

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE ESPAÑA

Cruz Pérez, N.¹; Rodríguez Martín, J.¹; Ioras, F.²; García, C.³; Santamarta Cerezal, J.C.¹

- 1 Universidad de La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España. C/Pedro Herrera, s/n, 38200, La Laguna. Teléfono: +34 922 31 65 02
- 2 Institute for Conservation, Sustainability and Innovation, Buckinghamshire New University, High Wycombe, United Kingdom
- 3 Universidad de las Islas Baleares, Palma. España. Carretera de Valldemossa, km 7.5, 07122, Palma, Baleares

Resumen

Al escenario de cambio climático actual mundial, hay que sumar el uso que hacen del agua los principales sectores económicos en España. Principalmente, la agricultura y el turismo (España recibió 83 millones de turistas en 2019) son los principales demandantes hídricos del país, por lo que se ha estudiado la situación hídrica actual de la península y las islas del país, para conocer su capacidad de cubrir la demanda de estos sectores clave. Para abordar este análisis, se ha comenzado realizando un recorrido sobre las diferentes convenciones internacionales que han abordado la problemática del calentamiento global, para después abordar en la metodología la situación hídrica en España y sus dos archipiélagos (Canarias y Baleares) y los retos que enfrentan estos tres territorios en relación con la obtención de agua en un escenario de cambio climático. España y el archipiélago de Baleares gozan de un clima mediterráneo que se caracteriza por veranos secos. Precisamente en la época estival se recibe la mayor parte del turismo y hay que satisfacer una mayor demanda hídrica. En las Islas Canarias, debido a su condición geográfica, hablamos de un clima subtropical con abundantes microclimas dentro de las 8 islas que componen el archipiélago. Esta situación favorece diversas situaciones hídricas, apostando principalmente por la desalación en las islas más cercanas al continente africano, y por el agua subterránea en las islas más occidentales. En los tres territorios se está luchando por una gestión hídrica sostenible en relación al sector turístico, así como un aumento del uso de aguas regeneradas en riegos, debido a que la amenaza de escenarios de escasez hídrica en el sur de Europa es cada vez más creciente, con el riesgo que supone para el modelo de vida, turístico y agrícola, que se desarrolla en España.

Palabras clave: Cambio Climático; Recursos Hídricos; España; Islas

Abstract

To the current global climate change scenario, we must add the use of water by the main economic sectors in Spain. Mainly, agriculture and tourism (Spain received 83 million tourists in 2019) are the main water demanders in the country, so we have studied the current water situation of the peninsula and the islands of the country, to know their ability to meet the demand of these key sectors. In order to address this analysis, we began by reviewing the various international conventions that have addressed the problem of global warming, and then addressed the methodology of the water situation in Spain and its two archipelagos (Canary and Balearic Islands) and the challenges faced by these three territories in relation to obtaining water in a scenario of climate change. Spain and the Balearic archipelago enjoy a Mediterranean climate characterized by dry summers. It is precisely during the summer season that most tourism is received and a greater demand for water must be satisfied. In the Canary Islands, due to their geographical condition, we speak of a subtropical climate with abundant microclimates within the 8 islands that make up the archipelago. This situation favours different water situations, mainly betting on desalination in the islands closest to the

African continent, and on groundwater in the most western islands. In all three territories, the struggle for sustainable water management in relation to the tourism sector is underway, as well as an increase in the use of reclaimed water in irrigation, due to the growing threat of water scarcity scenarios in southern Europe, with the risk that this poses to the tourism and agricultural model of life that is being developed in Spain.

Keywords: Climate Change; Water Resources; Spain; Islands

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global se define como el aumento de las temperaturas en el sistema climático y los efectos que produce, observado en un periodo superior a un siglo (IPCC, 2013). Según el IPCC, es la actividad humana la causante del calentamiento del planeta que se observa desde finales del siglo XIX, ya que esta actividad ha multiplicado los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, provocando una descompensación en el sistema que existía, aumentando la temperatura de la Tierra. Las observaciones del clima comenzaron a realizarse desde mediados del siglo XIX y, junto a las reconstrucciones paleoclimáticas, aportan registros que se remontan a siglos o millones de años, proporcionando una visión global de la variabilidad y los cambios observados en el clima del planeta. La temperatura media global en la superficie terrestre no ha dejado de aumentar desde finales del siglo XIX y cada uno de los últimos tres decenios ha sido más cálido que cualquier otro decenio del que se tengan registros, siendo el decenio de 2000 el más cálido de todos (IPCC, 2014).

