

Cita bibliográfica: Morote Seguido, A.F. & Olcina Cantos, J. (2021). Riesgos atmosféricos y cambio climático: propuestas didácticas para la región mediterránea en la enseñanza secundaria. *Investigaciones Geográficas*, (76), 195-220. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18510>

Riesgos atmosféricos y cambio climático: propuestas didácticas para la región mediterránea en la enseñanza secundaria

*Atmospheric risks and climate change: didactic proposals
for the Mediterranean region in middle and high school*

Álvaro-Francisco Morote Seguido¹ 
Jorge Olcina Cantos^{2*} 

Resumen

La educación es una acción fundamental para reducir la acción de los riesgos naturales dentro del contexto del cambio climático actual. No obstante, en los países desarrollados no ha tenido un protagonismo destacado en cuanto al diseño de las políticas de prevención de estos riesgos. Y ello, a pesar del papel que cubre en la concienciación que puedan lograr las cohortes más jóvenes de la sociedad ya que serán protagonistas de estos procesos en las próximas décadas. Este trabajo tiene por objeto proponer actividades didácticas para el tratamiento de cinco procesos principales de manifestación extrema del clima que ya afectan a la región mediterránea y que deben incorporarse en la asignatura de Geografía (Educación Secundaria y Bachillerato). Estas propuestas pretenden ser una guía de trabajo en el aula para ser implementadas en otros territorios, teniendo en cuenta sus rasgos geográficos y disponibilidad de datos. Su implementación en el aula y las ediciones futuras de los libros de texto suponen una apuesta por el factor educación como recurso básico para conseguir una sociedad más resiliente a los extremos atmosféricos vinculados al proceso de cambio climático.

Palabras clave: riesgos climáticos; propuestas didácticas; región Mediterránea; educación; Geografía.

Abstract

Education is an important action for reducing the effects of natural hazards within the context of current climate change. However, in developed countries education has not played a prominent role in the design of risk prevention policies. Moreover, this role is important for raising the awareness of younger cohorts as they will be the protagonists of these processes in the coming decades. The purpose of this work is to propose instruction activities for the treatment of the five main processes of extreme manifestation of the climate that already affect the Mediterranean region and that should be incorporated into the subject of geography (middle and high school). These proposals are intended to be a guide for classrooms to be implemented in other territories and consider their geographical characteristics and availability data. Implementation in classrooms and future editions of school textbooks suppose a commitment to the education factor. This is because education is a basic resource for achieving a society more resilient to the atmospheric hazards linked to climate change.

Keywords: natural hazards; instruction proposals; Mediterranean region; education; Geography.

1 Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, España. alvaro.morote@uv.es

2 Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, España. jorge.olcina@ua.es. *Autor para correspondencia

1. Introducción

En los últimos años ha cobrado protagonismo, tanto en la vida cotidiana y en el mundo académico y educativo, la información vinculada con el cambio climático y los extremos atmosféricos asociados (Masters, 2020; Nelles y Serrer, 2020). Algunos investigadores (Martínez-Medina y López-Fernández, 2016; Martínez-Fernández y Olcina, 2019; Olcina, 2020) indican que el tratamiento de esta temática es una tarea difícil debido a la variedad de variables que intervienen. Su explicación en los libros de texto no siempre está bien orientada y se acude, con frecuencia, al mensaje excesivamente llamativo, catastrófico (Morote y Olcina, 2020). Se abusa, en algunos casos, de los estereotipos (Morote, Campo y Colomer, 2021) y las denominadas “fake news” que en los medios de comunicación se publican (Kažys, 2018), para explicar unos fenómenos y procesos de causalidad compleja y de gran impacto social.

El interés por el tratamiento de los riesgos naturales ha llegado a la esfera política con la intención de mejorar su tratamiento en las etapas no universitarias. Un ejemplo de ello ha sido la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático —COP25 Madrid 2019—, donde se produjo el anuncio, por parte de la Ministra de Educación, Cultura y Deporte, de la inclusión de una asignatura sobre esta temática en el proceso de reforma de la educación no universitaria, con plasmación concreta en el currículo escolar. Contenidos que, sin embargo, ya se imparten en algunas asignaturas de ESO (Enseñanza Secundaria Obligatoria) y Bachillerato (Geografía y/o Ciencias Sociales). Otra cuestión es la necesidad de definir objetivos, competencias y criterios de evaluación para esta temática, que se basen en el rigor científico y, sobre todo, en el empleo de esta temática en la formación del profesorado.

Morote y Olcina (2020) explican que seguramente la información sobre esta temática “sea escasa y quizá sea necesario prestar una mayor atención y rigor científico a estos contenidos con la apuesta de una mayor y mejor formación del profesorado (actual y futuro) y no tanto la creación de nuevas asignaturas” (p. 174). La necesidad de una enseñanza rigurosa sobre los riesgos atmosféricos ha sido avalada recientemente por las Naciones Unidas con su impulso decidido por la educación en materias de cambio climático y de extremos asociados como acción básica para conseguir los denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) —Agenda 2030—, concretamente el objetivo nº13 “Acción por el clima” (United Nations, 2015). Además, el propio *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) ha dejado constancia en su Quinto Informe que la educación es una de las acciones fundamentales para la adaptación de la sociedad al cambio climático ya que, según se indica, una sociedad mejor formada sobre estas cuestiones será más segura ante las consecuencias del actual proceso de calentamiento térmico planetario.

En el caso concreto de los extremos atmosféricos, éstos están relacionados, en los últimos años, con este último proceso que se desarrolla en la atmósfera terrestre, especialmente en lo que atañe a la intensidad y frecuencia de aparición de estos. Desde la publicación del Cuarto Informe del IPCC (2007) se dejó constancia que el comportamiento irregular de la atmósfera terrestre en este contexto favorecía el desarrollo de fenómenos atmosféricos de rango extremo y con las consecuencias de víctimas humanas y daños económicos. Los dos extremos del agua atmosférica —inundaciones y sequías— son los que preocupan en mayor grado debido al elevado impacto que generan en todo el mundo.

El calentamiento climático actual, según la modelización climática, va a tener efectos diferentes según el territorio y la sociedad receptora (Arnell, Lowe, Challinor y Osborn, 2019). La cuenca del Mediterráneo es un ámbito geográfico con alta exposición a los efectos de este proceso. Así lo señala el Quinto Informe del IPCC y diferentes estudios recientes (Pausas y Millán, 2019). La convergencia en este espacio geográfico de una peligrosidad climática elevada y una ocupación intensa del territorio, especialmente en la franja litoral, convierten a las regiones del Mediterráneo en un área de grado elevado de riesgo que se ha incrementado en las últimas décadas. En efecto, tras décadas de urbanización, las áreas urbanas se han convertido en espacios propensos al daño económico y víctimas mortales coincidiendo con episodios extremos de origen natural (Pérez, Navarro y Álvarez, 2016). Al respecto, hay autores que señalan que esta área se ha convertido en una región-riesgo destacada a nivel mundial (Calvo, 2001). En materia climática, el litoral mediterráneo español registra ya los efectos del calentamiento térmico planetario, con manifestaciones regionales: el clima se ha vuelto menos confortable térmicamente, con extremos térmicos y regularidad de calor nocturno —incremento notable de “noches tropicales”— y más irregular en el desarrollo de eventos extremos de precipitación y viento —temporales marítimos— (Pastor, Valiente y Khodayar, 2020).

