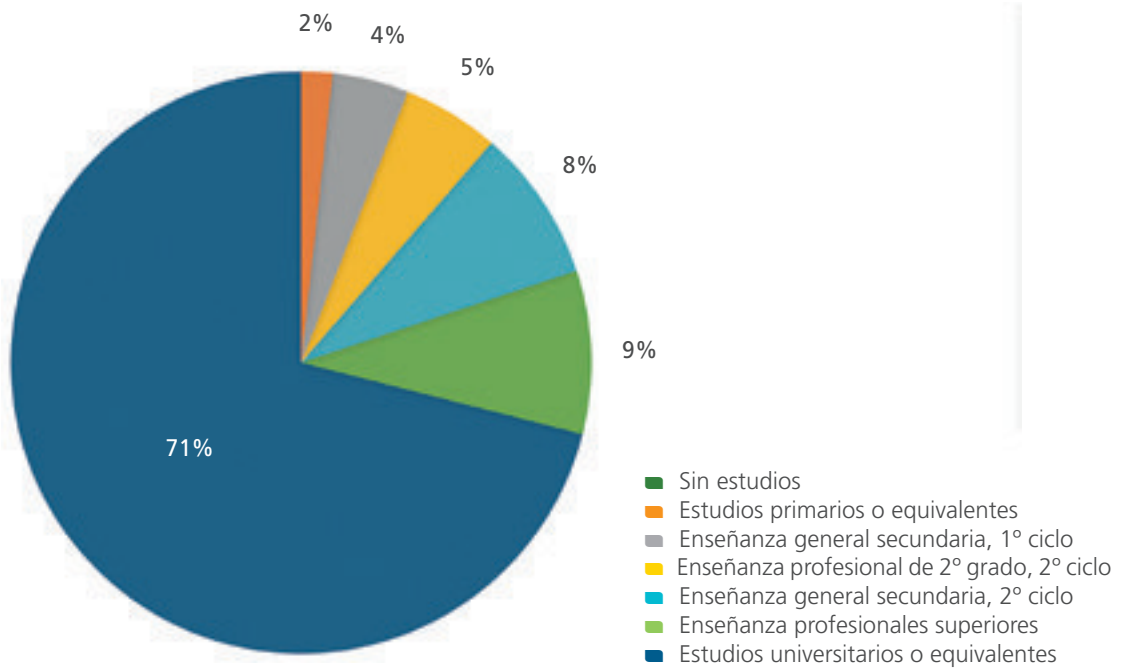
Provincia a la que pertenecen el total de los encuestados



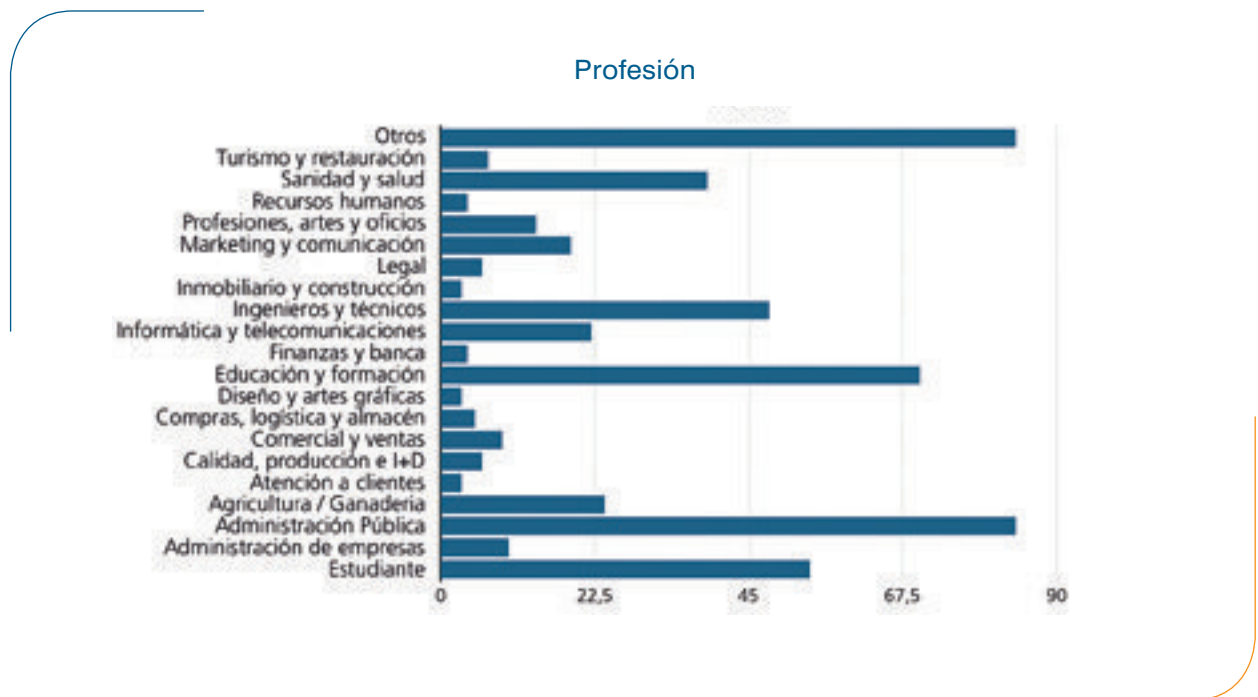
Edad de los encuestados



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.



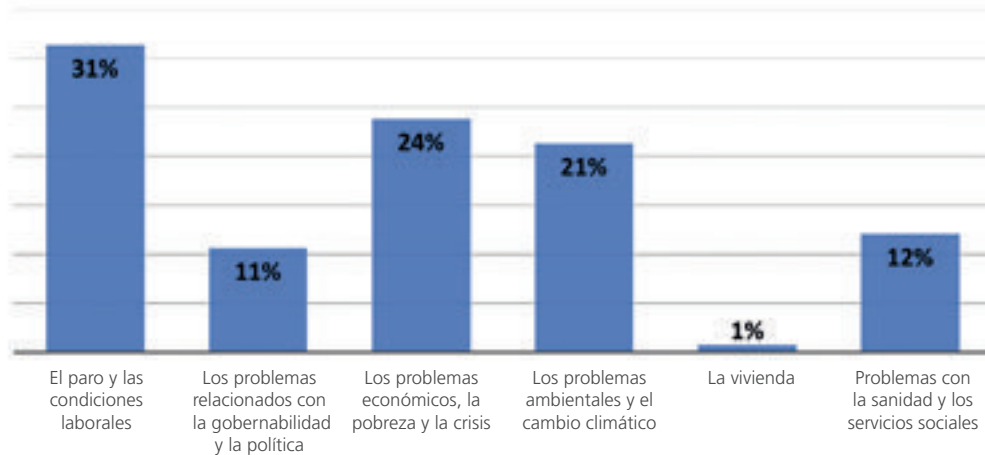
Para conocer la situación actual de la región, preguntamos a los castellano-manchegos, cuáles creen que son los dos problemas que más afectan en la actualidad a su Comunidad Autónoma, los resultados obtenidos son los siguientes: el paro y las condiciones laborales (31%), los problemas económicos, la 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%.

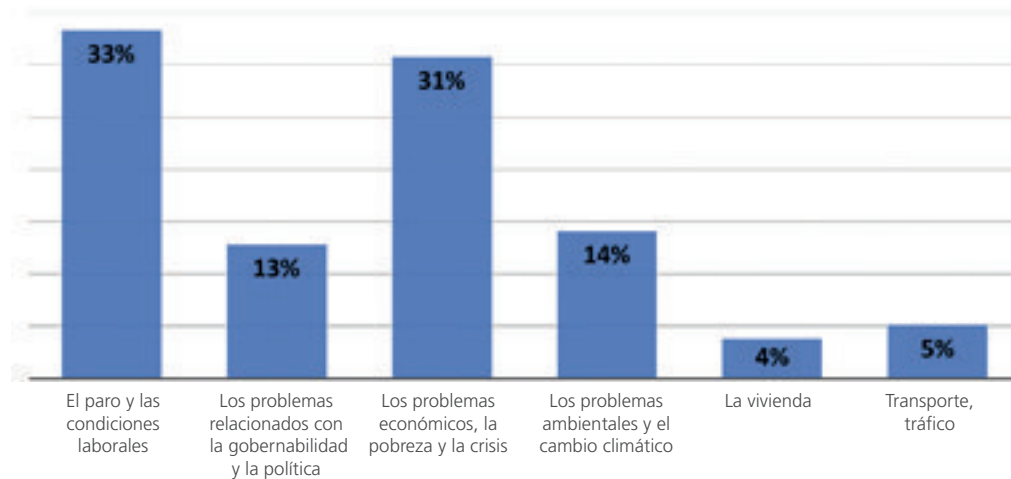
Los problemas que menos afectan, tanto a la Comunidad Autónoma como a las localidades son la vivienda, el transporte y el tráfico, aunque este último vuelve a destacar en Guadalajara. Las localidades que menos se ven afectadas por los problemas ambientales y el cambio climático son, Cuenca y Albacete

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.

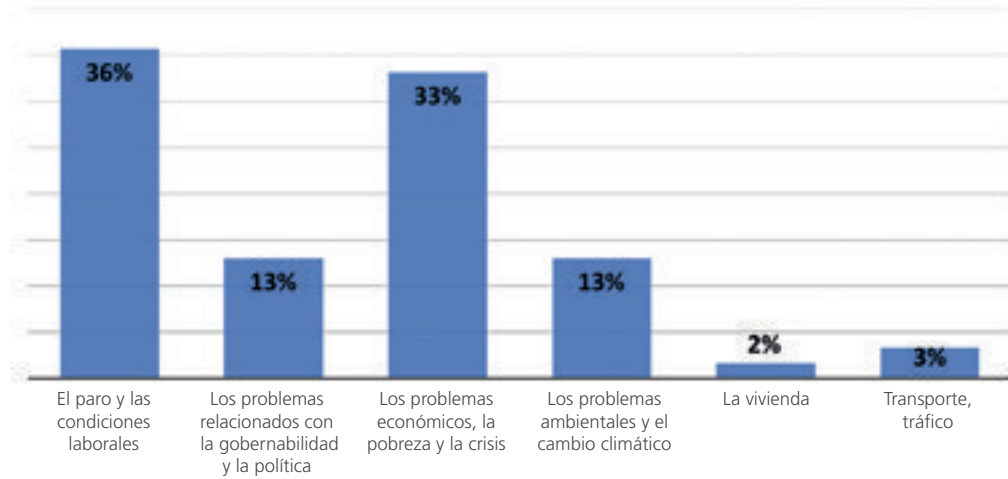
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su Comunidad Autónoma



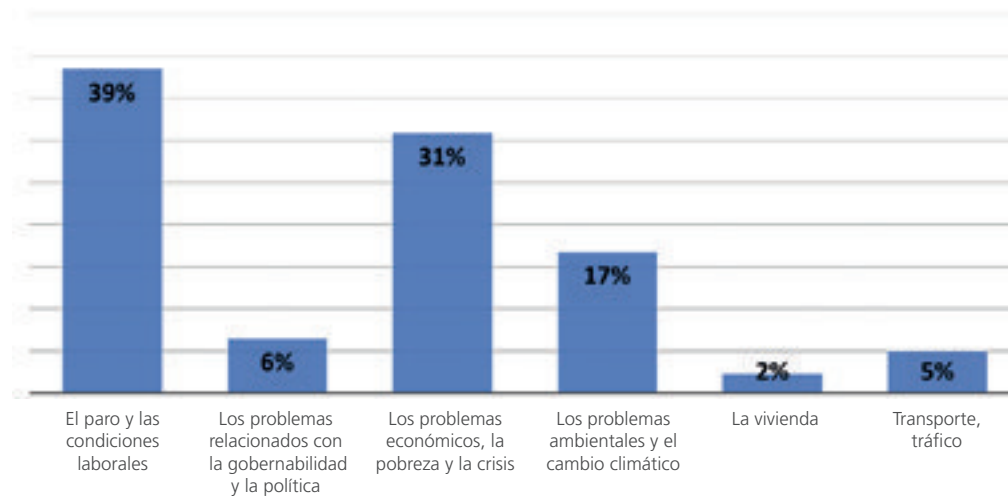
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Cuenca



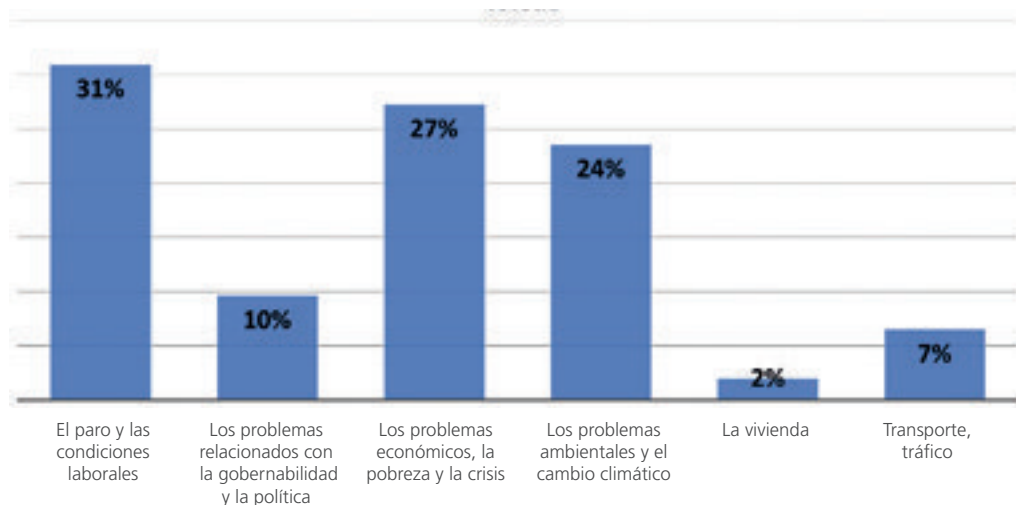
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Albacete