Estas observaciones del clima del planeta han llevado a los Estados a incluir el cambio climático en sus agendas. Entre las convenciones internacionales cuya finalidad ha sido limitar el efecto negativo del cambio climático, se destacan las siguientes:

- 1992: Tiene lugar el primer compromiso internacional para afrontar el calentamiento global con la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC), cuyo objetivo último es lograr la estabilización de gases de efecto invernadero en la atmósfera
- 1997: Protocolo de Kyoto, donde los países participantes se comprometieron a cumplir unas metas en la reducción de sus emisiones
- 2015: Acuerdo de París, se acuerda mantener el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales e intentar que no se superen los 1,5 °C (UNFCCC, 2016)
- 2019: Cumbre del Clima de Madrid, los países participantes comparten impresiones acerca de los sectores sobre los que incidir para reducir las emisiones de manera más radical y se anima a continuar implementando medidas para lograr el objetivo marcado en el Acuerdo de París

Desde los años setenta, la comunidad científica viene alertando acerca de cómo el sistema actual puede colapsar debido a no ser sostenible. Dentro de los informes más relevantes que recogen estas hipótesis, encontramos el Informe Meadows “Los límites del crecimiento” (Figura 1) y el Informe Brundtland, donde se establece por primera vez el concepto de desarrollo sostenible definido como *“el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”* (Keeble, 1988).

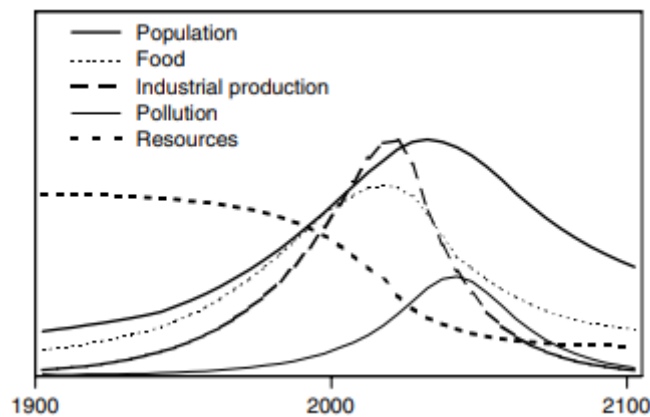


Figura 1. Proyección acerca del crecimiento de la población, alimentos, recursos, contaminación y producción industrial desde 1900 hasta 2100. Inspirado en el Informe Meadows. Fuente: (Janssen & Timmerman, 2014)

En efecto, en el informe Brundtland se recoge textualmente que “... ha existido una fuerte correlación entre las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita y, como resultado de ello, desde 1850, Norteamérica y Europa han producido alrededor del 70% de todas las emisiones de CO₂, mientras que la aportación de los países en desarrollo ha sido inferior al 25%. La mayor parte de las emisiones futuras procederán de los países hoy día en desarrollo, debido al más rápido crecimiento de su población y de su PIB y a su creciente porcentaje de industrias con uso energético intensivo.” (Ministerio para la Transición Ecológica, 2006).

Finalmente, en el año 2015 la Organización de las Naciones Unidas aprobó la “Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible” que se articula en 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) enfocados, entre otros aspectos, a la lucha contra el cambio climático y el acceso al agua potable para todas las comunidades del planeta. El objetivo número 6 se refiere específicamente al derecho al agua limpia y al saneamiento en todas las regiones del planeta, teniendo unas metas destinadas a lograr el acceso universal y equitativo al agua, así como el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados.

OBJETIVOS

Se han analizado el estado actual en el que se encuentran los recursos hídricos de España, dividiéndola en tres zonas, debido principalmente a razones climáticas: la Península Ibérica, las Islas Canarias y las Islas Baleares. La intención de este estudio ha sido conocer cómo afecta y se prevé que afectará el cambio climático a la disponibilidad de recursos hídricos en España.