Cabe destacar, asimismo, la variación estacional de las lluvias y la intensificación de los episodios de precipitaciones intensas. Se ha constatado: una evolución en la regularidad del régimen de las precipitaciones en toda la península Ibérica —a excepción de la fachada cantábrica— (Centros de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX], 2017); alteración en la estacionalidad desde los años ochenta, proceso que se ha acentuado en la mitad este de la península —descenso de precipitaciones en primavera y un incremento de estas en los meses otoñales— (De Luis, Brunetti, González, Longares y Martín-Vide, 2010); variación en la intensidad de las precipitaciones, muy notable en el área mediterránea española —tormentas de alta intensidad horaria, con descargas de 50-100 mm/hora— (Serrano, 2017); una disminución de las precipitaciones en forma de nieve (Morán, Herrera, López, Revuelta y Beniston, 2012); un incremento de la frecuencia de episodios atmosféricos extremos vinculados con configuraciones ondulatorias de la circulación atmosférica en las capas altas de la atmósfera; y un aumento de los episodios de “gota fría” o DANAs —Depresiones Aisladas en Niveles Altos— desde los noventa (Muñoz, Schultz y Vaughan, 2020).

En cuanto al desarrollo de secuencias de sequía, las investigaciones indican la predominancia de una evolución general al descenso progresivo del volumen de precipitación total anual en la vertiente mediterránea española (CEDEX, 2017) y a la intensificación de los periodos secos (Cramer *et al.*, 2018). Sin embargo, lo que se constata hasta día de hoy es que desde inicios del actual siglo XXI se están desarrollando periodos de sequía más breves e intensos, a diferencia de los que sucedían en la segunda mitad del siglo XX —por ejemplo 1980-1984 y 1991-1995— caracterizados por ser más extensos (Olcina y Biener, 2019).

La enseñanza de los riesgos climáticos pasa por saber interpretar y conocer los diversos factores —naturales y humanos— que interaccionan en el territorio para mostrar a la sociedad su complejidad causal y de efectos, y proporcionar argumentos para las acciones individuales de mitigación y adaptación (Fernández, Gómez y Luengo, 2019). También, el interés en el ámbito escolar sobre esta cuestión aumenta debido a que el cambio climático es uno de los principales desafíos del siglo XXI (Shepardson y Hirsch, 2020; Singh, 2020) y por lo complejo que resulta explicar y analizar las causas y consecuencias. Por ello, la enseñanza de este fenómeno supone un desafío para la enseñanza por parte del profesorado debido a la responsabilidad de formar a las cohortes más jóvenes en su comprensión y adaptación (Eklund, 2018). Sin embargo, cabe indicar que estos conceptos y argumentaciones que se deben explicar —conocidos como la transposición didáctica— (Chevallard, 1991; Lenzen y Smith, 1999), tienen que realizarse de forma sencilla en función del nivel cognitivo de los/as estudiantes, pero, a su vez, con definiciones correctas, sin caer en errores, estereotipos, influencia de los medios de comunicación, etc. (Kažys, 2018).

En el ámbito internacional —ámbito escolar—, se han llevado a cabo diferentes investigaciones que analizan los riesgos atmosféricos como es el caso del riesgo de inundación: en EE.UU. (McWhirter y Shealy, 2018), Europa (Bricelj, 2013; Lechowicz y Nowacki, 2014; McEwen, Stokes, Crowley y Roberts, 2014) o Asia (Ahmad y Numan, 2015). Cabe poner de manifiesto que, en España, de manera general la producción científica sobre esta temática desde el ámbito educativo se ha realizado en el área de las Ciencias Experimentales y Naturales (Díez, 2015; Díez, Hernández-Ruiz, Díez y Carrera, 2020; Hernández-Ruiz, García, Díez y Carrera, 2020; Garzón, Ortega y Garrote, 2009). Desde la Didáctica de la Geografía, tradicionalmente, no ha sido un tema de estudio predominante (Ollero, 1997), aunque en los últimos años se han publicado diferentes trabajos, especialmente en la región valenciana, tanto sobre propuestas y experiencias de salidas de campo y representaciones sociales y formación del profesorado (Morote y Hernández, 2020; Morote y Souto, 2020). En cuanto a la sequía (desde las Ciencias Sociales), tanto en el ámbito internacional como nacional, los trabajos son escasos, como los de Chiwara y Lombard (2018) o Little, Aboud y Lenachuru (2009), concretamente en el continente africano. Para el caso español cabe indicar la publicación de García, Pardo y Rebollo (2009) sobre el tratamiento en los libros de texto de ESO de la crisis ambiental actual —problemas ambientales, cambio climático, pérdida de biodiversidad, desertificación—.

El interés del presente trabajo se debe a los siguientes motivos: 1) la realidad de los riesgos atmosféricos en el litoral mediterráneo en relación con su enseñanza en los niveles educativos de ESO y Bachillerato (IPCC, 2018); 2) los estereotipos y errores conceptuales que se vinculan con estos temas por parte del profesorado así como en los manuales escolares; 3) la consideración de estudiar estas cuestiones teniendo en cuenta las etapas escolares objeto de estudio como pone de manifiesto el actual currículo básico de Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato —Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre—;

4) la necesidad de proponer actividades para la explicación de esta temática en el aula, dado el poco nivel académico que aportan los libros de texto en este sentido ya que continúan presentando una visión enciclopédica e informativa, y reducida visión crítica e interpretativa del territorio. Por ello, resulta necesario llevar a cabo una explicación correcta de estos fenómenos, pero a su vez sencilla y teniendo en cuenta fenómenos cotidianos y vinculados con el entorno; y 5) la educación como uno de los factores no estructurales más importantes para la adaptación a los extremos atmosféricos —aunque no siempre contemplada— y, en definitiva, a las consecuencias previstas de la evolución del clima en una región-riesgo como el litoral mediterráneo español.

Este trabajo tiene por objeto proponer actividades didácticas para el tratamiento de cinco procesos principales de manifestación extrema del clima que ya afectan a la región mediterránea y que deben incorporarse en las asignaturas de Geografía de ESO y Bachillerato. Estas actividades pretenden ser una guía de trabajo en el aula que también pueden ser implementadas en otros territorios, teniendo en cuenta sus rasgos geográficos y disponibilidad de datos. Se pretende, de esta manera, la implementación a la comunidad docente de prácticas educativas diferentes a las que se suelen insertar en los manuales y la puesta en valor del factor educación como instrumento básico para conseguir una sociedad más resiliente a los extremos atmosféricos vinculados al proceso de cambio climático.

2. Metodología

Para desarrollar los objetivos planteados, en primer lugar, se ha consultado el currículo vigente de Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato —Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre— (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2020). En España, cabe indicar que los contenidos docentes están transferidos a las comunidades autónomas, encargándose de concretarlos en un currículo propio. Como este trabajo de propuestas no es exclusivo para determinadas regiones o una única comunidad autónoma española, para su diseño se ha tenido en cuenta la normativa nacional. Es, por tanto, cuestión de cada docente, adaptarse a su curso —incluso puede ser adaptada a la Educación Primaria, por ejemplo, el 3^{er} ciclo— o su región objeto de estudio.

Los contenidos que se insertan en relación con el cambio climático y riesgos atmosféricos en la asignatura de Geografía se ubican en el 1^{er} ciclo de la ESO —1^o y 3^o— y 2^o de Bachillerato. Respecto a las propuestas de actividades que se han elaborado se han tenido en cuenta los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que recoge el Real Decreto (ver Tabla 1). Teniendo en cuenta el ciclo de Educación Secundaria, en este caso, la asignatura de Geografía e Historia se organiza, en el primer ciclo, dándose los contenidos de Geografía en 1^o y 3^o, mientras que 2^o de ESO y el segundo ciclo —4^o de ESO— se dedica a la Historia. En relación a los contenidos sobre el cambio climático, cabe destacar que en el primer ciclo no se inserta ningún término directamente relacionado. Sin embargo, se comprende que debe tratarse en el Bloque 1 “El medio físico” cuando se explica climatología y los problemas ambientales, pero, además, en el Bloque 2 “El espacio humano” —contenidos sobre desarrollo sostenible y problemas ambientales— (Tabla 1). Esto es especialmente interesante destacarlo ya que se considera este fenómeno dentro del área más social de la Geografía —tradicionalmente el cambio climático se suele insertar en los temarios relacionados con la Geografía Física—.