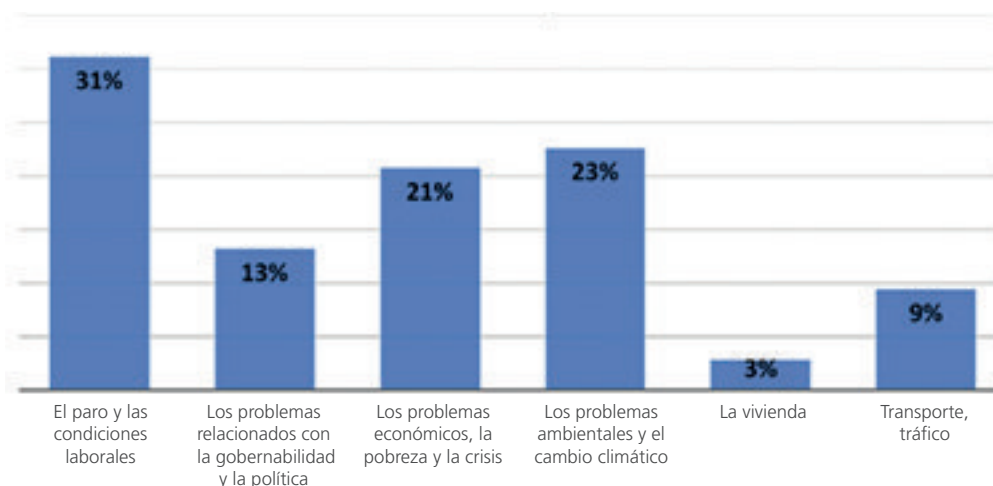
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Ciudad Real



Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Toledo



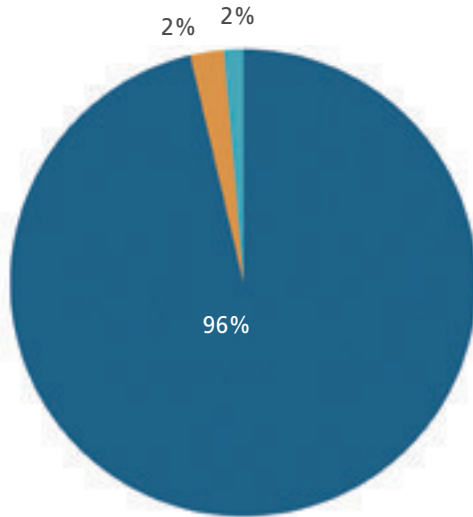
Indique cuáles cree que son los dos problemas que más afectan actualmente a su localidad. Guadalajara



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.

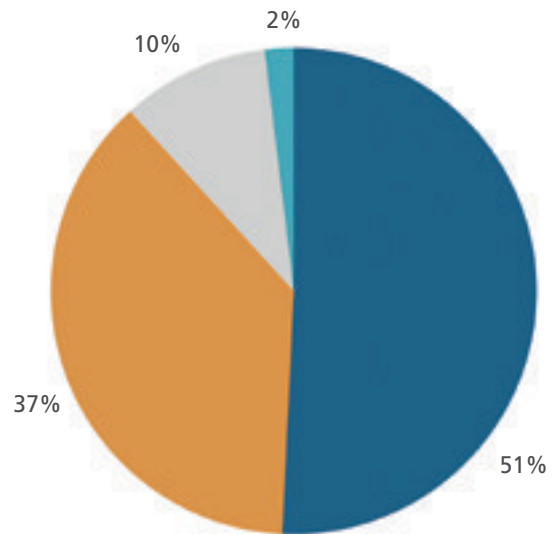
Respecto a cuándo empezará el cambio climático a tener consecuencias, el 91% manifiesta que este ya tiene consecuencias, un 2% dice que en 5 años, un 3% en 10 años, un 1% en 25 años y el 2% restante cree que hasta dentro de 50 años, el cambio climático no tendrá consecuencias en la región.

¿Piensa usted que el cambio climático está ocurriendo o no está ocurriendo?



- Si, el cambio climático está ocurriendo
- No, el cambio climático no está ocurriendo
- No sabe / No contesta

¿En qué medida considera usted que el cambio climático es un problema grave en la actualidad en su región/localidad?



- Mucho
- Bastante
- Poco
- Nada

¿Cuándo cree usted que el cambio climático empezará a tener consecuencias en la región?

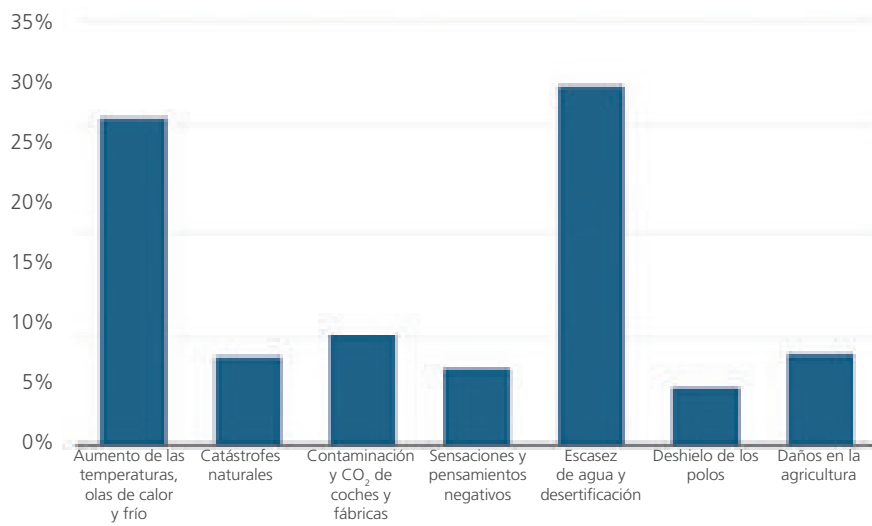


- Ya tiene consecuencias
- En 5 años
- En 10 años
- En 25 años
- En 50 años
- No sabe / No contesta

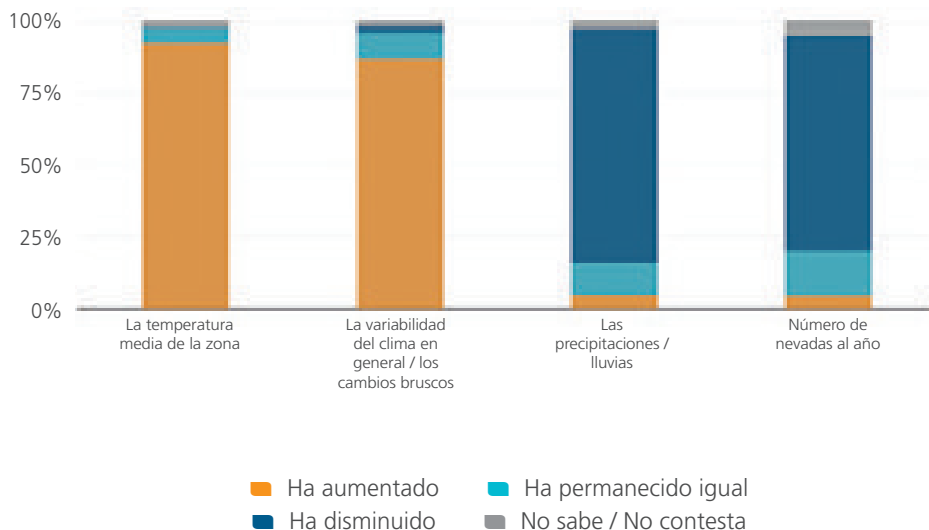
Pero, ¿qué entienden los castellano-manchegos que es el cambio climático?, ¿cuáles son sus consecuencias?; para conocer su opinión, se les pregunta cuales son los dos primeros pensamientos o imágenes que tienen al escuchar el término "cambio climático".

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 CO₂ 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



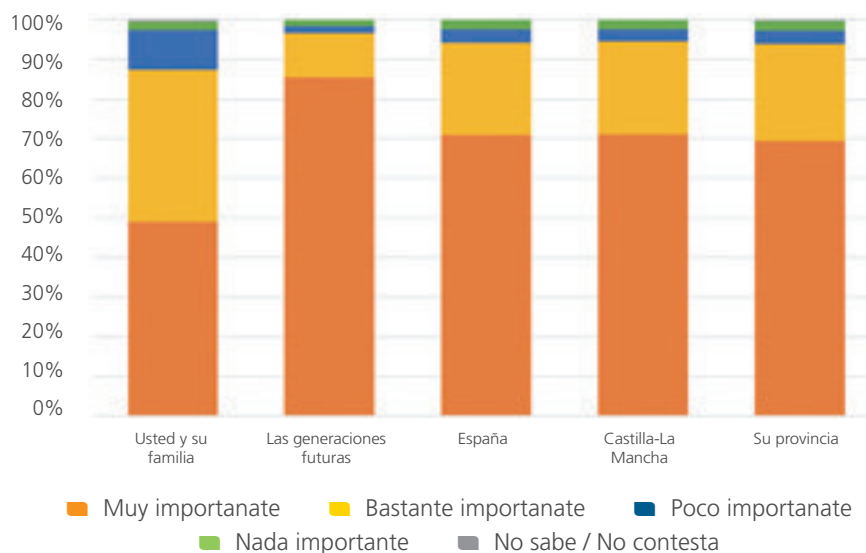
De la serie de fenómenos relacionados con el clima, y pensando específicamente en la región en la que vive actualmente, ¿Diría usted que en los últimos 30 años cada uno de ellos ha aumentado, ha disminuido o ha permanecido igual?



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.

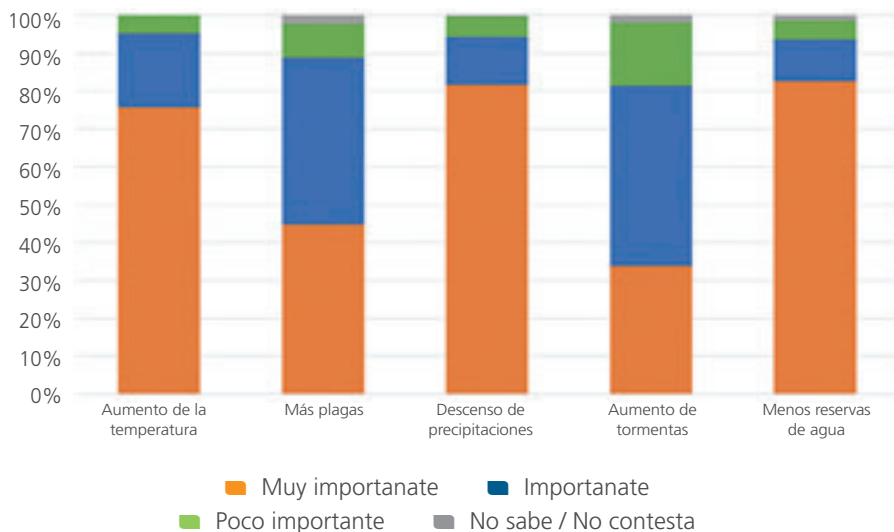
Además, a la pregunta ¿Qué grado de importancia tiene para usted el problema del calentamiento global en los siguientes escenarios? Revelan la preocupación por las consecuencias que tiene sobre todo en las generaciones futuras, seguido de Castilla- La Mancha, España, su provincia, y en menor medida, 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



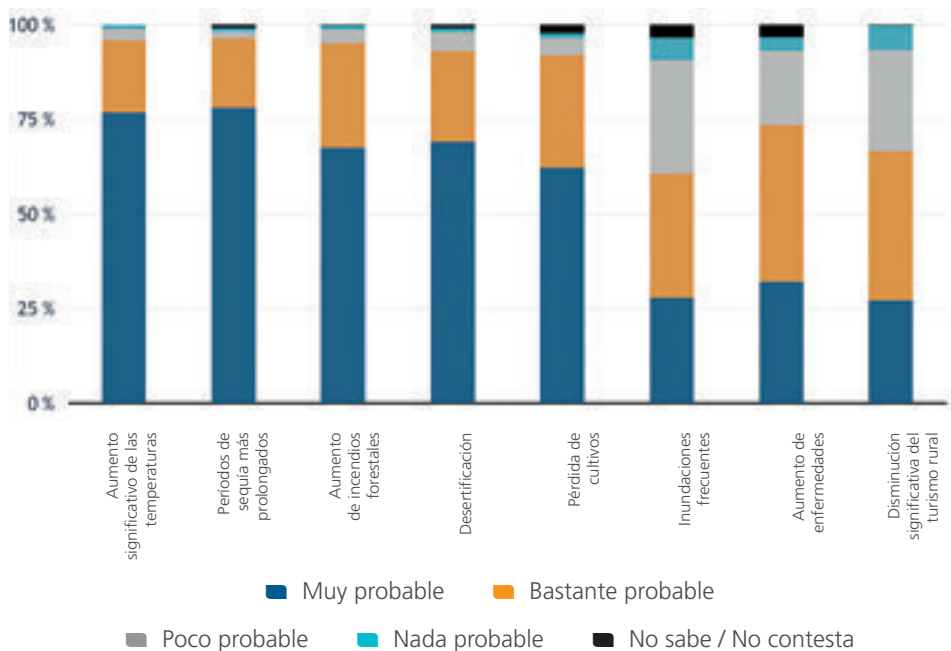
Entonces, si el cambio climático no tiene demasiada trascendencia para su persona, ¿qué importancia les dan a los efectos que puede conllevar?; vuelven a caer en una paradoja, y es que, según los encuestados, el descenso de precipitaciones y consecuentemente el descenso de las reservas de agua son los 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