METODOLOGÍA

Recursos hídricos en la Península Ibérica

En la península Ibérica el régimen hídrico es variable, debido principalmente al clima mediterráneo predominante en España y en el resto del sur de Europa. Las características del clima mediterráneo son veranos secos y calurosos, con inviernos lluviosos y fríos y primaveras que presentan heterogeneidad en sus temperaturas y sus precipitaciones. La precipitación media anual puede establecerse en 670 mm/año, con grandes desigualdades entre el norte (2200 mm) y el sur (120 mm) (Adhikari & Nejadhashemi, 2016).

Las sequías son un fenómeno habitual en la península ibérica, sin embargo, con el cambio climático se esperan periodos secos que serán cada vez más largos e intensos (WWF, 2019). En la Figura 2 puede apreciarse el nivel del estrés hídrico en España,

observándose más escasez en el sur. Esta situación de escasez hídrica se ve a su vez agravada por los siguientes elementos: intrusión marina en los acuíferos, desaparición paulatina de la costa, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y presiones de la agricultura sobre las demandas de agua (Gonzalo et al., 2017). Si a esta situación actual le añadimos la futura, parece evidente que el balance de agua continuará siendo negativo las próximas décadas. Así lo confirma un informe técnico del Centro de Estudios Hidrográficos (2017) donde se evalúa el impacto del cambio climático en los recursos hídricos y las sequías para el período 2010-2099 (ver resumen en Barranco et al., 2018)

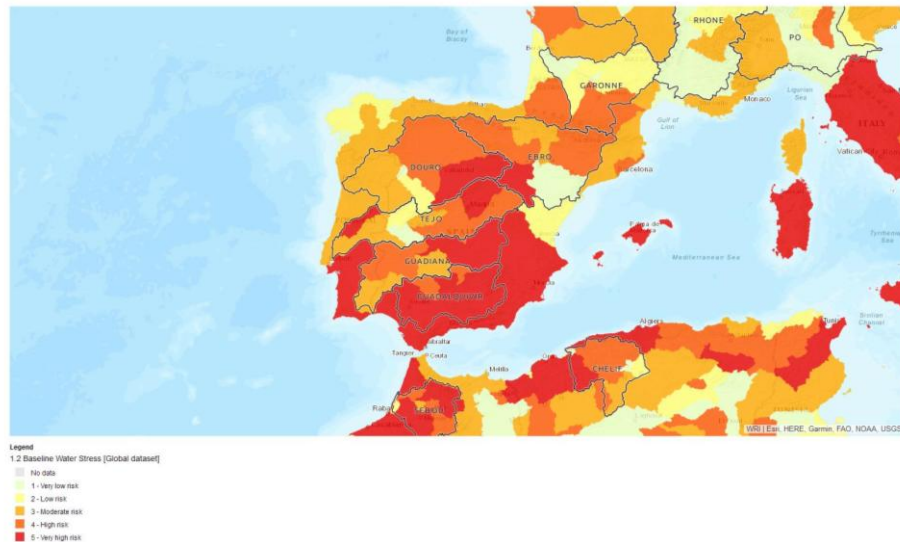


Figura 2. Estrés hídrico en la Península Ibérica (en rojo las zonas más afectadas). Fuente: WWF, 2019

En la Península Ibérica el agua no solamente funciona como un bien de consumo, sino que también es utilizada para la producción de energía a través de centrales hidroeléctricas. Por lo tanto, los años hidrológicos tienen un impacto significativo en la cantidad de energía que se puede producir por este medio. Por lo tanto, cuanto menos energía se produzca por fuentes renovables, mayor generación de gases de efecto invernadero asociados a la producción de energía a través de combustibles fósiles. En efecto, en el último Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, realizado por el Ministerio para la Transición Ecológica de España (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019), destaca que en el periodo 2011/2017: “se alternan ciclos en los que aumentan y disminuyen las emisiones, debido a variaciones en el mix energético, por la influencia del año hidrológico en la producción de electricidad. Los años con mayores emisiones se producen por la mayor participación de las centrales termoeléctricas unida a los años secos, con menor producción hidroeléctrica; y los años en los que decaen, se debe a una mayor presencia de energías renovables. En el año 2017 la demanda de la electricidad ha subido. Ha sido un año más caluroso y seco que 2016, con mucha menor aportación de la hidráulica, por lo que han aumentado las emisiones procedentes de ciclos combinados y centrales de carbón.”