Respecto a 2^o de Bachillerato, según el Real Decreto, los contenidos relacionados con el cambio climático se localizan en el Bloque 3 “La diversidad climática y la vegetación” y Bloque 4 “La Hidrografía” que, según se explica, aportan: “la posibilidad de analizar y realizar interpretaciones globales, sistemáticas e integradas de la realidad territorial; e identificar las unidades territoriales, los paisajes, los resultados de la actividad humana para poder conocer y comprender el espacio” (p. 138). De esta manera, la Geografía planteada en este curso tiene como objeto principal dar una interpretación holística e interrelacionada de cada fenómeno geográfico y ofrecer los mecanismos para dar respuesta y explicación a los problemas territoriales españoles.

En segundo lugar, para plantear las propuestas didácticas que muestren la realidad de los aspectos más significativos que están teniendo lugar en las últimas décadas en relación con el desarrollo de episodios atmosféricos extremos que, además, están manifestando la influencia del proceso actual de calentamiento climático en el litoral mediterráneo español se han seguido diferentes pasos: 1) revisión de los contenidos sobre esta temática que presentan los manuales escolares de 1^o y 3^o de ESO y 2^o de Bachillerato, para valorar lo ajustado o no de los mismos a la realidad que ofrecen los datos científicos. Por tanto, se han revisado para estos cursos, los textos de las editoriales Anaya, Santillana y SM —cursos 2020-2021—

(Tabla 2), al ser las editoriales de ámbito estatal más utilizadas y representativas (ver Sánchez-Fuster, 2017; Valls, 2007); y 2) revisión de noticias de prensa publicadas en la última década —2010-2020— en los principales diarios editados del ámbito mediterráneo —Diario Levante, Diario Información y ediciones regionales de diarios de tirada nacional—. Todo ello, con el objetivo de conocer la transmisión social de esta temática y problematizar las propuestas didácticas para que el alumnado obtenga un aprendizaje significativo teniendo en cuenta la cotidianeidad de estos problemas en su entorno más próximo.

Tabla 1. Contenidos sobre riesgos atmosféricos y cambio climático que se insertan en el currículo de Educación Secundaria y Bachillerato —asignatura de Geografía—

Curso	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
1 ^{er} ciclo de ESO. Bloque 1 “El medio físico”	- Medio físico: España, Europa y el mundo: relieve; hidrografía; clima: elementos y diversidad paisajes; zonas bioclimáticas; medio natural: áreas y problemas medioambientales	- Conocer, describir y valorar la acción del hombre sobre el medio ambiente y sus consecuencias.	- Realiza búsquedas en medios impresos y digitales referidas a problemas medioambientales actuales y localiza páginas y recursos web directamente relacionados con ellos.
1 ^{er} ciclo de ESO. Bloque 2 “El espacio humano”	- Actividades humanas: áreas productoras del mundo. - Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Desarrollo sostenible.	- Conocer y analizar los problemas y retos medioambientales que afronta España, su origen y las posibles vías para afrontar estos problemas. - Entender la idea de “desarrollo sostenible” y sus implicaciones.	- Compara paisajes humanizados españoles según su actividad económica. - Define “desarrollo sostenible” y describe conceptos clave relacionados con él.
2 ^o Bachillerato. Bloque 3 “La diversidad climática y la vegetación”	- Factores geográficos y elementos del clima. - Dominios climáticos españoles: su problemática.	- Obtener y seleccionar información de contenido geográfico relativo a la diversidad climática de España utilizando las fuentes disponibles, tanto de Internet, como de medios de comunicación social, o bibliografía.	- Analiza cómo afecta a España el cambio climático. - Utilizando gráficas y estadísticas que reflejan las lluvias torrenciales extrae conclusiones medioambientales.
2 ^o Bachillerato. Bloque 4 “La Hidrografía”	- El aprovechamiento de los recursos hídricos: la incidencia de la sequía y las lluvias torrenciales.	- Analizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en nuestro país incluyendo las características de sequía y lluvias torrenciales del clima.	- Sitúa en un mapa de la red hidrográfica española los grandes embalses. Deduce consecuencias analizando también las características climáticas. - Analiza y comenta gráficas y estadísticas que reflejan las épocas de sequía en relación con un mapa de tipos de regímenes fluviales de los ríos de la península. Saca conclusiones

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2020). Elaboración propia

La elaboración de las propuestas para ESO y Bachillerato se han diseñado atendiendo a los principales riesgos climáticos que afectan a la región mediterránea como son el aumento de extremos atmosféricos (olas de calor) y pérdida de confort climático; descenso de las precipitaciones anuales; aumento de episodios de lluvias intensas; aumento de las sequías; y aumento de la temperatura del mar. También, cabe indicar que se ha realizado una consulta de trabajos académicos y ensayos sobre Didáctica de la Geografía para la explicación del cambio climático y de sus extremos atmosféricos más significativos.

Las propuestas se plantean para que el alumnado las pueda llevar a cabo tanto individualmente o en trabajo grupal y se puedan realizar en el aula o como tarea para casa. También, como se plantean ejercicios matemáticos y análisis de tendencias, se puede pensar en realizar estas actividades de forma transversal con las clases de Matemáticas. Se trata de una oportunidad que se ha impulsado, tras los efectos de la Covid-19, con la apuesta de trabajar por ámbitos. En cuanto a la evaluación y calificación, es el docente

quien debe decidir, al igual que el peso que le otorga a su calificación. Incluso, puede ser una propuesta de examen o actividad de síntesis de la unidad didáctica dedicada a la climatología donde suelen insertarse contenidos sobre cambio climático y riesgos naturales. También, cabe destacar que las actividades que aquí se proponen tienen el objetivo de ser una guía y modelo para que el profesorado pueda implementar en otros ámbitos geográficos donde sea accesible una serie de datos lo suficientemente amplia —al menos 30 años— para poder llevar a cabo análisis de tendencias. Por ello, para la elaboración de actividades, puede ser interesante la consulta de serie climáticas de observatorios, con la comparativa entre periodos estadísticos diferentes, que también pueden obtenerse en la web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) como aquí se propone.

Tabla 2. Libros de texto de Geografía consultados

Curso	Manual escolar	
1º ESO	Anaya	Burgos, M. y Muñoz, M.C. (2020). <i>Geografía de Historia</i> . Proyecto “Aprender en crecer en conexión”. Madrid: Anaya.
	Santillana	Grence, T. (2015). <i>Geografía e Historia</i> . Edicions Picanya, Valencia: Voramar.
	SM	Buzo, I., Lázaro, M., De la Mata, A. y Mesegar, M. (2020). <i>Geografía e Historia</i> . Editorial SM.
3º ESO	Anaya	Burgos, M. y Muñoz, M.C. (2020). <i>Geografía e Historia</i> . Proyecto “Aprender en crecer en conexión”. Madrid: Anaya.
	Santillana	Grence, T. (2015). <i>Geografía</i> . Picanya, Valencia: Edicions Voramar.
	SM	Buzo, I., Tébar, J., Fernández, V., De la Mata, A. y Mesegar, M. (2020). <i>Geografía e Historia</i> . Editorial SM.
2º Bachillerato	Anaya	Muñoz, M ^a C. (2020). <i>Geografía</i> . Proyecto “Aprender es crecer en conexión”. Madrid: Anaya.
	Santillana	Grence, T. (2016). <i>Geografía</i> . Picanya, Valencia: Edicions Voramar.
	SM	Méndez, R., Gutiérrez, J., Olcina, J. y Pérez, E. (2020). <i>Geografía</i> . Editorial SM.

Elaboración propia

Para la mejor comprensión de la temática de los riesgos climáticos y del cambio climático como proceso incentivador de la intensidad y frecuencia de estos, es necesario que el profesorado consulte informes sobre cambio climático y portales web —Adaptecca; AEMET; Oficina de Cambio Climático de Cataluña; Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, [CEAM]— que se han especializado en esta cuestión; asimismo, estos organismos meteorológicos o ambientales oficiales, ofrecen información sobre fenómenos y procesos atmosféricos en sus redes sociales —Twitter y Facebook, básicamente— de interés para su empleo en el aula. El Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2020) dispone también de materiales interesantes para el planteamiento de prácticas en el aula en cuestiones del medio físico español que incluyen aspectos de riesgos naturales (ver Anexo I).