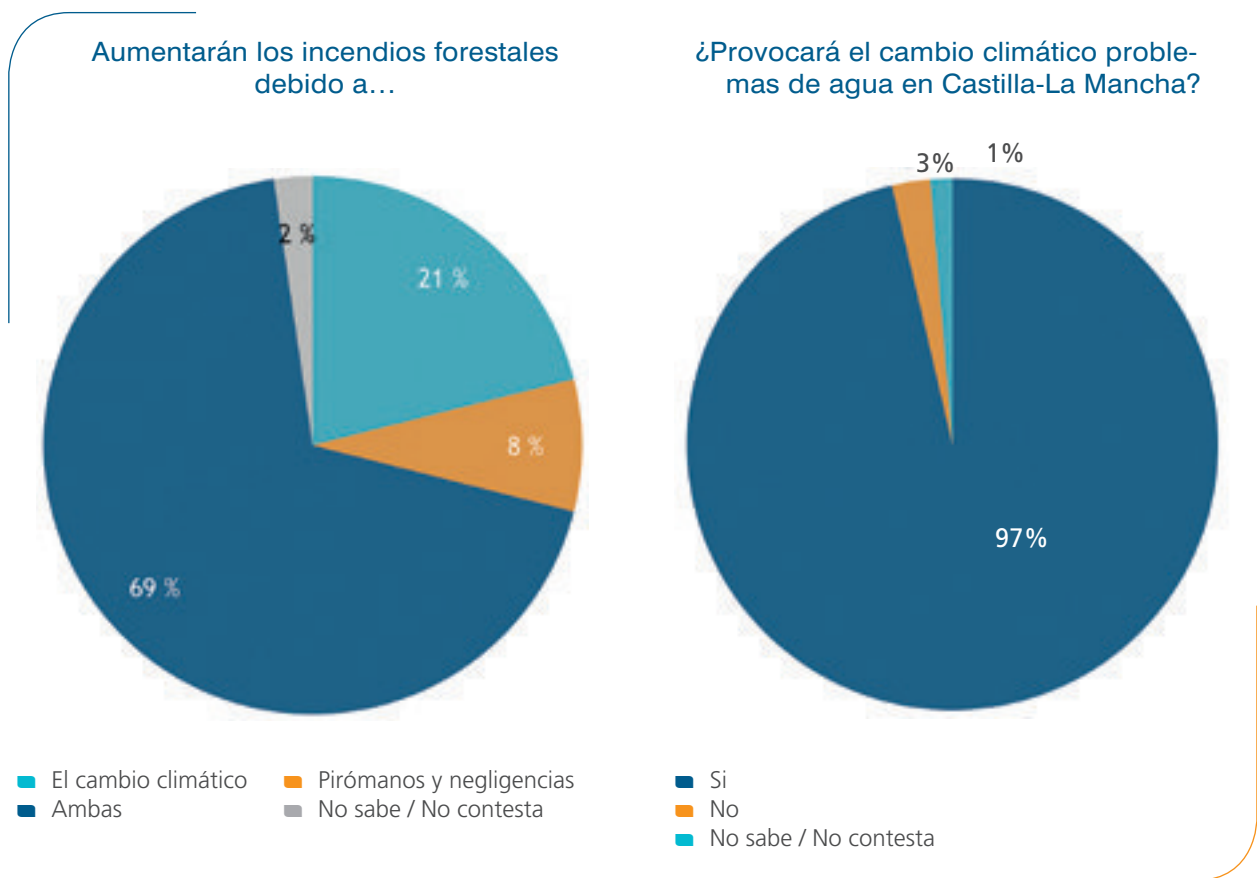
Dejando a un lado el pasado y la actualidad, y buscando la percepción que tienen del futuro, se pregunta, ¿En que medida cree que en los próximos 30 años es probable o no que ocurran efectos debido al cambio climático?, las respuestas obtenidas siguen la evolución de los efectos visibles que según los 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.



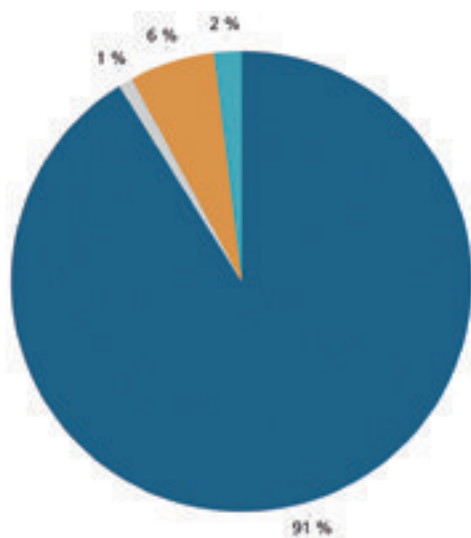
Debido a estos efectos, es de importancia analizar la opinión que tienen sobre el aumento de los incendios y la situación del agua; dicen que, el aumento de incendios forestales será causado sobre todo por la unión del cambio climático y los pirómanos / negligencias con un 69% de las respuestas, seguido 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.

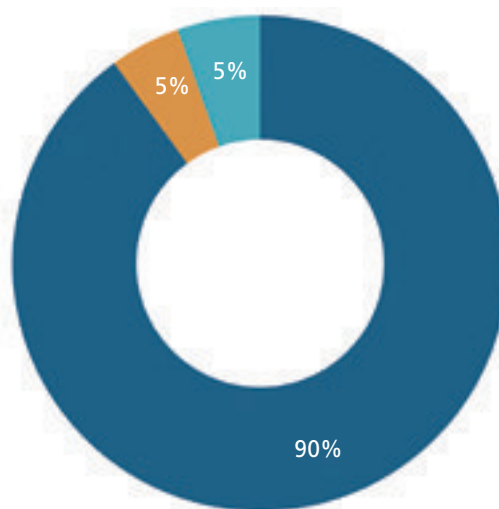
A la pregunta, ¿piensa que se han producido daños en el medio ambiente de Castilla-La Mancha, en la agricultura y en la ganadería debido al cambio climático? Tanto encuestados en general, como los profesionales del sector tienen claro que sí, con un 90% y un 92% respectivamente.

Debido a la gran superficie agrícola y natural que tenemos en Castilla-La Mancha, cree que es una comunidad autónoma



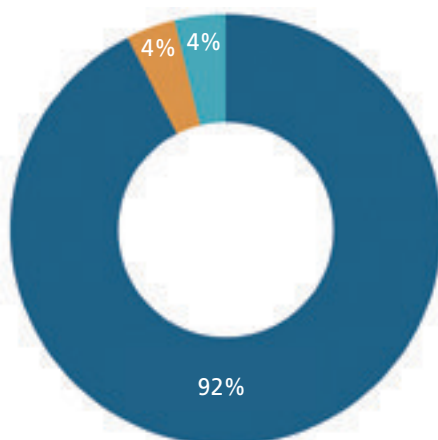
- Muy vulnerable
- Nada vulnerable
- Poco vulnerable
- No sabe / No contesta

¿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?



- Si
- No
- No sabe / No contesta

¿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

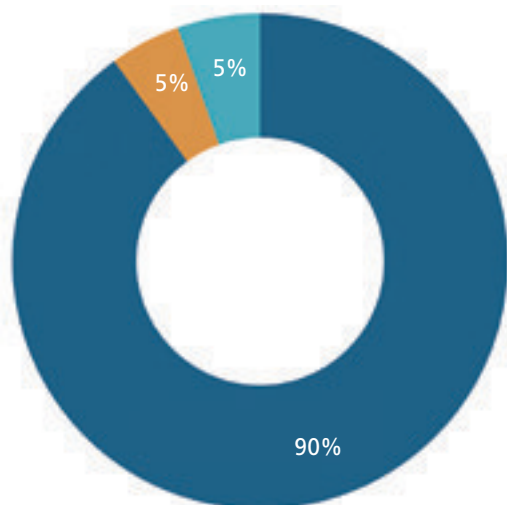


- Si
- No
- No sabe / No contesta

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.

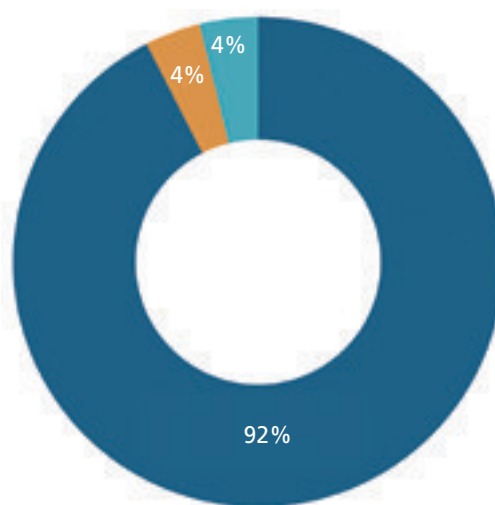
Sobre el precio de los productos, el 92% de los encuestados opinan que este podría aumentar si el cambio climático provocara daños en la agricultura, como por ejemplo aumento de las sequías, hechos que perjudicarían gravemente a los cultivos; igualmente piensan los profesionales del sector con un 79% 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?



■ Si
■ No
■ No sabe / No contesta

¿Se podrían encarecer los precios de los productos si el clima cambiara provocando daños en la agricultura?

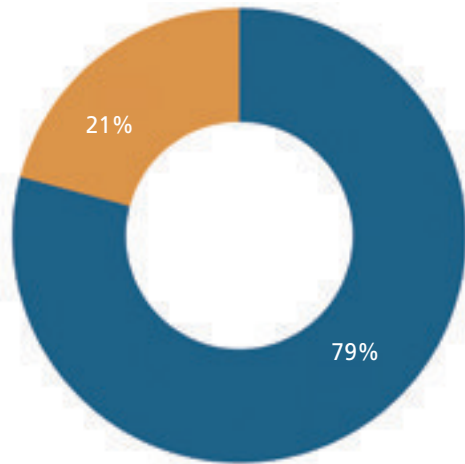


■ Si
■ No
■ No sabe / No contesta

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.

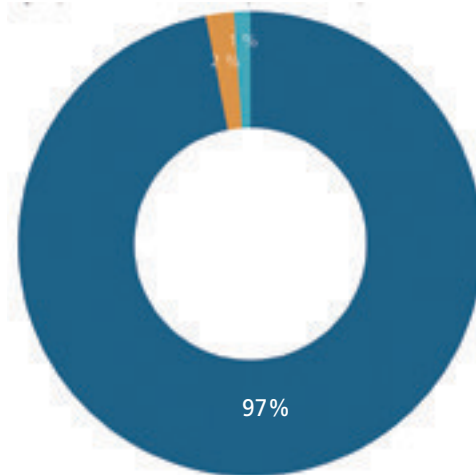
Como ya se ha demostrado con anterioridad, los castellano-manchegos creen que el cambio climático es una realidad que ya ha llegado y cuyos efectos ya son visibles en el medio, incluidas todas las regiones de Castilla-La Mancha; y que, además, sus efectos no harán más que aumentar, causando graves problemas 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?



- Si
- No
- No sabe / No contesta

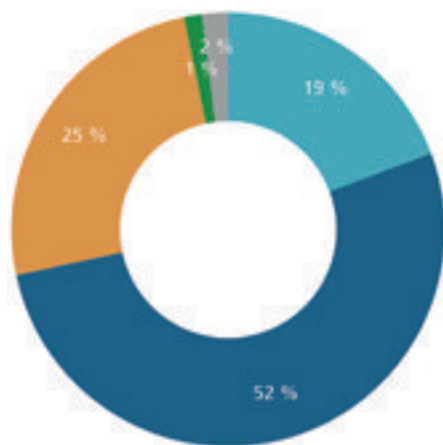
¿Los espacios naturales de Castilla-La Mancha podrían verse dañados por el cambio climático?



- Si
- No
- No sabe / No contesta

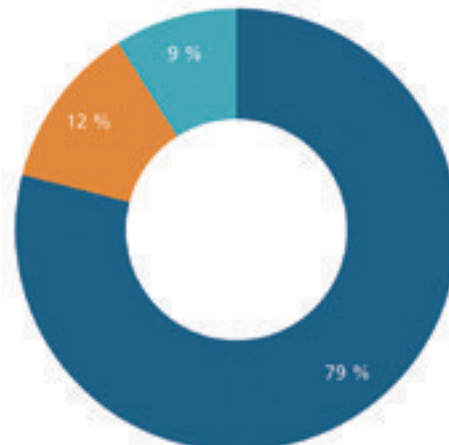
Una vez conocida la percepción de los efectos del cambio climático pasada, actual y futura, se pregunta, ¿pueden estos efectos reducirse?, ¿puede la tecnología reducirlos? El 19% de los encuestados dice ser muy posible la reducción de los efectos, 52% dice ser bastante posible, mientras que el 25% cree 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?



- Muy posible
- Bastante posible
- Poco posible
- Nada posible
- No sabe / No contesta

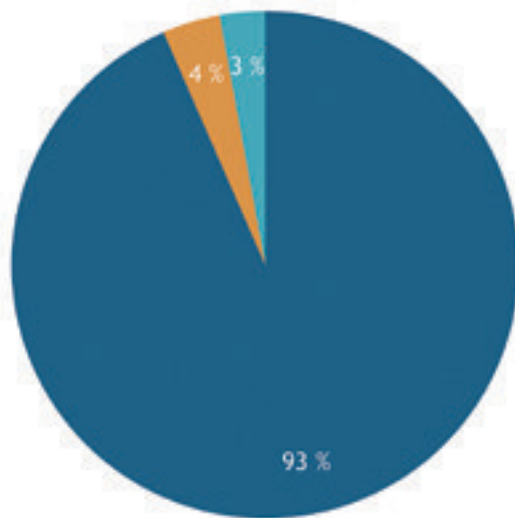
¿Cree usted que la tecnología puede o no reducir los efectos del cambio climático?



- La tecnología puede reducir los efectos del cambio climático
- La tecnología no puede reducir los efectos del cambio climático
- No sabe / No contesta

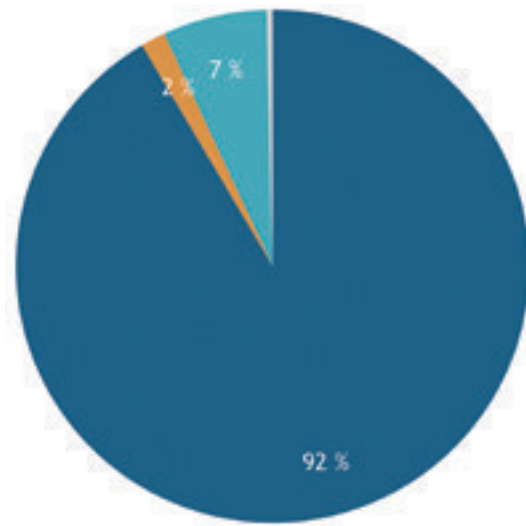
Por lo tanto, creen que el cambio climático si puede frenarse, pero ¿hasta que punto están dispuestos los castellano-manchegos a cambiar sus hábitos y sus modos de vida para disminuir sus efectos? Según las respuestas dadas, el 93% de los encuestados cree que debemos cambiar significativamente nuestros 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 vida
- 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?