Recursos hídricos en las Islas Canarias

Las fuentes de los recursos hídricos en las islas son diversos entre sí, debido a que la disponibilidad de estos cambia en función de la isla estudiada. En el caso de las islas orientales, como Lanzarote y Fuerteventura, al contar con un menor relieve comparadas con el resto de las islas del archipiélago, han tenido que recurrir desde hace más de treinta años a la desalación de agua de mar. Esto es debido a que debido a sus condiciones orográficas (Figura 3) cuentan con menor pluviometría anual y, por lo tanto, con una menor cantidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos. Sin embargo, en las islas occidentales como

La Palma o Tenerife, los recursos hídricos subterráneos suponen un elevado porcentaje que ayuden a cubrir las diferentes demandas en estas islas (agrícola, industrial, urbana y turística) (Santamarta, J.C.; Rodríguez-Martín, 2020).



Figura 3. Orografía de la isla de Fuerteventura, donde pueden observarse paisajes áridos con baja pluviometría anual. Fuente: Santamarta, J.C.

La gestión de los recursos hidrológicos del archipiélago se desarrolla mediante los planes hidrológicos insulares, que se elaboran por el Consejo Insular de Aguas de cada isla para el ámbito territorial de cada una de las demarcaciones hidrográficas (en el caso de Canarias una demarcación por cada isla) y que consisten en la principal herramienta para alcanzar los objetivos recogidos en la Directiva Marco del Agua. A través de ellos se establecen las directrices en materias de usos, cuantificación de las masas de agua subterráneas y costeras y estado de estas, proyecciones de futuro en cuanto a demanda y recursos hídricos, y demás aspectos relevantes para una correcta planificación hidrológica en Canarias.

En el caso concreto de la isla de Tenerife, el acuífero de la isla comenzó a explotarse a partir de 1920 mediante la construcción de galerías (Figura 4) y pozos por iniciativa privada. La intensificación de la demanda de agua en la isla, debido principalmente a la actividad agrícola y turística, ha propiciado que la situación de equilibrio que se tenía anteriormente se haya perdido. Con la intención de conocer el efecto del cambio climático en los recursos hídricos de la isla de Tenerife, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF) ha realizado un proceso de recopilación y revisión de la información meteorológica histórica, con lo que se han logrado componer series de registros de lluvia y temperatura para el conjunto de la isla de hasta 60 años de extensión (1944/2004). Los resultados arrojados por dicho estudio reflejan que los efectos del cambio climático son ya apreciables, encontrándose un descenso tendencial de - 3 mm/año (Braojos, Farrujia, & Fernández, 2007). La disminución de las precipitaciones en las islas, afectan directamente a la recarga del acuífero insular, ya que parte de la lluvia que recibe el terreno se convierte en infiltración. Por lo tanto, al disminuir la precipitación, disminuye la infiltración y, en consecuencia, la recarga del acuífero. Una de las conclusiones que se pueden extraer es que se hace necesario contemplar la recarga artificial del acuífero de Tenerife, como alternativa a medio y largo plazo.



Figura 4. Interior de una galería de agua en Canarias. Fuente: Santamarta, J.C.

Teniendo en cuenta que las previsiones de los expertos auguran una disminución de las precipitaciones en los años venideros, un aumento de las temperaturas y variabilidad en los vientos (lo que puede afectar a la lluvia horizontal en Canarias), es necesario asegurar la optimización de la distribución de los recursos hídricos en las islas del archipiélago, para minimizar todo lo posible las pérdidas de agua reales y aparentes. Además, se considera vital aumentar la producción de regeneración de aguas residuales en Canarias, para disminuir la demanda de recursos convencionales y no convencionales.

En términos socioeconómicos, nos enfrentaremos también a inconvenientes derivados de la disponibilidad hídrica en las islas. Por ejemplo, si disminuyen las precipitaciones, disminuye la recarga del acuífero, con lo que se hace necesario aumentar la capacidad de desalación de las islas, que se traduce a su vez en un mayor consume energético. Por otra parte, los episodios de sequías que puedan sufrirse afectarán inexorablemente a la agricultura, aumentando la dependencia del archipiélago en el exterior. Es decir, la disminución de precipitaciones que se auguran por efecto del cambio climático podrá tener repercusiones no solo directamente en la disponibilidad hídrica, sino indirectamente en otros muchos sectores que dependen de ella.