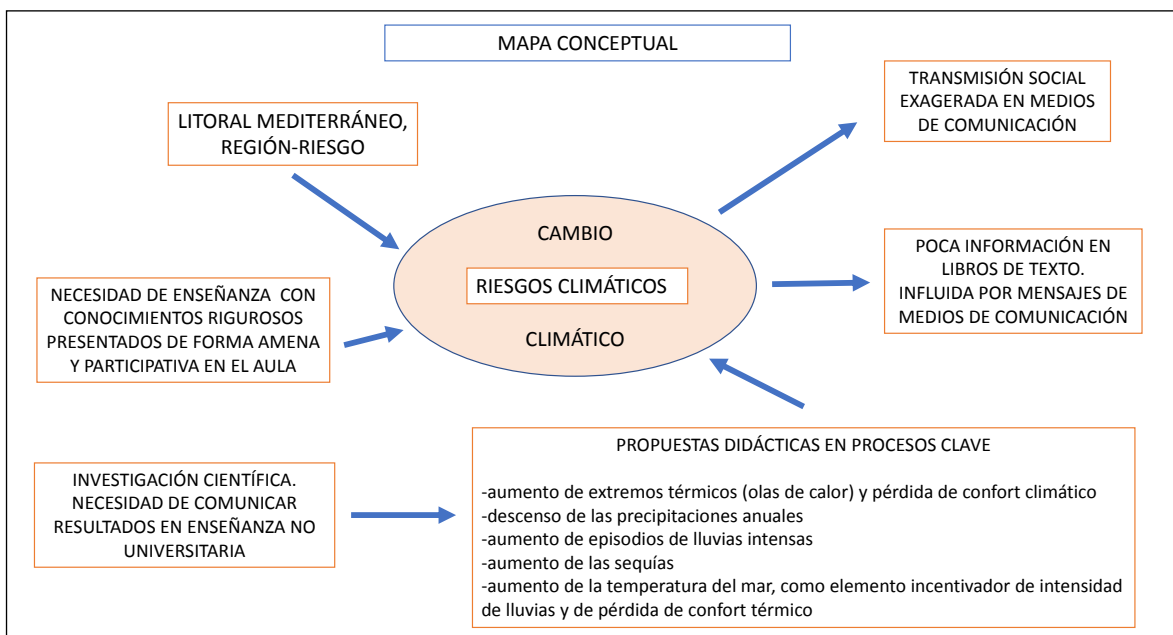
3. Resultados: propuestas para el tratamiento de los riesgos atmosféricos en el aula (ESO y Bachillerato) en el litoral mediterráneo

Para la enseñanza de los riesgos climáticos en el aula resulta de interés señalar las cuestiones atmosféricas clave que se están desarrollando de forma anómala en las últimas décadas en el litoral mediterráneo (Gil y Olcina, 2021). Estas tienen el objetivo de presentar la realidad de los datos que avalan estos procesos y comparar su presentación con las informaciones que se difunden tanto en los manuales, como en los medios de comunicación a fin de señalar los aciertos y errores. Todo ello con el fin de presentar unas propuestas sencillas para la enseñanza de los extremos atmosféricos en el aula que estén avaladas por los datos y el rigor de los análisis, incluidas en las últimas investigaciones realizadas por la disciplina geográfica desde la climatología, hidrografía o el propio análisis territorial de procesos. Ver la Figura 1 para analizar las cuestiones clave a tratar en el aula.

Es cierto que estos procesos, que se abordan de forma general para el conjunto del litoral mediterráneo, presentan matices comarcales o locales. Pero en los niveles de enseñanza no universitarios es necesario ofrecer una visión general que permitan extraer ideas claras y que realmente estén avaladas por los datos. De esta manera, el alumnado no perderá la atención en matices y cuestiones puntuales que pueden derivar en la falta de comprensión y de interés. No obstante, el profesorado debe ser conocedor de estas

peculiaridades territoriales que, especialmente en Bachillerato, pueden contribuir a abrir inquietudes de conocimiento que posibilitarán orientar el futuro académico o laboral del alumnado.

Figura 1. Cuestiones clave para tratar los riesgos climáticos en la enseñanza de la ESO y Bachillerato

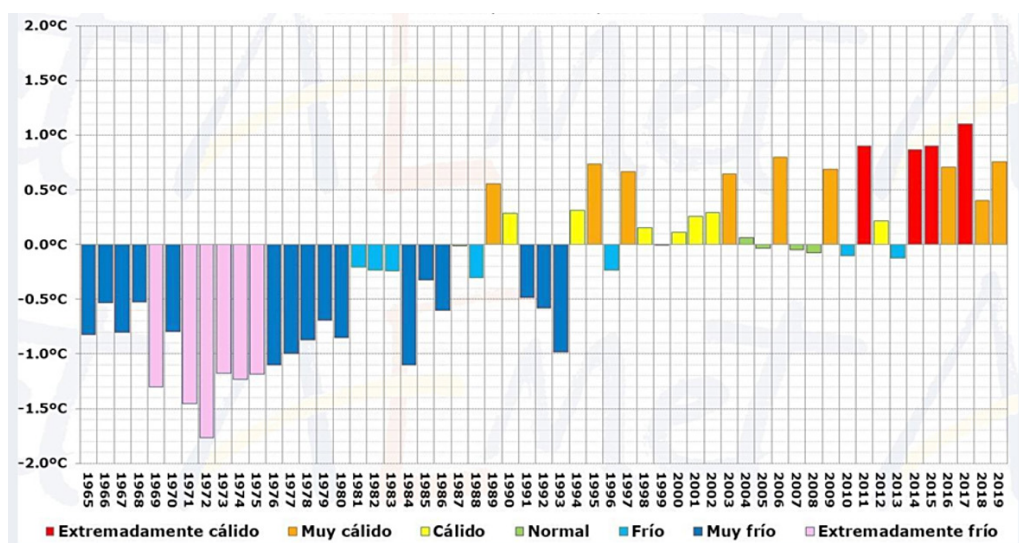


Elaboración propia

3.1. Aumento de extremos térmicos (olas de calor) y pérdida de confort climático

Uno de los aspectos más destacados que se está registrando en el litoral mediterráneo como efecto del proceso de calentamiento climático junto a la subida de temperaturas medias, es el aumento de extremos térmicos —episodios de olas de calor—, y la pérdida de confort térmico, especialmente por la noche, con la proliferación de las denominadas “noches tropicales” — $t^a > 20^{\circ}\text{C}$ —. En el conjunto de observatorios del mediterráneo (desde Cataluña a las provincias mediterráneas andaluzas), el incremento de la temperatura media ha sido de $0,8^{\circ}\text{C}$ en el último siglo, con un aumento muy notable desde 1980 (Figura 2).