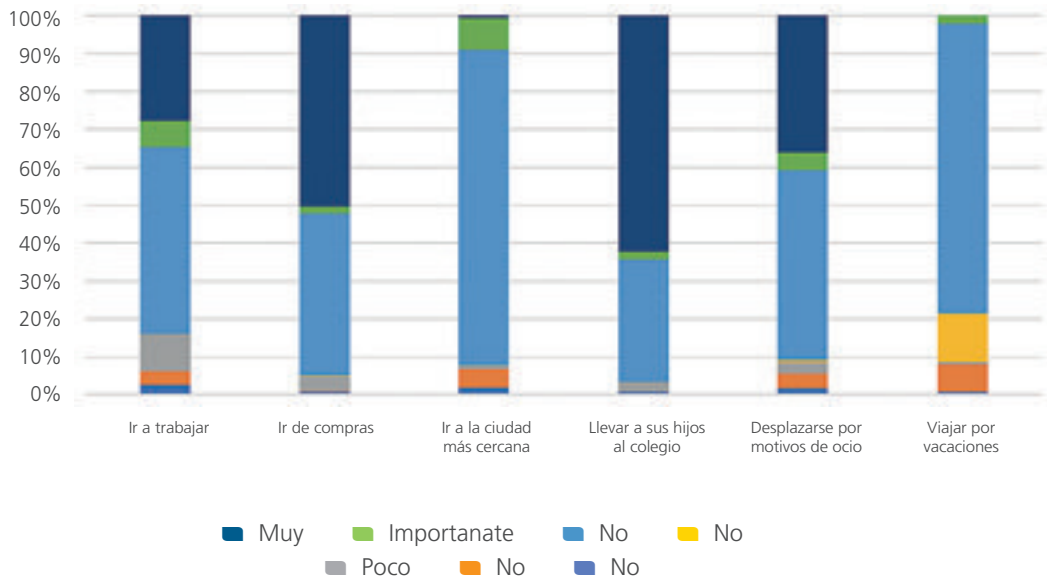


- A favor
- En contra
- Neutral
- No sabe / No contesta

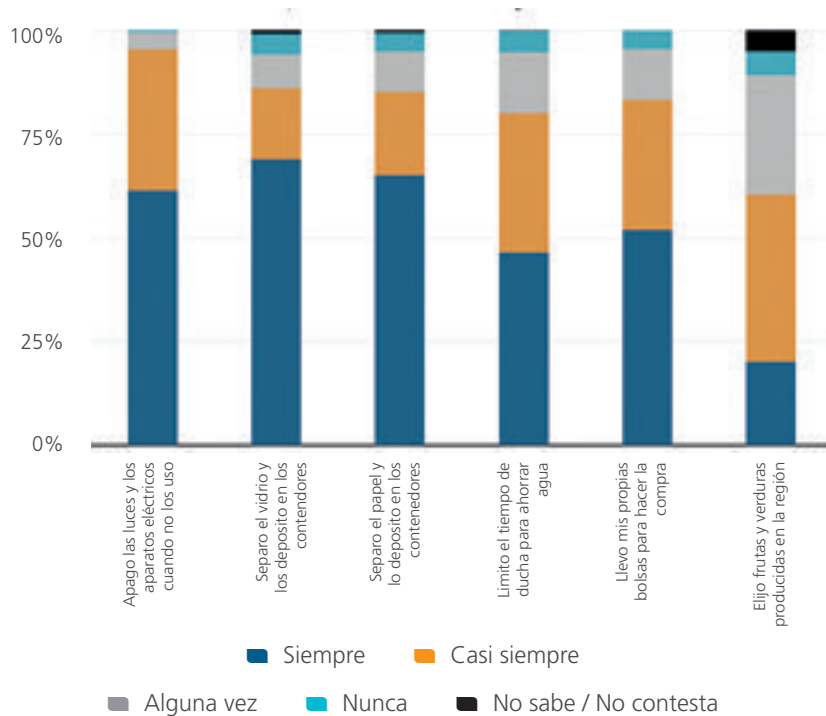
Sin embargo, ¿Que hacen realmente en la actualidad para frenar los efectos del cambio climático?, se pregunta que medio de transporte usan más en diferentes casos; en todos ellos, excepto al ir de compras e ir al colegio donde predomina ir a pie, el coche es el más usado; cabe destacar el poco uso que 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



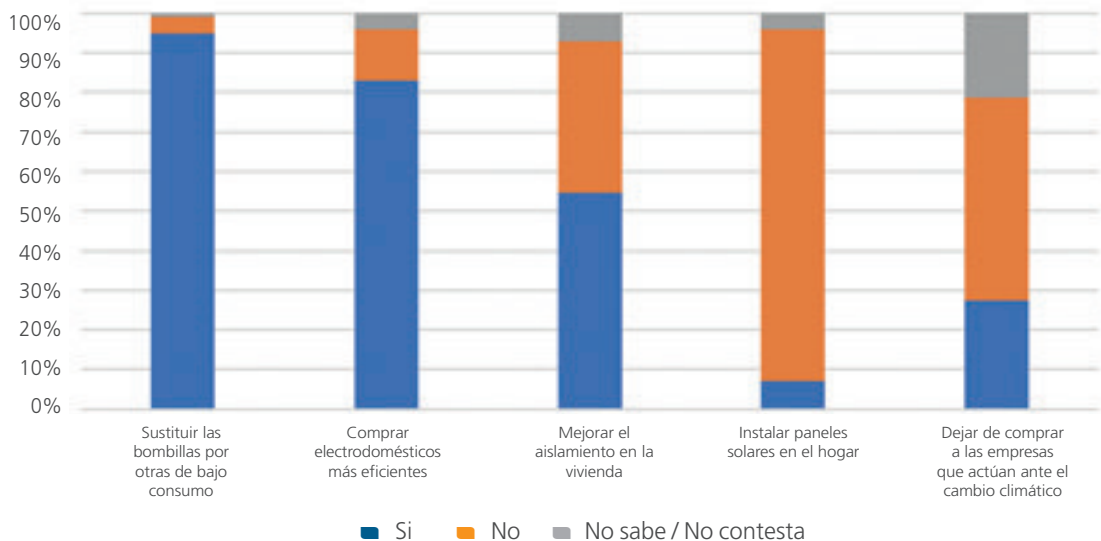
Como ya se ha dicho, el apagado de las luces y los aparatos eléctricos cuando no están en uso, es una de las actividades que más llevan a cabo, pero, ¿Cuál es realmente el principal motivo por que se plantean ese ahorro energético? El 47% de los encuestados dice hacerlo "por el ahorro económico" que 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.

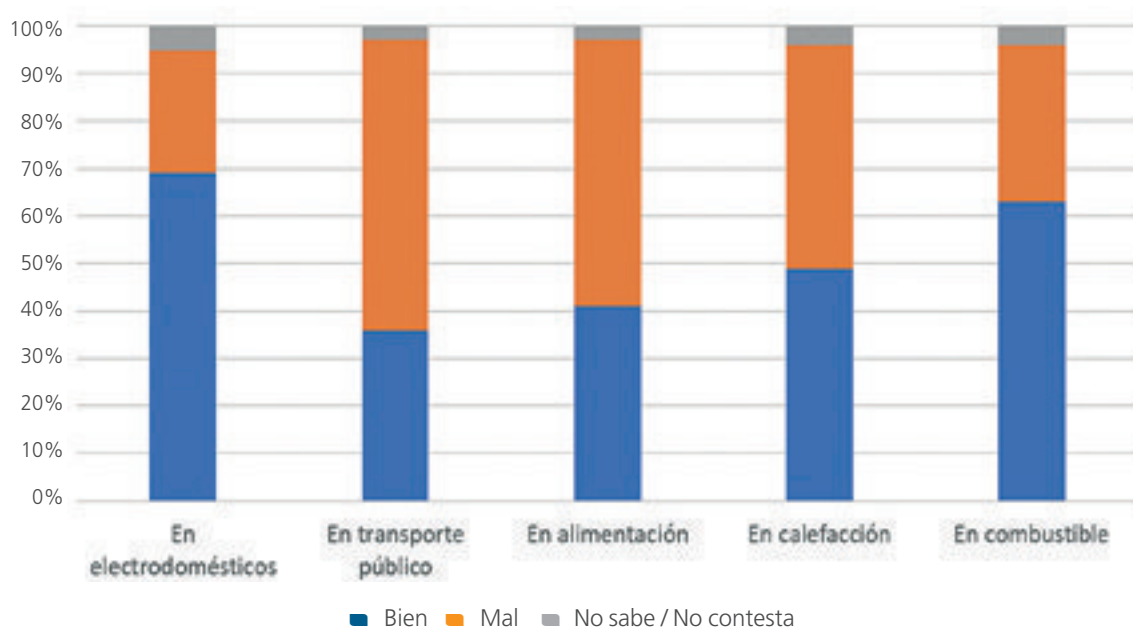
¿Ha realizado las siguientes actividades para luchar contra el cambio climático?



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?

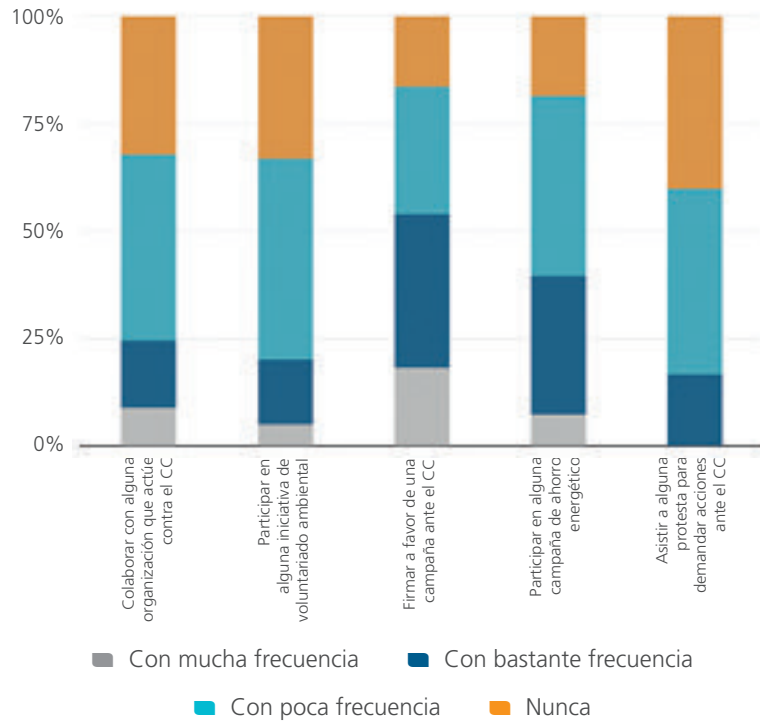


Para conocer el grado de implicación que tienen con el cambio climático y su política se pregunta con qué frecuencia realizan actividades de colaboración, participación o asistencia a organización, protestas, campañas o firmas.

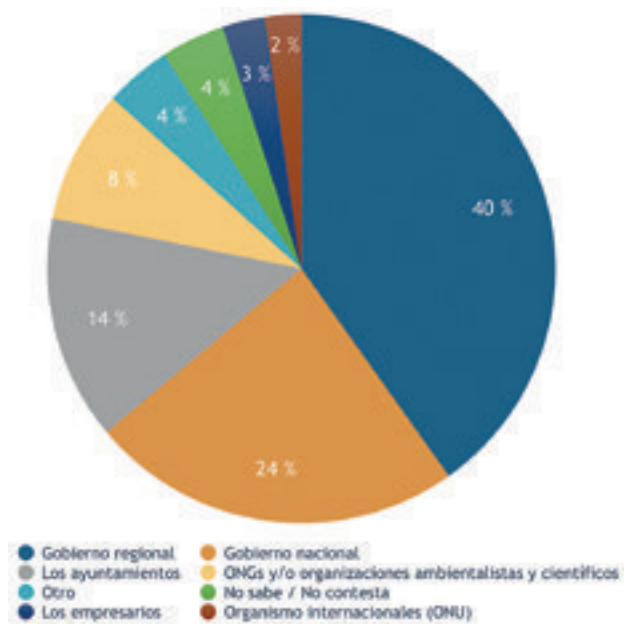
Exceptuando la firma a favor de una campaña ante el cambio climático que obtiene su mayor respuesta en el rango de "bastante frecuencia" con un 20%; el resto de actividades las realizan con poca frecuencia, acompañado del nunca; aunque hay que destacar que un 10% de los encuestados dice colaborar con 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

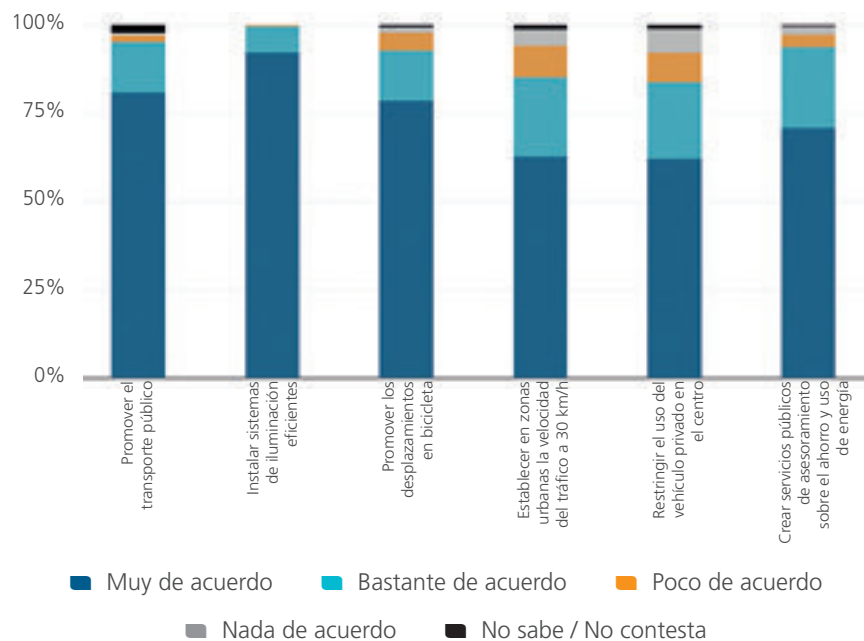


¿Qué persona o institución/organizador debería liderar en Castilla-La Mancha la temática referente al cambio climático?



Solo el 14% cree que los ayuntamientos deben liderar la lucha contra el cambio climático, entonces que opinarían si desde su localidad se tomara medidas para reducir 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?