Recursos hídricos en las Islas Baleares

El archipiélago de Islas Baleares está constituido por 5 islas (Mallorca, Cabrera, Menorca, Ibiza y Formentera) y goza de un clima mediterráneo. Las presiones hídricas que sufre este archipiélago son similares a las de las Islas Canarias (elevado turismo, intrusión marina en los acuíferos y sobreexplotación de estos, contaminación urbana, etc.). Sin embargo, estas islas se enfrentan a un turismo más estacional (Deyà Tortella & Tirado, 2011), a diferencia de las Islas Canarias que posee elevado turismo durante todo el año, y esto les genera picos de demanda hídrica en verano, justamente cuando menos oferta de agua potable hay en las islas (Hof & Schmitt, 2011). Las Islas Baleares se abastecen también de una combinación de aguas subterráneas, que suponen el 90% de los recursos hídricos en el archipiélago balear (Gómez et al., 2004), aguas superficiales y desalación.

Por lo tanto, la planificación hidrológica en las Baleares gira en torno a sus aguas subterráneas, lo cual marca una de las grandes diferencias respecto a la gestión del agua la península ibérica, que se centra en las aguas superficiales (García & Rodríguez-Lozano, 2020). En el archipiélago balear, las aguas reutilizadas cubren hasta el 42% de la demanda hídrica del sector agrícola, sin embargo, dicho sector sigue ejerciendo una importante presión en las aguas subterráneas (no solo por la demanda, sino por la contaminación por nitratos). Por otra parte, de gran importancia es también el sector turístico hotelero, cuyo

consumo puede cifrarse en un 17% del consumo urbano de las Islas Baleares (García & Rodríguez-Lozano, 2020).

Respecto a la desalación, esta ha surgido como medida para paliar los efectos de las sequías sufridas en las islas en los últimos 20 años. De hecho, en la Figura 5, puede observarse cómo la producción de agua desalada no es estable, sino presenta oscilaciones, precisamente por esa necesidad de adaptarse a los periodos más secos sufridos en el archipiélago.

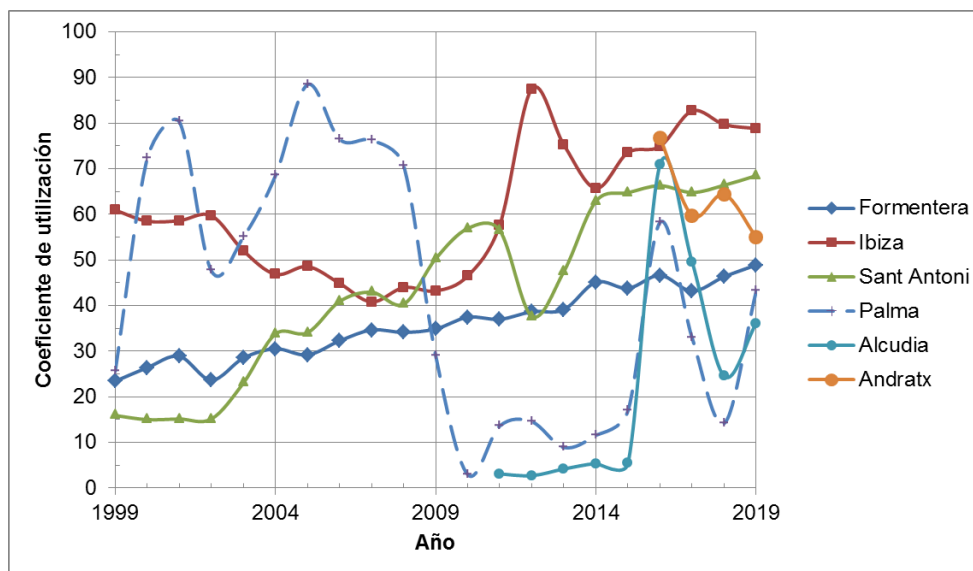


Figura 5. Coeficiente de utilización de las principales desaladoras de las Baleares. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ABAQUA (2019)

Conclusiones

En la actualidad, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) son las tres principales organizaciones encargadas de estudiar las variaciones del clima y sus efectos en la superficie terrestre, los océanos y los seres vivos. Estas organizaciones publican asiduamente documentos en los que repasan el estado actual de las emisiones, los efectos del cambio climático en la salud de las personas, los desplazamientos humanos debido al calentamiento global y los efectos de la subida de las temperaturas en los mares y en los cultivos.