Figura 2. Anomalía de temperatura media en España (1965-2019)

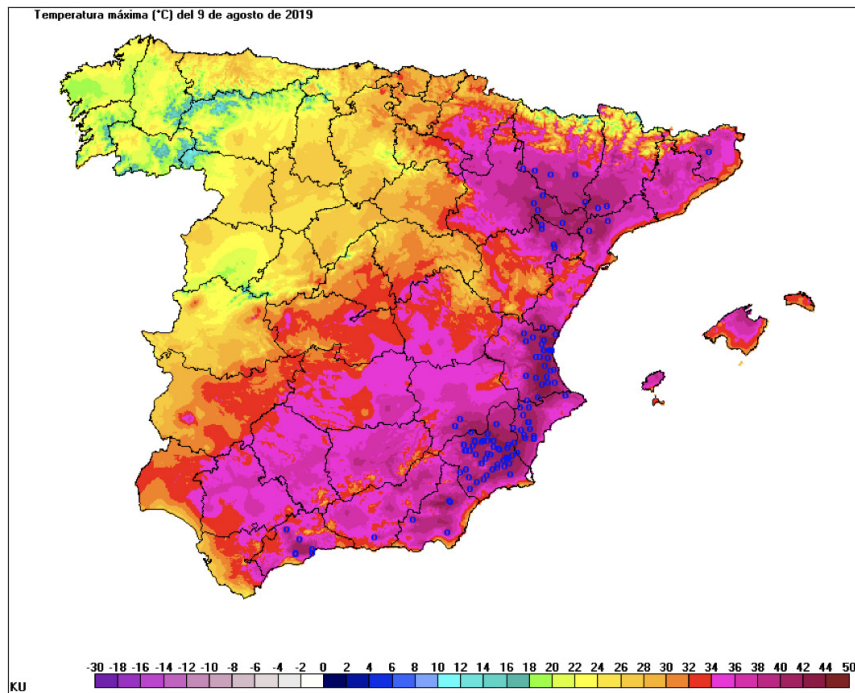


Nota: la anomalía de los datos hace referencia al periodo internacional 1981-2010

Fuente: AEMET (2020)

La estación de verano es la que más ha experimentado el efecto de este aumento (Figura 3). Junto a la tendencia de incremento progresivo de las temperaturas medias anuales, también destaca la intensificación en la frecuencia de desarrollo e intensidad de las “olas de calor” registradas en el litoral mediterráneo desde 2000 (AEMET, 2020). Resulta curioso señalar que se batan récords de temperatura máxima como ocurre en otras áreas del sur peninsular (valle del Guadalquivir), y se registre una mayor duración de estos episodios, con jornadas de calor elevado y prolongado cuando tiene lugar la llegada de aire sahariano a las latitudes mediterráneas (AEMET, 2020). La combinación de altas temperaturas y elevada humedad relativa en las ciudades costeras mediterráneas aumenta, además, la sensación de “bochorno” (AEMET, 2019).

Figura 3. Episodio de ola de calor en el litoral mediterráneo (agosto de 2019)



Fuente: AEMET (2019)

Por su parte, la pérdida de confort térmico en esta región ha sido debido al aumento de las denominadas “noches tropicales”, en las que el termómetro no baja de 20° C durante la noche. Desde 1970 hasta la actualidad, el número de estas, en muchas ciudades mediterráneas, se ha triplicado, pasando de 20 noches tropicales/año a unas 60 o 70 (ver Tabla 3). También, desde el año 2000 se ha observado un incremento de estos episodios en las que el termómetro no desciende de 25° C —“noches ecuatoriales” —, e incluso ya se ha dado alguna jornada en la que la temperatura mínima diaria no ha bajado de los 29-30°C en localidades del litoral mediterráneo español —p.e. 28/07/2015 o 01/08/2017— (Villena, 2 de agosto de 2017).

En cuanto a los manuales escolares de ESO y Bachillerato analizados, estos hacen mención del incremento de temperaturas registrado en las últimas décadas en el marco del proceso global de calentamiento térmico planetario. Pero, no detallan la especificidad que registra en la cuenca del Mediterráneo, con eventos extremos de calor más frecuentes e intensos y pérdida de confort térmico nocturno —“noches tropicales”—. Algunos textos —3° ESO— incluyen la explicación del fenómeno de la “isla de calor”, que no se relaciona directamente con el proceso analizado, pero permite conocer la alteración que imprimen las tramas urbanas sobre las temperaturas. Por su parte, los medios de comunicación destacan la parte extrema, en valores térmicos registrados y efectos en la salud, de las olas de calor. Se publican con reiteración imágenes de termómetros urbanos instalados en el centro de las ciudades destacando aquellos valores “espectaculares”, sin tener en cuenta de que estos medidores proporcionan registros no rigurosos ni homologables a efectos científicos. Asimismo, las “noches tropicales” han cobrado protagonismo en las noticias de prensa de los últimos años, especialmente en los meses de verano, al convertirse en un proceso de pérdida del confort climático y, también, en los efectos en la salud en grupos de población de riesgo —p.e. “Las noches tropicales se cuadruplican en los últimos años”— (Efe, 23 de agosto de 2018).

Tabla 3. Pérdida del “confort climático” en ciudades del litoral mediterráneo español. Nº de noches “tropicales” ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) y “ecuatoriales” ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) por decenios (1940-2020)

Decenio	Noches tropicales		Noches ecuatoriales	
	Alicante	Valencia	Alicante	Valencia
1940-1950	5	3	1	1
1950-1960	6	0	2	0
1960-1970	4	5	1	0
1970-1980	2	13	0	1
1980-1990	14	28	5	4
1990-2000	24	59	2	12
2000-2010	65	102	12	21
2010-2020	74	128	22	40

Fuente: AEMET (2020); Núñez (3 de julio de 2020). Elaboración propia

Ambos fenómenos deben explicarse en el aula a partir de los numerosos recursos gráficos y de datos que se pueden obtener en las webs de la AEMET o de redes de observación de aficionados a la Meteorología, muy prodigas en el litoral mediterráneo español (*Associació Valenciana de Meteorologia* [AVAMET], Asociación Meteorológica del Sureste [AMETSE], etc.). En la Tabla 4 se reúnen los criterios de evaluación, actividades y estándares de aprendizaje evaluables para la explicación en el aula de estos dos procesos relacionados con la manifestación extrema de las temperaturas y la pérdida de confort por efecto del calentamiento climático.

Tabla 4. Actividades propuestas para la enseñanza de extremos térmicos y “noches tropicales” (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender el funcionamiento de las olas de calor y sus efectos en las temperaturas registradas. - Entender la necesidad de discriminar las informaciones sobre jornadas de calor intenso en los medios de comunicación —imágenes termómetros de la calle— y la realidad científica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender la importancia de las olas de calor en España y en el litoral mediterráneo y el incremento de estos episodios en las últimas décadas en el contexto del cambio climático actual. - Comprender la importancia de la pérdida de confort en las temperaturas y las actuaciones llevadas a cabo en España para reducir los efectos del calor nocturno. - Valorar si estas actuaciones están en consonancia con las medidas para la reducción del consumo energético en el marco del cambio climático.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comentario de gráficas proporcionadas por el profesorado sobre incremento de olas de calor y duración de las mismas —recursos en la AEMET—. - Comentario de gráficas proporcionadas por el profesorado sobre aumento de noches tropicales —recursos en la AEMET—. - Explicación en aula del error que supone hacer caso a las temperaturas que ofrecen los paneles informativos instalados en las ciudades, al proporcionar medidas por exceso que no son las reales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de gráficas con datos térmicos (t° máximas) en una localidad para un periodo de análisis internacional —mínimo de 30 años de datos como aconseja la Organización Meteorológica Mundial—. - Explicación en aula de la relación existente entre temperaturas y humedad, para calibrar la diferente sensación de calor en una localidad litoral y una de interior. - Elaboración de gráficas con la evolución de las temperaturas mínimas en localidades de costa del litoral mediterráneo español. - Búsqueda de noticias y datos en la red sobre instalación de aire acondicionado en España en las últimas décadas. Lo que se busca es que se compruebe como la pérdida del confort térmico en verano ha propiciado la proliferación de aparatos de aire acondicionado en los hogares, en la franja costera principalmente, hecho que en las décadas de 1970 o 1980 no sucedía. - Comentario de informes oficiales sobre evolución térmica en la cuenca del Mediterráneo o España (IPCC, AEMET), así como en blog de información meteorológica (Meteored, Aemetblog).