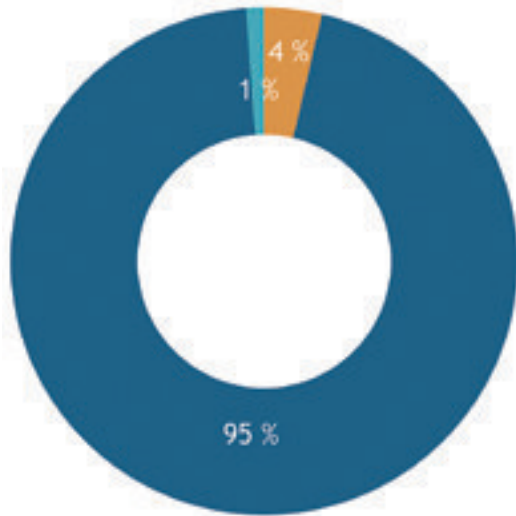


A pesar de todas las respuestas anteriores, de admitir la existencia del cambio climático, de enumerar algunos efectos que ya se están dando y de aceptar que debemos cambiar los modos de vida, los encuestados dicen que la sociedad, no está suficientemente concienciada, teniendo esta respuesta un 95%.

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.

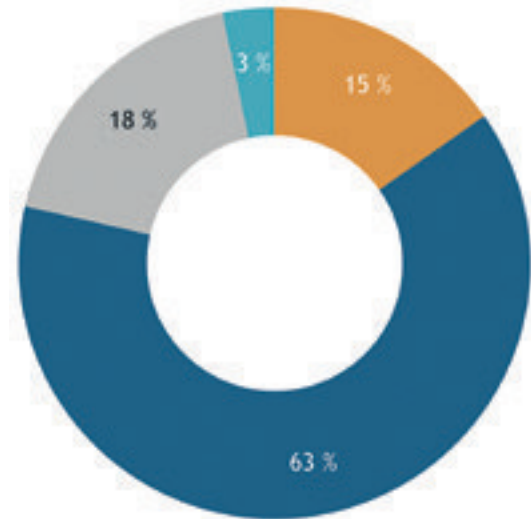
Pero, aunque encuentren información, ¿Qué grado de confianza le dan según el colectivo del que provenga?, Los científicos y los educadores ambientales son los que más confianza transmiten, seguido de los grupos ecologistas; sin embargo, sobre la administración autonómica, los empresarios, los ayuntamientos 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?



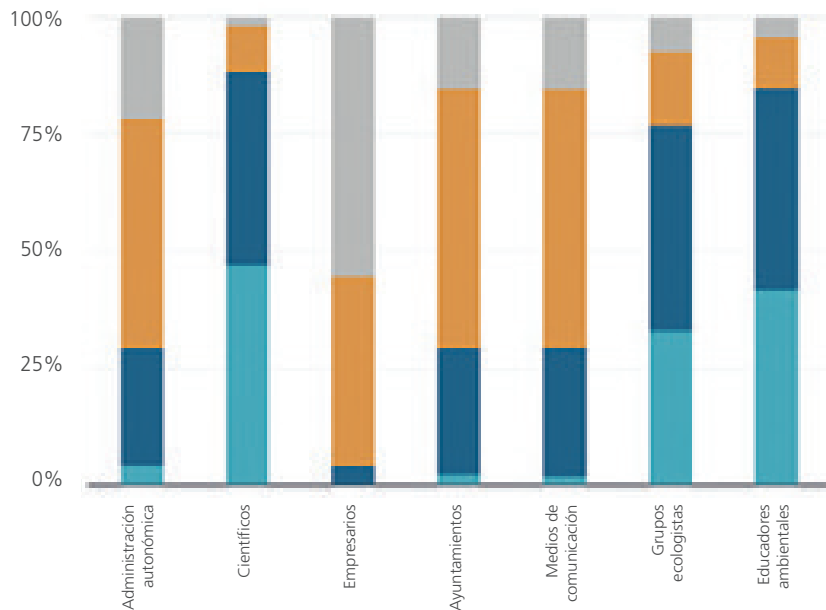
Si No No sabe / No contesta

En relación al acceso a la información sobre el cambio climático, ¿Cuánto de fácil es encontrar información general sobre ello y sobre los impactos en Castilla-La Mancha?



Muy difícil Difícil Fácil Muy fácil

¿Qué grado de confianza le merece a usted la información sobre el cambio climático proporcionada por los siguientes colectivos?



Mucha confianza Bastante confianza Poca confianza Ninguna confianza

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. Titled '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 sequía, 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 Querada.

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 'Agrí-

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 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 periodioclm.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 acompañadas 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 pública 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 de 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 Commission. "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

calor
Castilla-La Mancha
cambio climático
sequía
superficie
planeta
ecosistema
parámetros
precipitación
Impa



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 sí 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.

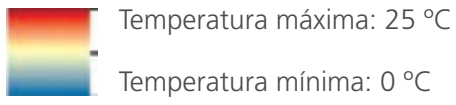
Jonathan Gómez Cantero,
Eduardo Bustillo Holgado,
Pablo Rodríguez Bustamente
Coordinadores