El cambio climático es un proceso real, que ya está afectando a la disponibilidad de los recursos hídricos, especialmente en países con clima mediterráneo como es el caso de España. Por lo tanto, se considera necesaria una actuación inmediata en los ámbitos de la reutilización de aguas, la recarga artificial de los acuíferos y las medidas de ahorro hídricas en el sector turístico y agrario, para lograr maximizar el aprovechamiento de los recursos hídricos y minimizar la demanda hídrica del país, especialmente en los meses de verano.

Agradecimientos

El desarrollo de este estudio ha sido posible gracias al proyecto europeo Erasmus+ INCAMP (<https://www.incamp-project.eu/>), que estudia los puertos deportivos europeos y ha permitido llevar a cabo este análisis, y al programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, en virtud del acuerdo de subvención N° 776661, al programa

Erasmus Plus de la Unión Europea, en virtud del acuerdo de subvención N° 2018-1-UK01-KA203-047958, y al acuerdo de subvención N° 2017-1-UK01-KA203-036521.

Referencias

- Adhikari, U., & Nejadhashemi, A. P. (2016).** Impacts of climate change on water resources in Malawi. *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(11), 1154–1168. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001436](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001436)
- Barranco, L.M.; Dimas, M.; Jiménez, A.; Estrada, F. (2018). Nueva evaluación del impacto futuro del cambio climático en los recursos hídricos en España. *Ingeniería Civil*, 191, 34–55.
- Braojos, J. J., Farrujia, I., & Fernández, J. (2007). Los recursos hídricos en tenerife frente al cambio climático. *Jornadas Sobre "Las Aguas Subterráneas En La Directiva Marco de Aguas,"* 1–16.
- Deyà Tortella, B., & Tirado, D. (2011).** Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the island of Mallorca. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2568–2579. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.05.024>
- García C.; Rodríguez-Lozano, P. (2020).** Cinco aspectos clave en la gestión del agua de las Islas Baleares. In Colegio Oficial de Ingenieros de Montes (Ed.), *Los procesos de planificación hidrológica en la península ibérica e islas en un contexto de cambio climático*. Madrid.
- Gómez, C. M., Tirado, D., & Rey-Maqueira, J. (2004).** Water exchanges versus water works: Insights from a computable general equilibrium model for the Balearic Islands. *Water Resources Research*, 40(10). <https://doi.org/10.1029/2004WR003235>
- Gonzalo, Escribano; Philippe, Quevauviller; Enrique, S. M. E. V. (2017).** Climate change policy and water resources in the EU and Spain. A closer look into the Water Framework Directive. *Environmental Science and Policy*, 69, 1–12.
- Hof, Angela; Schmitt, T. (2011). Urban and tourist land use patterns and water consumption: Evidence from Mallorca, Balearic Islands. *Land Use Policy*, 28, 792–804.
- IPCC. (2013).** *Cambio Climático 2013. Bases físicas* (p. 34). p. 34. Retrieved from <http://www.climatechange2013.org/>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.
- Janssen, M., & Timmerman, P. (2014). *Modeling Human Dimensions of Global Environmental Change* *Modeling Human Dimensions of Global Environmental Change Editor-in-Chief*. (June).
- Keeble, B. R. (1988). The Brundtland Report: "Our Common Future." *Medicine and War*, 4(1), 17–25. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2006).** *Stern review: La economía del cambio climático Sinopsis* (p. 32). p. 32.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). *Informe de inventario nacional gases de efecto invernadero. 2019*, 990. Retrieved from <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx>
- Santamarta, J.C.; Rodríguez-Martín, J. (2020).** Retos de futuro de los recursos hídricos en las Islas Canarias. In C. O. de I. de Montes (Ed.), *Los procesos de planificación hidrológica en la península ibérica e islas en un contexto de cambio climático*. Madrid.
- UNFCCC. (2016). 1/CP.21 Aprobación del Acuerdo de París. *Unfccc*, 01194, 40. Retrieved from <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>
- WWF. (2019).** Water scarcity and droughts in the Iberian Peninsula. *Family Court Review*, 57(4), 459–460. <https://doi.org/10.1111/fcre.12450>