Estándares de aprendizaje evaluables	- Distingue e interpreta una ola de calor en una gráfica de temperatura máxima de un año para una localidad.	- Conocer la importancia de las olas de calor y su impacto en las actividades económicas y la salud humana en España.
	- Valora, a partir de su experiencia, la pérdida de confort térmico por el mayor calor nocturno en el litoral mediterráneo.	- Valorar el proceso actual de pérdida de confort térmico en el sector turístico y las soluciones desarrolladas para reducir sus efectos.
	- Interpretay discriminalainformación proporcionada por los medios de comunicación.	- Interpretar si son adecuadas o no las medidas implementadas en España para la reducción del consumo energético como actuaciones para adaptarse al cambio climático.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

3.2. Descenso de precipitaciones anuales e incremento de episodios de lluvias intensas

El calentamiento climático actual está modificando la manera de llover que se manifiesta en: 1) cambios en la cuantía, con una evolución a la disminución del volumen anual en todas las regiones españolas —a excepción de la cornisa cantábrica—, donde esta tendencia no se aprecia (CEDEX, 2017); 2) cambios en la estacionalidad, proceso que se constata principalmente en la mitad este peninsular, donde se observa un descenso de las precipitaciones en primavera y un incremento de estas en los meses otoñales desde 1980 (De Luis *et al.*, 2010; González, López, Stepanek, Martín-Vide y De Luis, 2009); 3) cambios en la intensidad de las lluvias, muy notable en el mediterráneo español, donde se registran, en los últimos años, tormentas de alta intensidad horaria —más de 60 mm/hora—, generando graves problemas de inundación (Monjo y Martín-Vide, 2016; Serrano, 2017). Aunque pueda parecer contradictorio, la evolución de las precipitaciones en el litoral mediterráneo tiende a disminuir, aunque no de forma uniforme en todo este conjunto regional y con ámbitos donde incluso puede aumentar la cuantía anual —sur de Valencia y norte de Alicante—, y a desarrollarse en menos días con episodios de tormenta intensa y concentrada en el tiempo; y 4) descenso de las precipitaciones en forma de nieve (Morán *et al.*, 2012). Es un proceso general en todo el hemisferio norte, en el que la Península Ibérica no es una excepción, donde las superficies heladas de montaña han sufrido un descenso muy significativo.

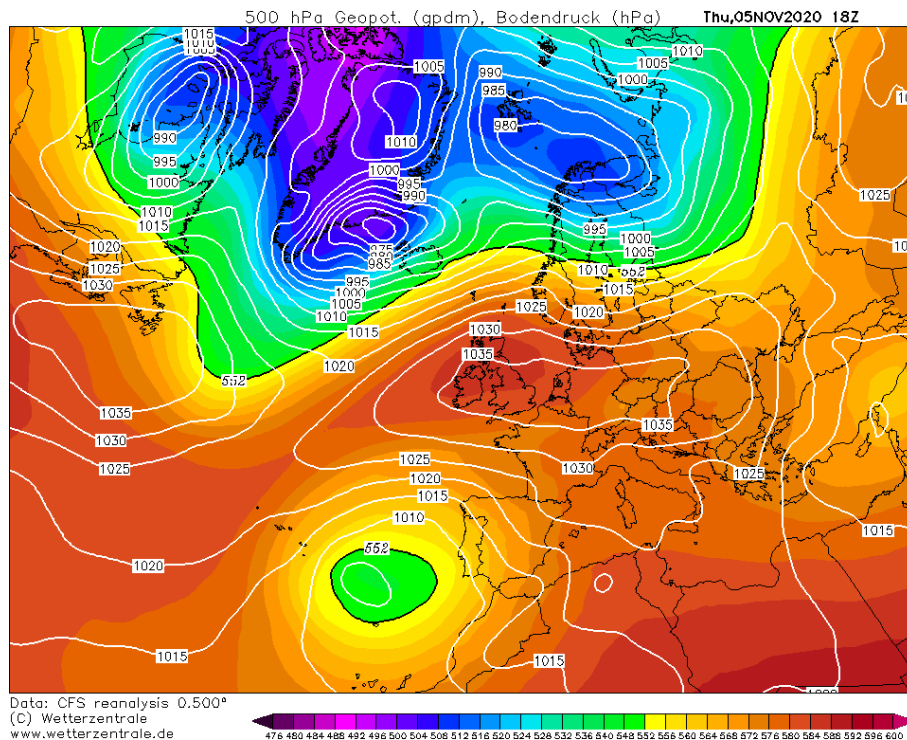
En vinculación con estos procesos se ha constatado un incremento de la frecuencia de configuraciones ondulatorias de la circulación atmosférica en las capas altas de la atmósfera que estaría en el origen de estas alteraciones observadas en las precipitaciones de latitudes medias (Figura 4). Desde principios del siglo XXI se ha registrado que las precipitaciones de origen convectivo, con la instalación de “gotas frías” en capas medias-altas de la troposfera, tienen mayor protagonismo sinóptico, frente a las de tipo frontal de origen atlántico. Esto indica que se están desarrollando cambios en la circulación atmosférica. Cada vez son más numerosos los trabajos (Muñoz *et al.*, 2020) que indican que la pérdida de velocidad de la corriente en chorro polar del hemisferio norte está originando un notable aumento de episodios extremos en latitudes medias. Esto estaría provocado por el registro de un menor gradiente térmico entre las franjas de latitud como consecuencia del calentamiento global, que se traduciría en una reducción de la velocidad de la corriente en chorro.

En Europa, teniendo como referencia el nivel de los 200 hPa, el número de DANAs al año —entre el periodo 1960-1990— se ha mantenido estable, con alrededor de 30 episodios/año. No obstante, a partir de 1990 se ha registrado un aumento considerable, rondando actualmente los 35-40 eventos. Una de estas causas parece ser el proceso actual de calentamiento térmico planetario, porque se ha constatado que la corriente en chorro se ha ido desplazando hacia los polos, al igual que la célula de Hadley y la zona de convergencia intertropical; sin olvidar la contracción del vórtice polar y el enfriamiento de la estratosfera. Con un jet más ondulado se suceden bloqueos que favorecen la aparición de ramales subtropicales y polares más débiles, algo muy vinculado con el aumento analizado en Europa en el número de gotas frías. Otras investigaciones (Mann *et al.*, 2018) refuerzan la hipótesis de que los eventos extremos de lluvias de fuerte intensidad horaria, olas de calor y periodos secos son cada vez más habituales y extremos como consecuencia de una corriente en chorro más ondulatoria.

El proceso de disminución general de las precipitaciones se inserta en los manuales relacionándose con procesos de desertización. No se explica, sin embargo, el correcto sentido de este término (“desertización”) —componente humana— ni tampoco las causas complejas, climáticas o pluviométricas, que

conllevar los procesos de erosión. Algunos libros de texto incluyen fotografías de cárcavas sin vegetación, sin caer en la cuenta de que ello es un proceso natural de entornos áridos y con litología blanda, sin relación directa comprobada en datos científicos con el cambio climático actual.

Figura 4. Situación atmosférica causante de la gota fría del 5 de noviembre de 2020 —temperatura media en 500 hPa—



Nota: esta gota fría causó graves problemas de inundación en el sur de la provincia de Valencia

Fuente: Wetterzentrale (2020)

Por su parte, las inundaciones causadas por lluvias intensas y torrenciales merecen atención detallada debido a su importante impacto en el litoral mediterráneo. Se dedican apartados específicos dentro de epígrafes dedicados a la explicación de las variedades climáticas, dentro del clima mediterráneo, o bien de secciones sobre riesgos naturales —3º ESO—. En 2º de Bachillerato los textos incluyen una explicación más detallada sobre las causas y consecuencias de los riesgos de inundación, en los temas de hidrología de España o en apartados específicos sobre riesgos naturales en las regiones españolas.