Anexo



Temperatura media

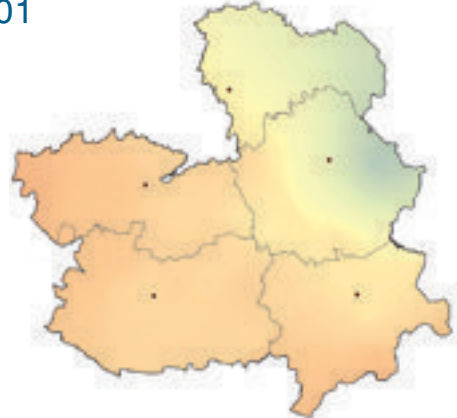
Leyenda



2000



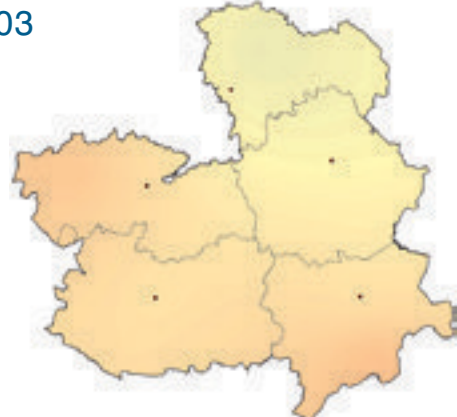
2001



2002



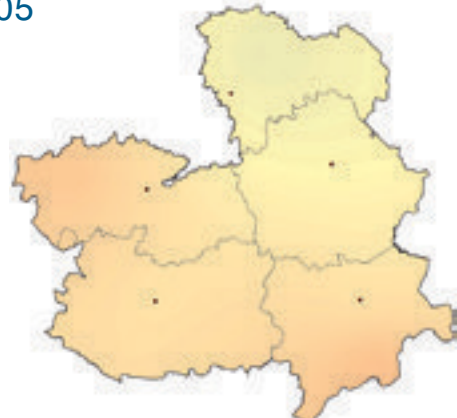
2003



2004



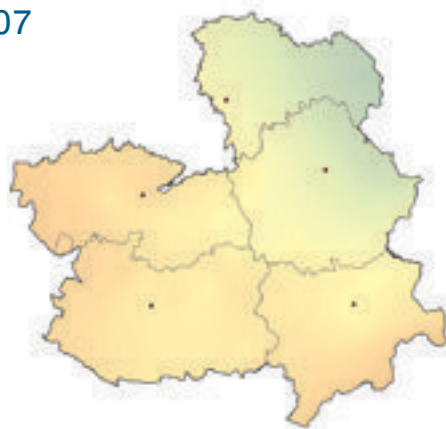
2005



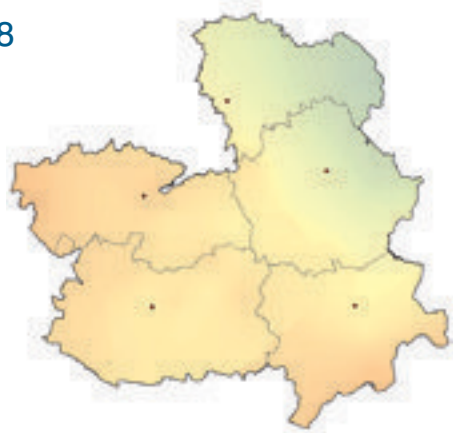
2006



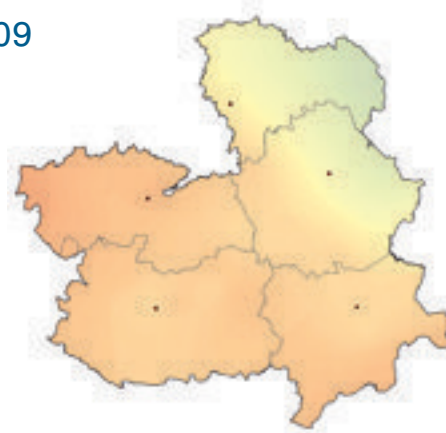
2007



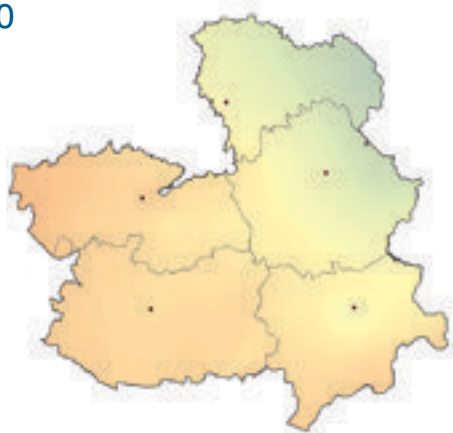
2008



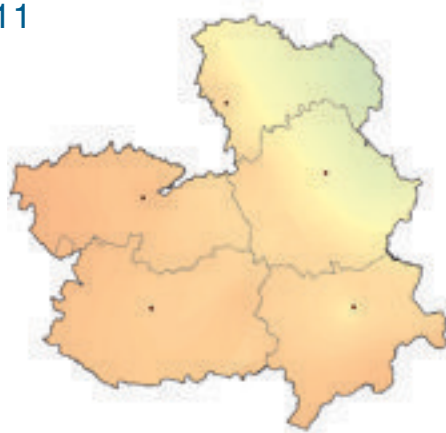
2009



2010



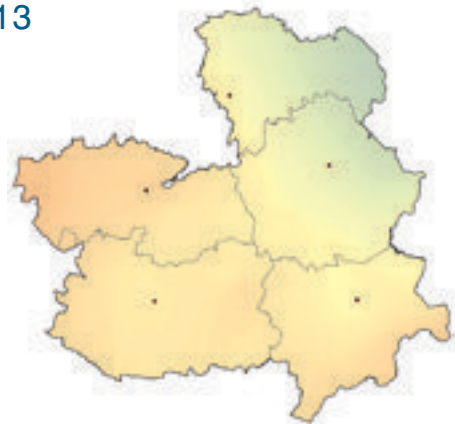
2011



2012



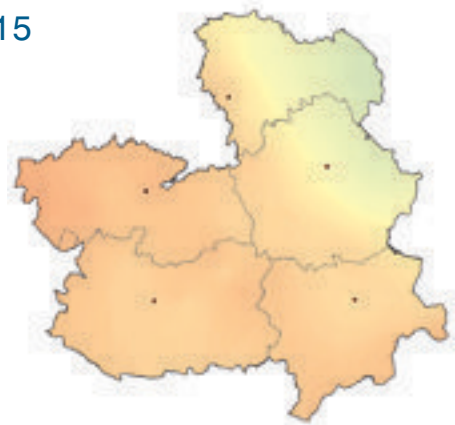
2013



2014



2015

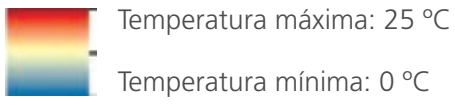


2016

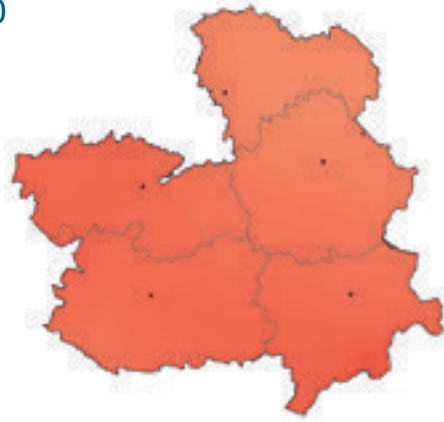


Temperatura media máxima

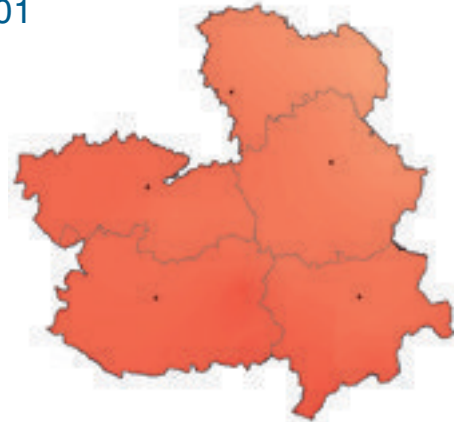
Leyenda



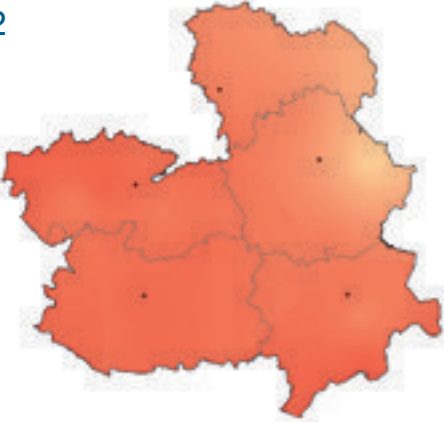
2000



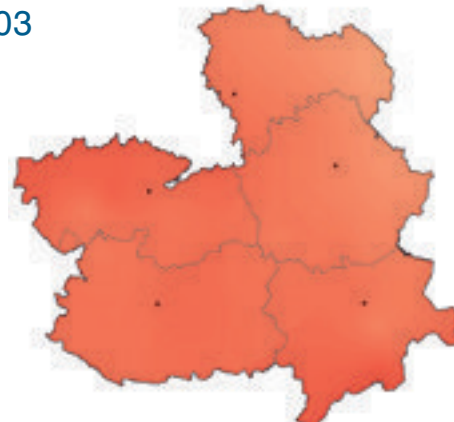
2001



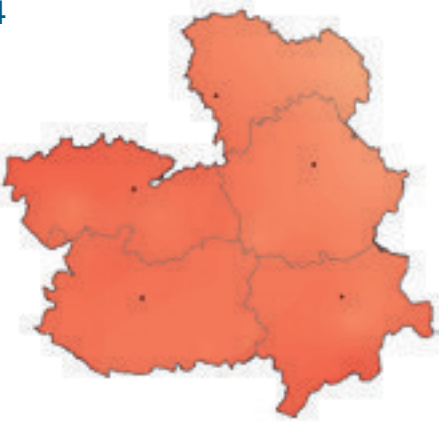
2002



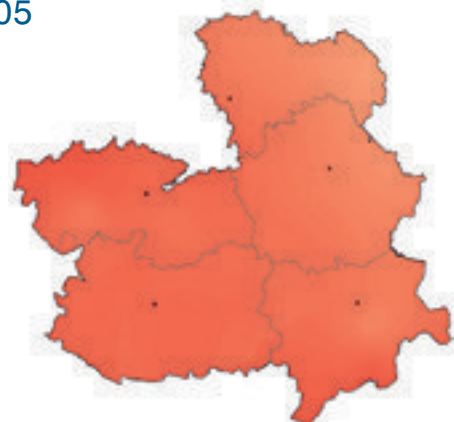
2003



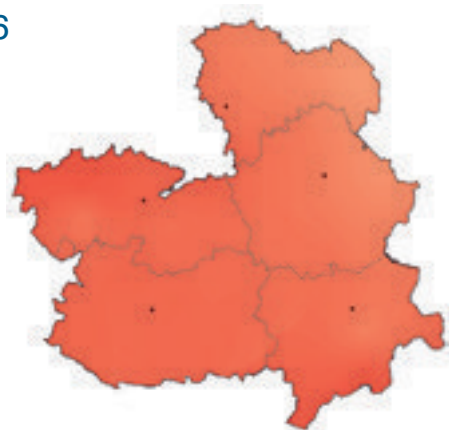
2004



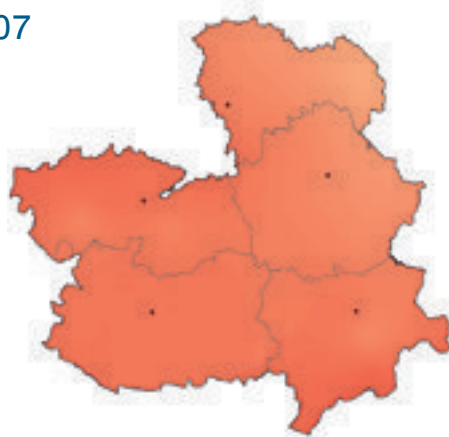
2005



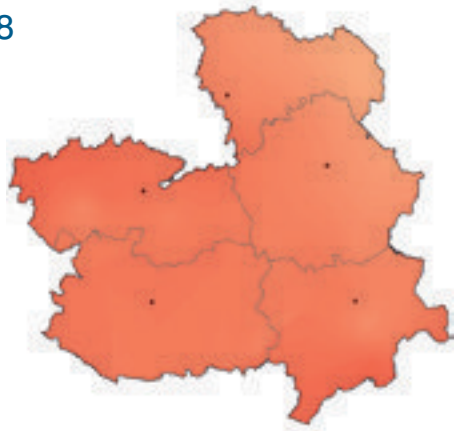
2006



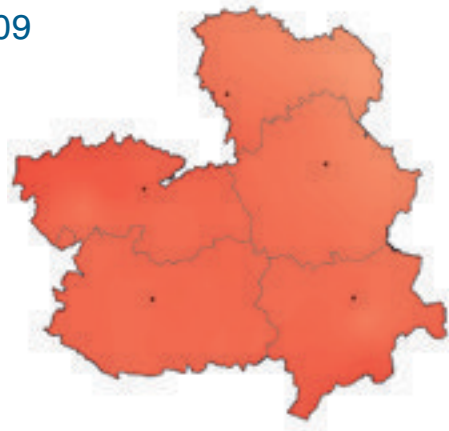
2007



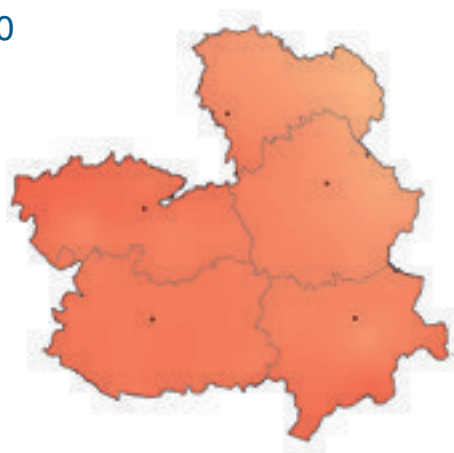
2008



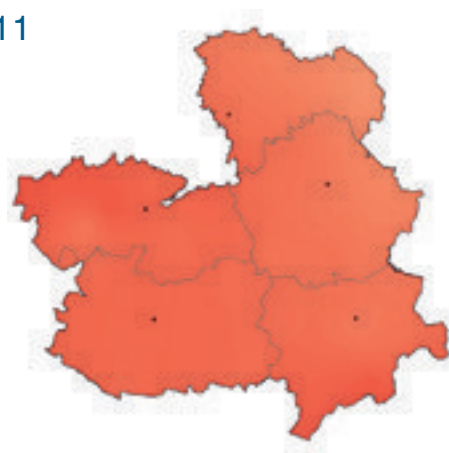
2009



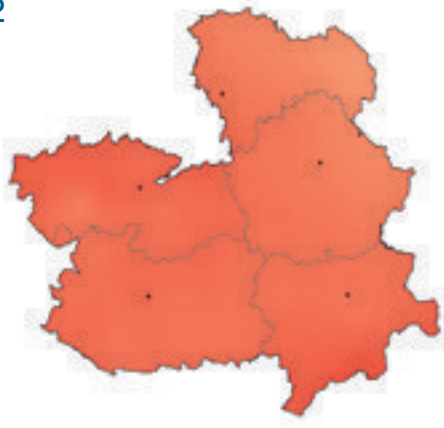
2010



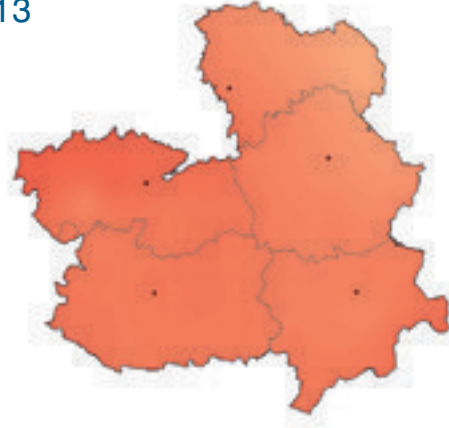
2011



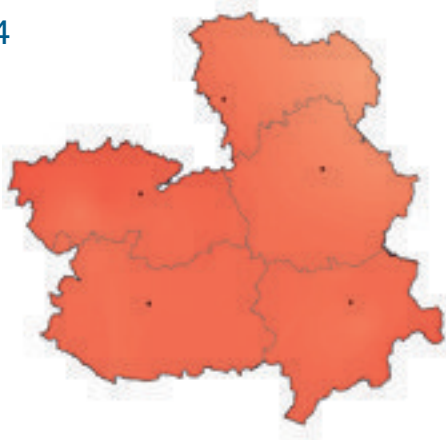
2012



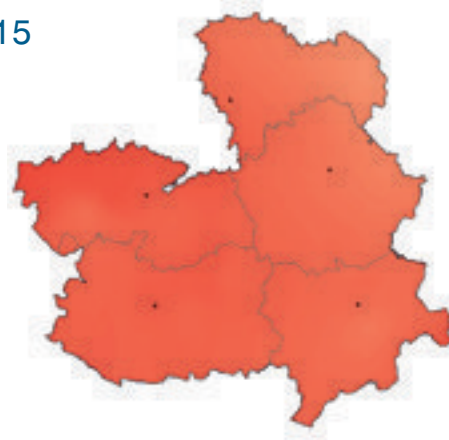
2013



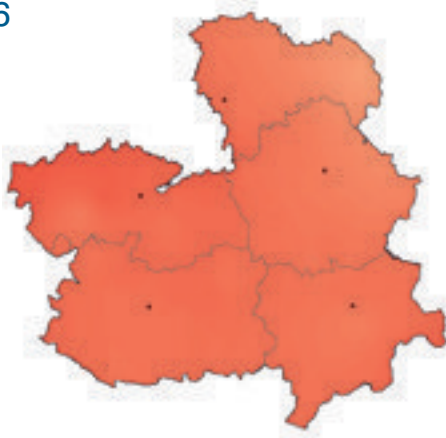