En cuanto a los medios de comunicación, estos han encontrado en este tema una fuente habitual de noticias, tanto por lo que se refiere a la tendencia general de la disminución de precipitaciones como al desarrollo de lluvias intensas. En el litoral mediterráneo las noticias de prensa sobre disminución de las lluvias se vinculan, directamente, con los efectos del proceso de desertificación-deforestación que se presenta, erróneamente, como consecuencia directa del cambio climático —p.e. “Alicante, Murcia, Almería y Canarias se enfrentan a una brusca desertización” — (Díaz, 13 de febrero de 2020) y con la pérdida de recursos hídricos necesarios para la satisfacción de las demandas existentes, en el presente y en el futuro —p.e. “Así afectará el cambio climático a España: pobres en agua y con más enfermedades” — (Rodríguez, 11 de octubre de 2019). Por su parte, los episodios de lluvia intensa que ocasionan problemas de inundación se presentan, asimismo, como consecuencia del cambio climático —p.e. “El cambio climático ha modificado el patrón de las inundaciones en Europa” — (Herrero, 28 de septiembre de 2019). No faltan, de forma incomprensible, titulares que hacen culpable a las lluvias de los problemas de inundaciones, sin profundizar en las causas reales (humanas) de los desastres —p.e. “Al menos doce muertos en municipios de Mallorca tras las inundaciones por las tormentas” — (Aguiló, 11 de octubre de 2018).

La explicación de los cambios experimentados en las precipitaciones en el litoral mediterráneo español puede contemplar las siguientes actividades didácticas en los cursos de ESO y Bachillerato que incluyen asignaturas de Geografía o temáticas ambientales (Tabla 5).

Tabla 5. Actividades propuestas para la enseñanza de los cambios registrados en la precipitación en el litoral mediterráneo (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer cuál ha sido la tendencia del registro de precipitación anual en un observatorio climatológico determinado en las últimas décadas (AEMET). - Analizar la evolución de los registros de episodios de lluvias de fuerte intensidad horaria —más de 60 mm/hora— para el observatorio elegido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer cuál ha sido la tendencia del registro de precipitación anual de los principales observatorios del mediterráneo español en las últimas décadas (AEMET). - Analizar la evolución de los registros de episodios de lluvias de fuerte intensidad horaria —más de 60 mm/hora— en estos observatorios. - Contrastar, con estos últimos datos, los principales episodios de inundaciones registrados en la vertiente mediterránea española en las últimas décadas con la consulta de noticias en prensa y en redes sociales de organismos oficiales (AEMET, AVAMET)
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comentario de gráficas sobre la precipitación recogida anual y realización de gráficas de tendencia. Posteriormente, el alumnado debe comentar y describir dicha tendencia y calcular, por ejemplo, el porcentaje de variación —positiva, estable, negativa— entre décadas. - Comentario de gráficas sobre el volumen de precipitación recogida para los episodios de más de 60 mm/horas y realización de gráficas de tendencia. Posteriormente, el alumnado debe comentar y describir dicha tendencia y calcular, por ejemplo, el porcentaje de variación —positiva, estable, negativa— entre décadas. - Proyección de videos sobre precipitaciones intensas y crecidas fluviales súbitas —descargas gratuitas en internet y redes sociales—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de la tendencia de la precipitación anual registrada en los principales observatorios de la fachada mediterránea. - Interpretación y contraste de la información sobre las causas y consecuencias acaecidas de los principales episodios de lluvias intensas en el mediterráneo español a partir de los registros de días de lluvia de más de 60 mm/hora y las noticias de prensa. - Proyección de videos sobre el funcionamiento del Parque Inundable La Marjal de la ciudad de Alicante —internet y redes sociales—.
Estándares de aprendizaje evaluables	<ul style="list-style-type: none"> - Conoce la evolución del registro de precipitación anual de un observatorio determinado. - Comprende la tendencia producida respecto a los episodios de más de 60 mm/hora en el observatorio seleccionado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconoce y contrasta la evolución de la precipitación anual registrada en las últimas décadas entre los principales observatorios de la fachada mediterránea española. - Identifica cuáles han sido los principales episodios de inundación en el mediterráneo español a partir de los registros de más de 60 mm/hora y las noticias de prensa.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

3.3. Incremento e intensidad de los episodios de sequías

En relación con los periodos de sequías, los trabajos indican la existencia de un incremento de estos eventos (Cramer *et al.*, 2018). Sin embargo, lo que se observa hasta el momento es que desde inicios del siglo XXI se están desarrollando periodos más intensos y cortos, pero, como indican Olcina y Biener (2019) no largos episodios como los que tuvieron lugar en segunda mitad del siglo XX. Este hecho reforzaría la idea indicada con anterioridad de un mayor dinamismo de la corriente en chorro en las latitudes medias del hemisferio norte, con expansiones más habituales de masas frías derivadas del deshielo del Ártico hacia latitudes inferiores. Este hecho provocaría que no se podrían consolidar las fases persistentes con dorsal anticiclónica que caracterizan las largas secuencias de sequía en el este peninsular.

Una de las cuestiones que se debería explicar correctamente es la definición de sequía (Tabla 6). En los libros de texto se simplifica en exceso las causas y tipologías de estas que se desarrollan en España. Se habla de “sequía” como un fenómeno que genera una disminución temporal de las precipitaciones, pero no se explican las causas —atmosféricas y humanas—, ni los umbrales pluviométricos que permiten definirla, ni los diferentes efectos en el territorio español, así como las soluciones posibles. Aspecto este

último que se presta a debate y actividades en el aula especialmente de 2º de Bachillerato. Se vincula de forma unívoca a la sequía con la “desertización”, como proceso que favorece los procesos de transformación del medio en “desierto”. También, cabe advertir que la evolución reciente de los episodios de sequía —cortos e intensos— no se aborda en las publicaciones recientes de los manuales.

Tabla 6. Actividades propuestas para la enseñanza de la sequía en el litoral mediterráneo (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender que la sequía es un fenómeno natural característico del clima mediterráneo. - Presentar la diferencia entre “sequía” —coyuntural— y procesos erosivos o de desertificación —estructural—. - Analizar la evolución de los periodos de sequía acaecidos en un observatorio determinado en las últimas décadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer la definición de sequía y la diferencia entre sequía pluviométrica e hidrológica. - Conocer las principales medidas de adaptación a la sequía que se están implementando en España, desde la gestión de la demanda y oferta de agua.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comentario sobre gráficas de la evolución del volumen de precipitación anual en las últimas décadas en un observatorio próximo. - Análisis de noticias de prensa sobre las consecuencias de las principales sequías acaecidas en la Península Ibérica en las últimas décadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad en el que alumnado debe analizar y describir el registro de precipitación anual de los principales observatorios del mediterráneo español entre los periodos 1991-1995 y 2014-2018. - Búsqueda de noticias de prensa para analizar las consecuencias de estos dos periodos en la región mediterránea, y las medidas implementadas para hacer frente a este riesgo. - Búsqueda de datos e informes en redes sociales de organismos oficiales sobre las sequías y su evolución reciente en España (AEMET, CEDEX).
Estándares de aprendizaje evaluables	<ul style="list-style-type: none"> - Conoce la tendencia de los periodos de sequía durante las últimas décadas en un observatorio determinado. - Comprende que la sequía es un fenómeno natural y característico del clima mediterráneo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interpreta que la sequía, aparte de ser un fenómeno natural, también se está agravando tanto por causas humanas —demandas de agua, sobreexplotación de recursos hídricos durante situaciones de sequía, etc.—, como también por la evolución del clima —mayor frecuencia e intensidad—. - Valora el grado de adaptación de la región mediterránea española en las últimas décadas para hacer frente al riesgo de sequía.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

En cuanto a la definición, diferentes trabajos académicos establecen explicaciones sencillas que podrían complementar la información del manual escolar. Por ejemplo, Wilhite (2000) explica que la sequía es un fenómeno natural que se traduce en una anomalía transitoria con valores de precipitación inferior a lo normal en un área determinada durante una secuencia de tiempo prolongada. Según La Calle (2007) este fenómeno es una situación de escasez originada por una disminución de la cantidad de lluvia de intensidad y duración inusual —“sequía pluviométrica” —, hecho que no tiene que confundirse con los conceptos de aridez o escasez habitual y natural de determinadas áreas o la carencia motivada por la explotación humana de recursos hídricos —“sequía hidrológica” —. Esta última explicación es determinante ya que tradicionalmente se suele confundir “escasez de agua” y “aridez” con sequía, y también se suele asociar este fenómeno con regiones donde las lluvias son reducidas. Para llevar a cabo una explicación correcta cabe tener en cuenta que: 1) puede haber áreas semiáridas, pero sin escasez de recursos hídricos. Ello dependerá de las características de los abastecimientos —oferta y demanda—; y 2) regiones de climas húmedos con escasez coyuntural de recursos hídricos debido al aumento de las demandas y/o mal uso y despilfarro de agua coincidiendo con periodos de escasez de precipitaciones.