2014



2015

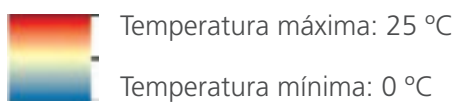


2016



Temperatura media mínima

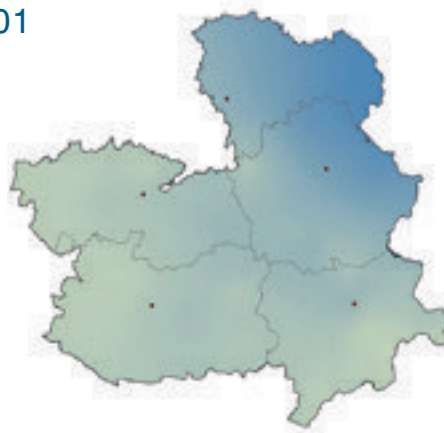
Leyenda



2000



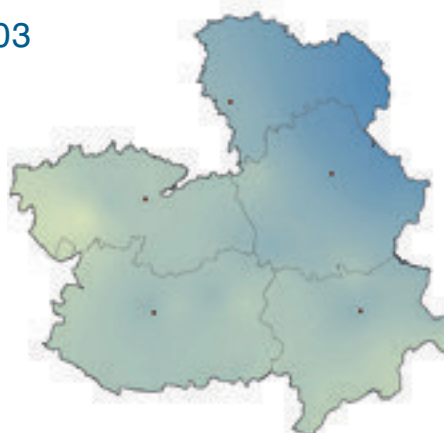
2001



2002



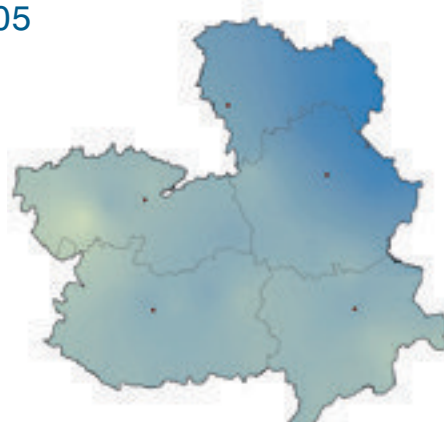
2003



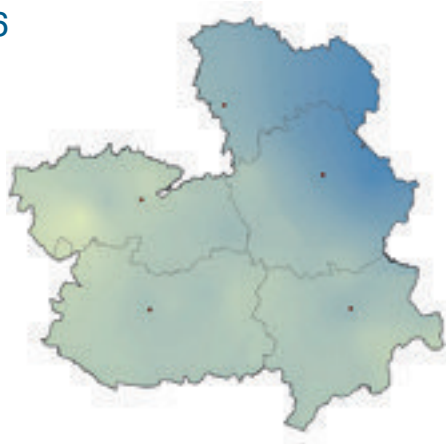
2004



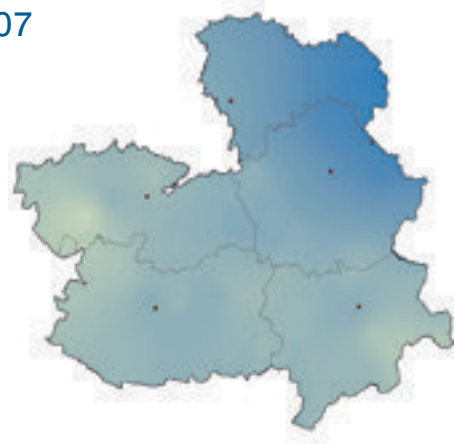
2005



2006



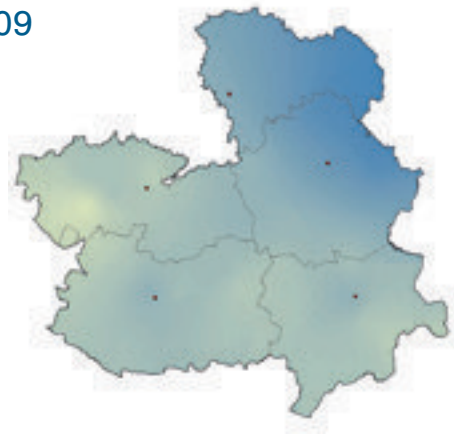
2007



2008



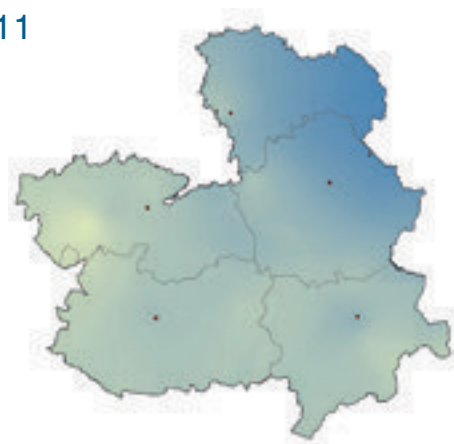
2009



2010



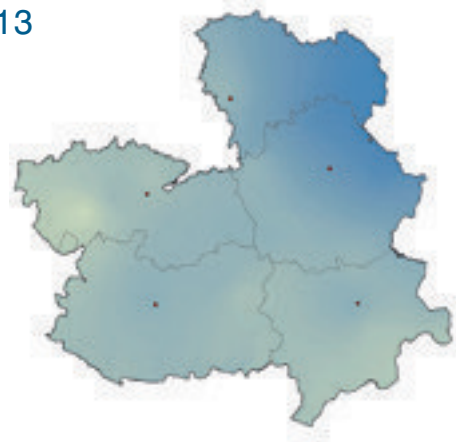
2011



2012



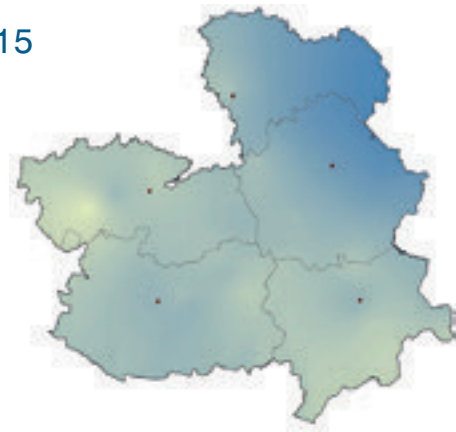
2013



2014



2015

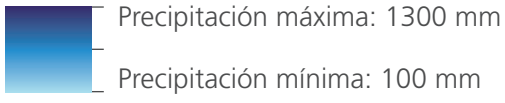


2016



Mapas de variación de precipitaciones

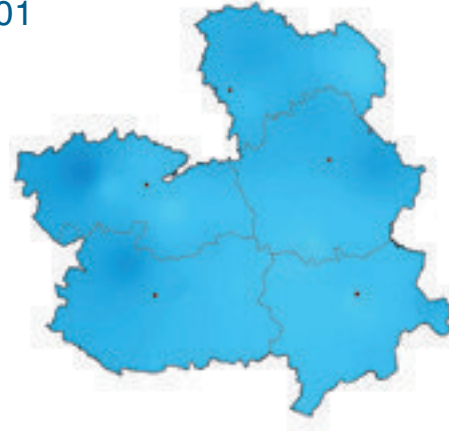
Leyenda



2000



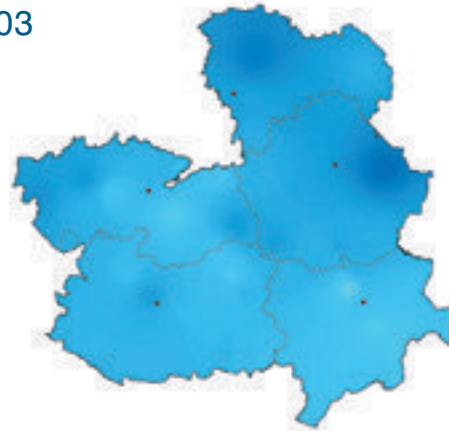
2001



2002



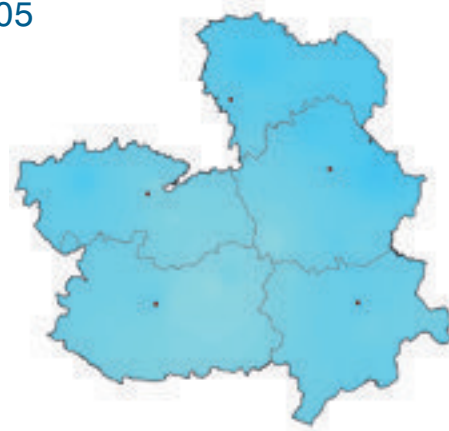
2003



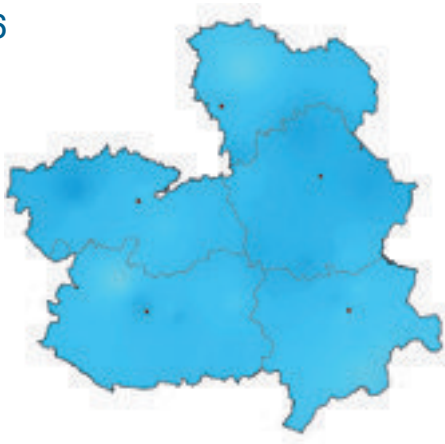
2004



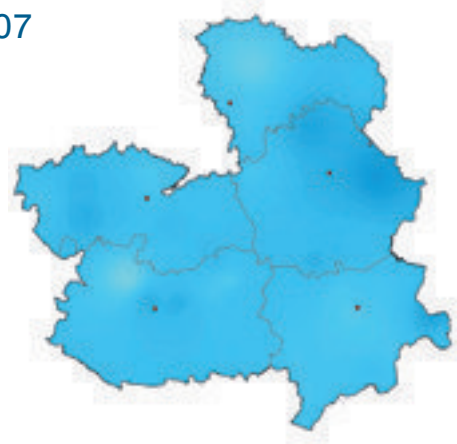
2005



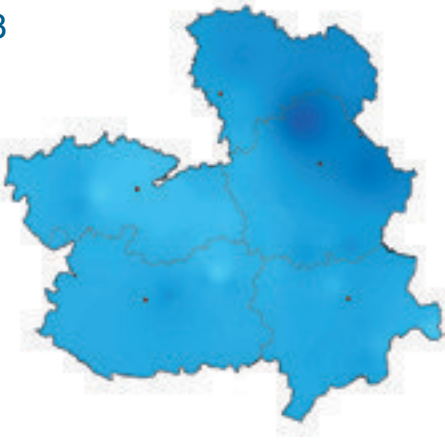
2006



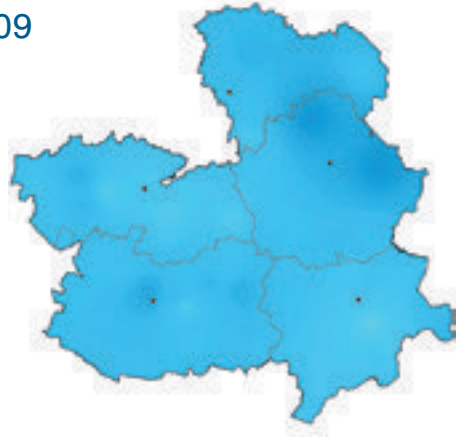
2007



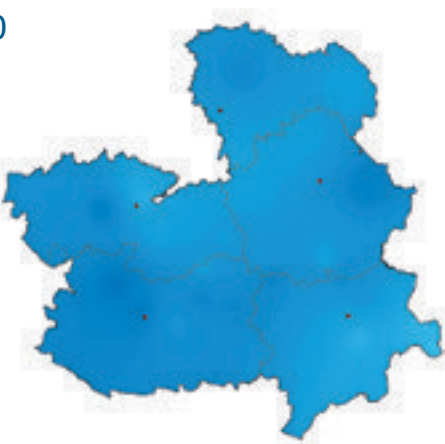
2008



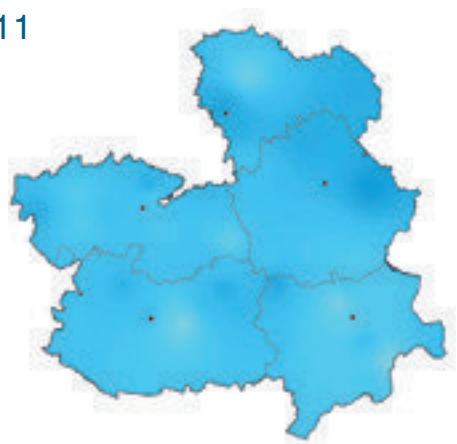
2009



2010



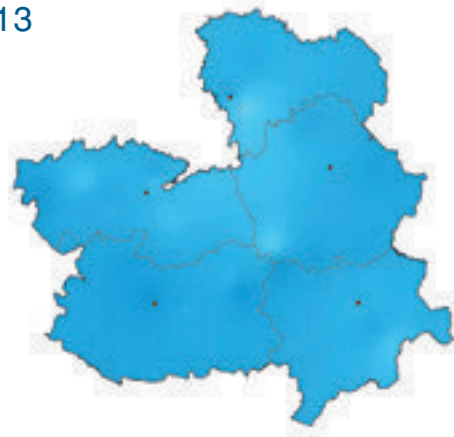
2011



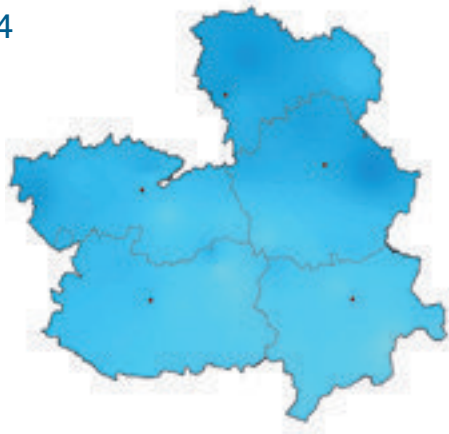
2012



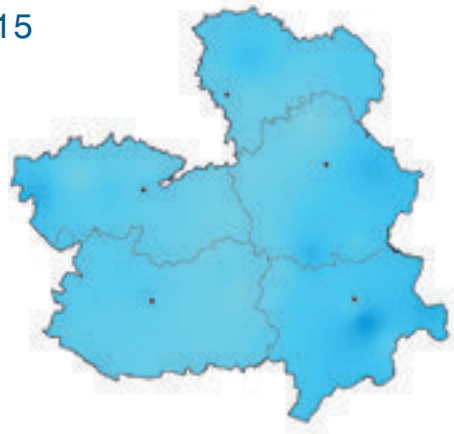
2013



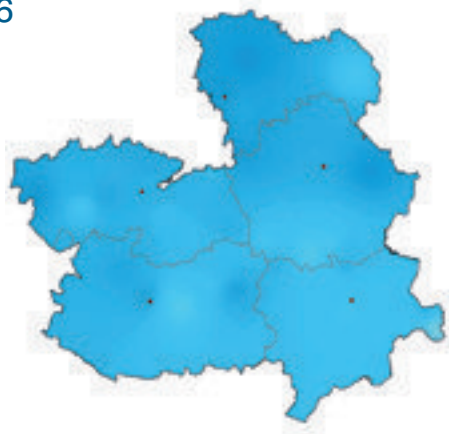
2014



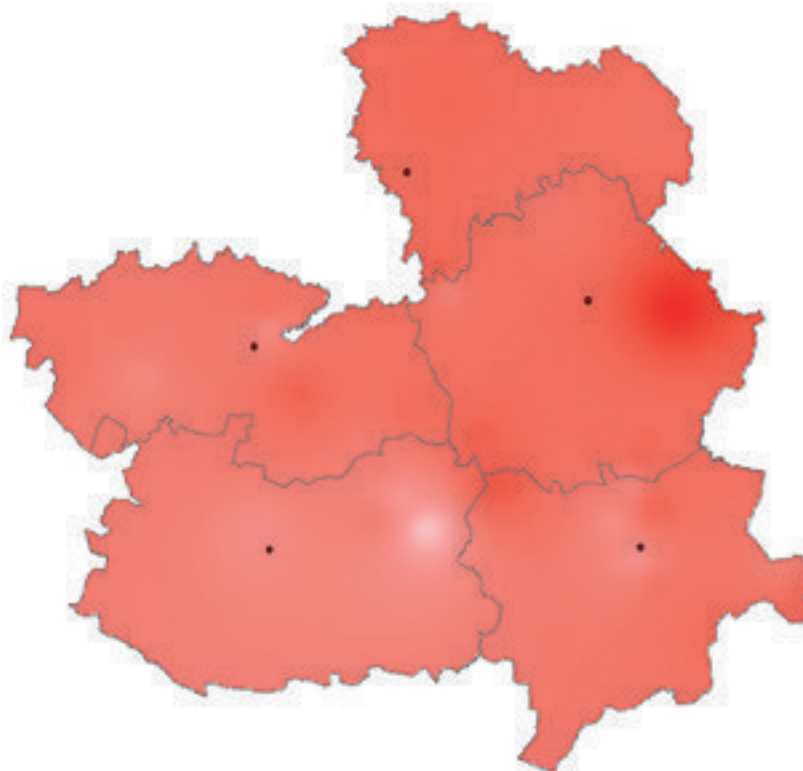
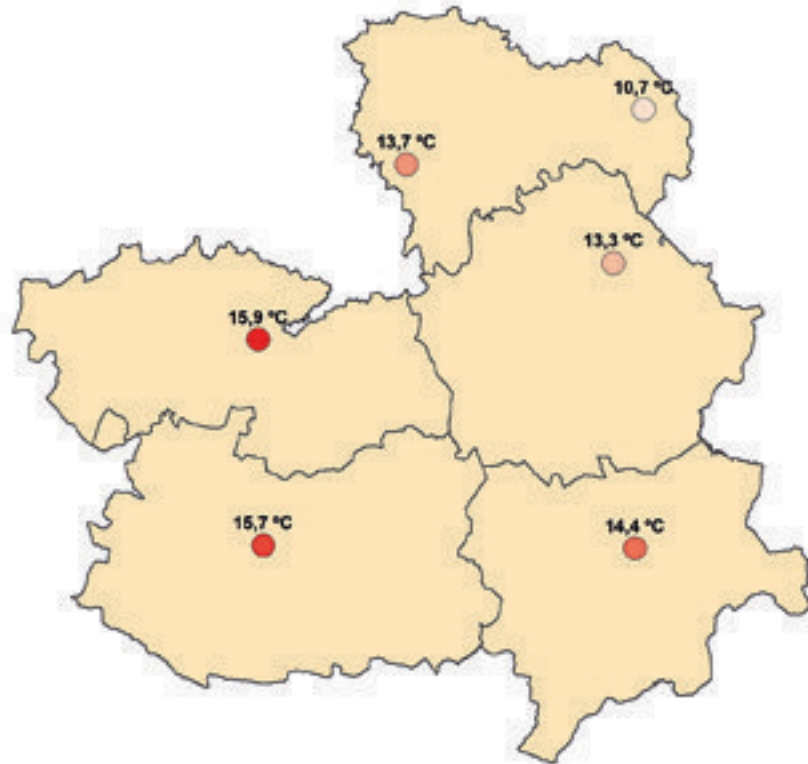
2015

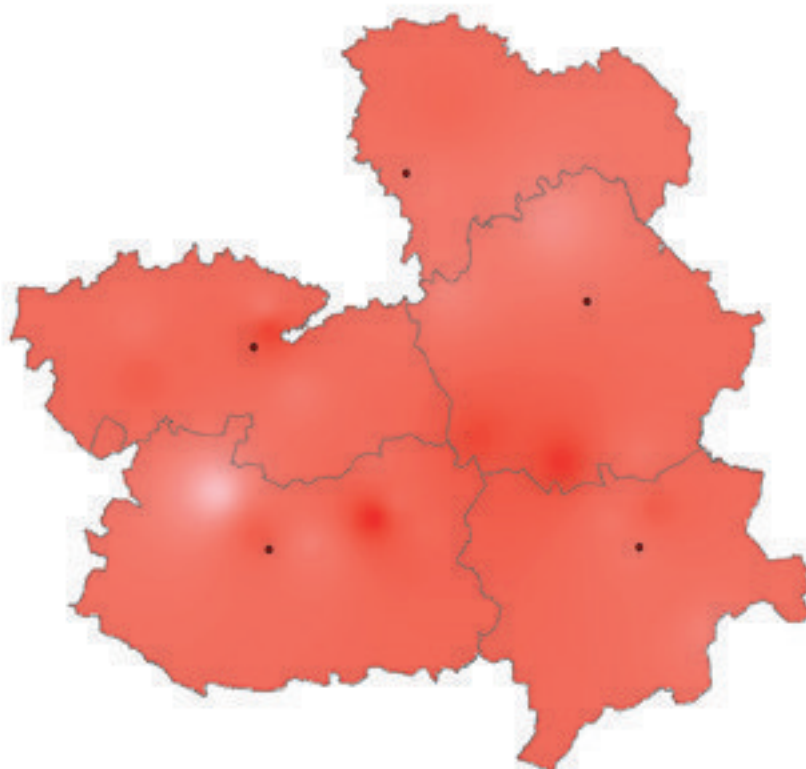
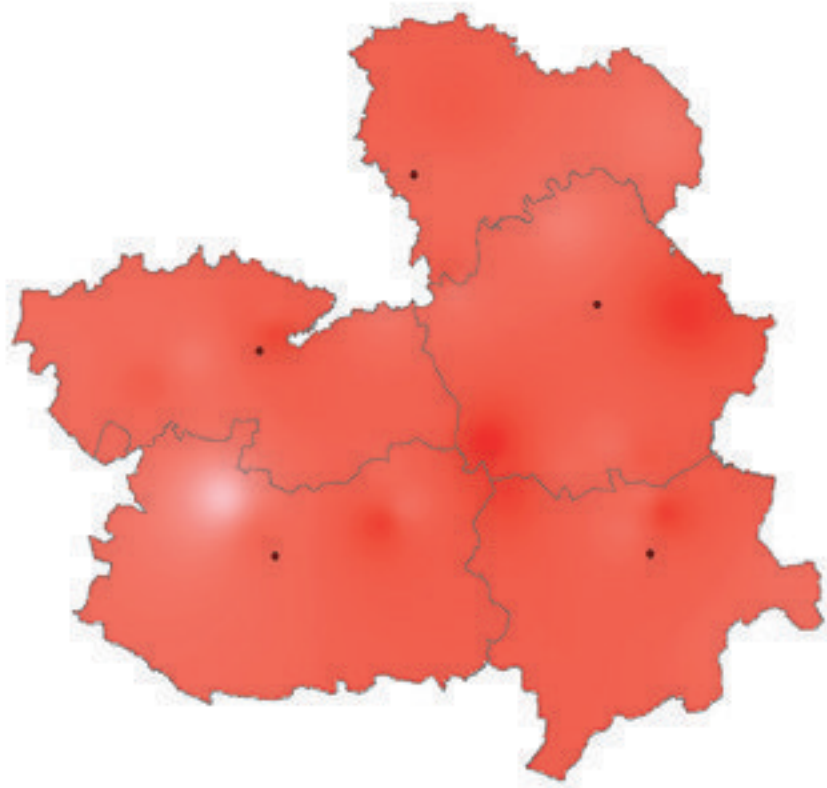


2016

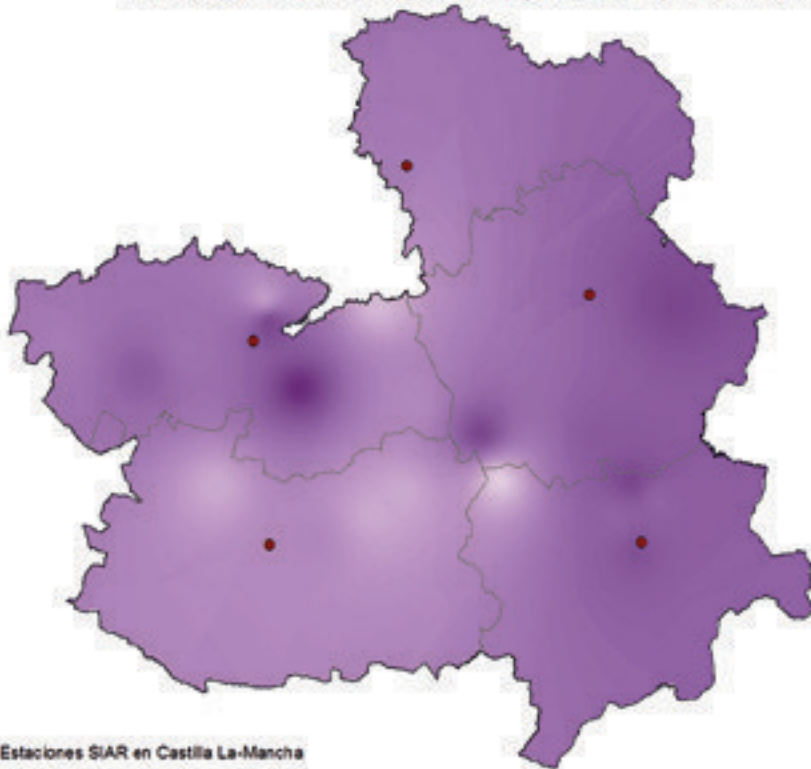


Temperatura media anual (1981 – 2016)



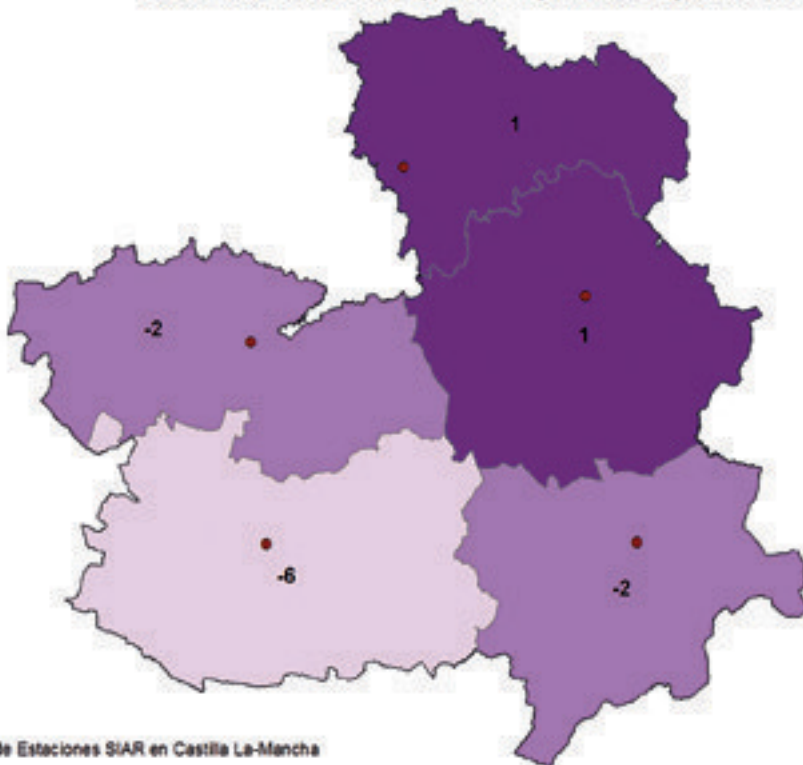


Variación de la evapotranspiración (2000-2016)

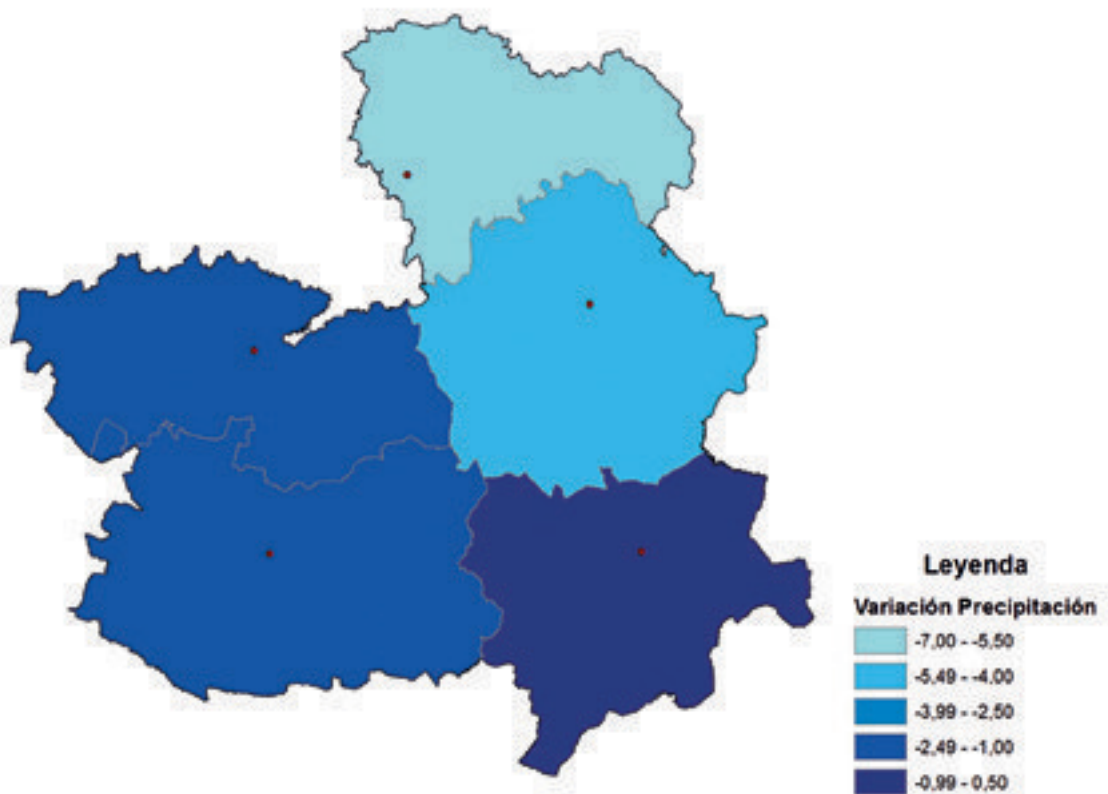
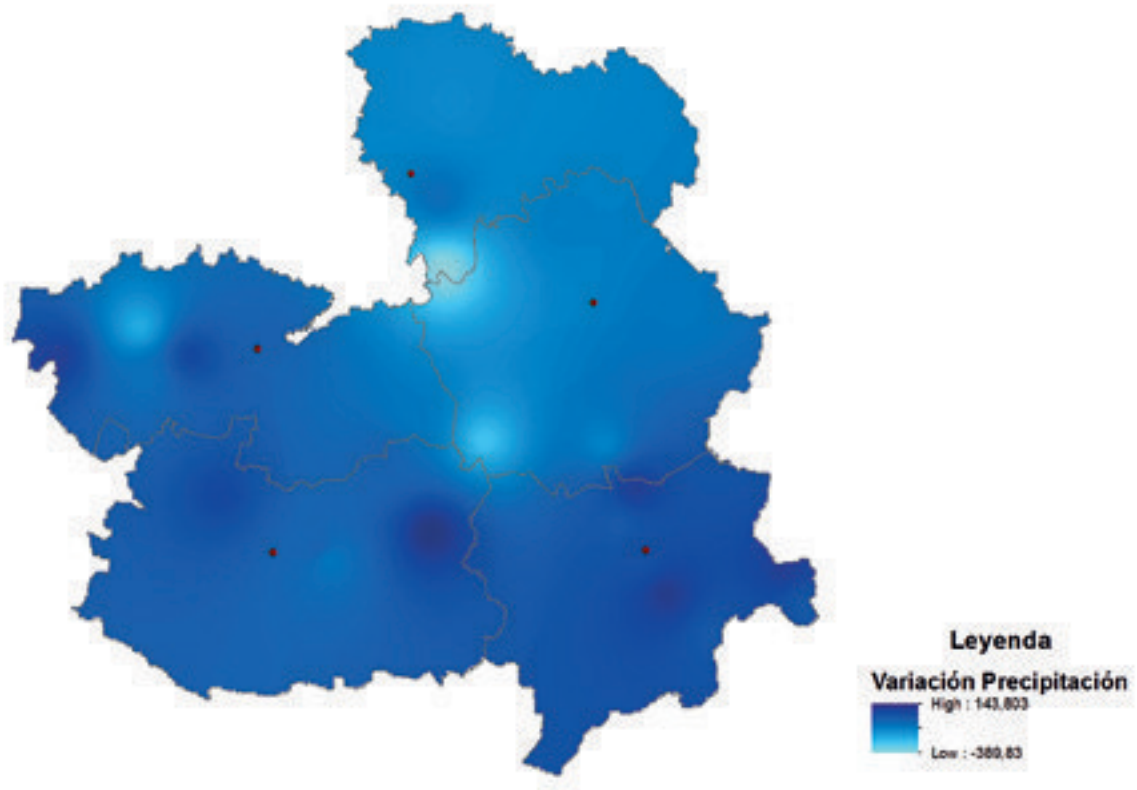


Fuente: Red de Estaciones SIAR en Castilla La-Mancha

Variación de la evapotranspiración (2000-2016)



Fuente: Red de Estaciones SIAR en Castilla La-Mancha



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.

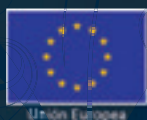
calor
Castilla-La Mancha
cambio climático
sequía
superficie
planeta
salud
alteración
fauna
modificación
ecosistemas
gases
precipitaciones
parámetros
mundo
desertificación
temperatura
clima
nubosidad
deshielo
futuro
forestal
glob
calentamiento
efecto invernadero
Informe preliminar



Estudio sobre efectos
constatados y percepción del

Cambio Climático

en el medio rural de Castilla-La Mancha



Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales



Castilla-La Mancha