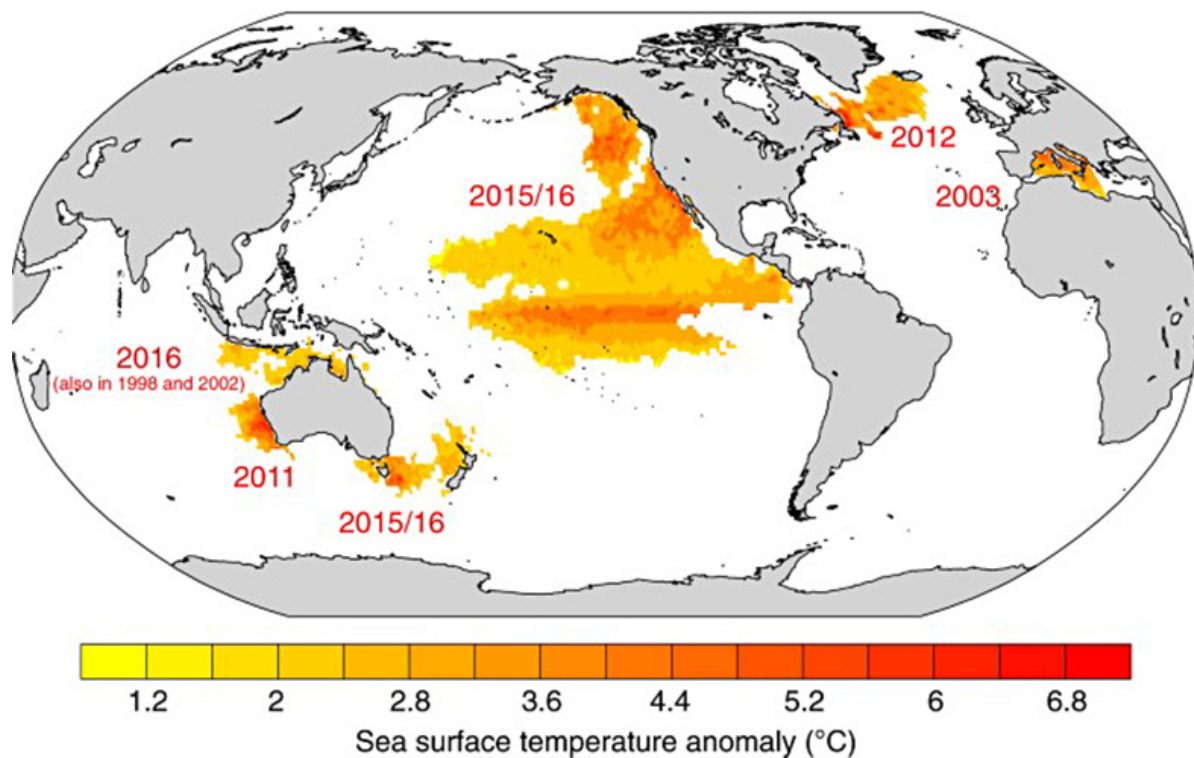
Los medios de comunicación presentan la sequía como un problema para el abastecimiento y suministro, especialmente para la agricultura ya que es la actividad más afectada por este peligro atmosférico:

“Cerca de 36.000 hectáreas de cultivo de Alicante amenazados por la sequía” (Benito, 13 de noviembre de 2017). Cuando la sequía es intensa y duradera, y causa problemas en el abastecimiento urbano de agua, los titulares de prensa cobran protagonismo como noticia principal, por el importante impacto que puede tener para el turismo: “La Marina Baixa pide al Júcar un trasvase de emergencia” (Pagés, 16 de marzo de 2016). Se abusa, por lo común, de imágenes de suelos cuarteados causados por la falta de humedad, relacionando estos episodios coyunturales con procesos estructurales como la erosión: “¿En 2050 será la Comunidad Valenciana un desierto?” (Villena, 31 de agosto de 2019).

3.4. Aumento de la temperatura del mar Mediterráneo, elemento incentivador de la intensidad de las lluvias y de la pérdida de confort térmico

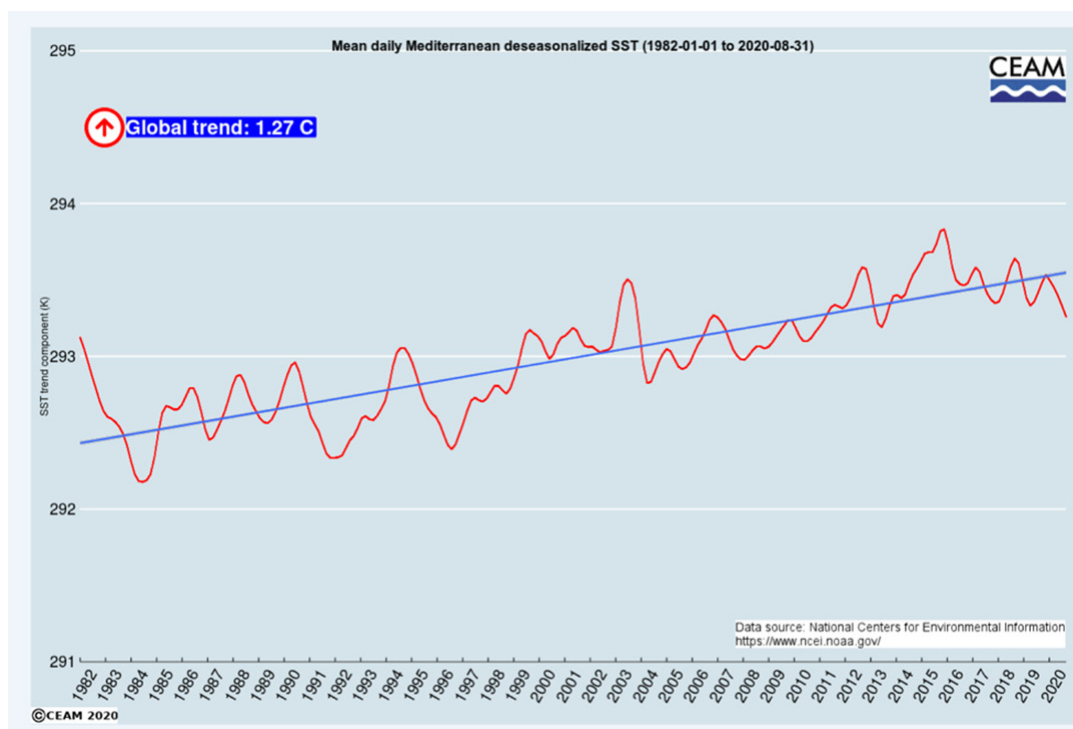
En las últimas décadas, el mar Mediterráneo ha experimentado un calentamiento de sus aguas en toda su cuenca, pero de modo particular en sus extremos oriental y occidental (Figura 5 y 6). En las costas españolas ha dado como resultado un incremento notablemente significativo en el Mediterráneo occidental. Este aumento ronda los 1,3°C por término medio desde 1980. En estos sectores, el Mediterráneo está más cálido que hace tres/cuatro décadas, en un proceso de acumulación de calor, concretamente a partir de finales de primavera —mayo-junio— y extendiéndose en verano hasta bien entrado el otoño —octubre y comienzos de noviembre—. Resulta muy destacable que desde el año 2000 se han observado registros de 29-30°C en el ecuador del verano en las aguas próximas a las Islas Baleares y Argelia. Esto último repercute sobre el clima de esta región: un mar más cálido favorece el incremento de las noches tropicales en la costa (Pastor *et al.*, 2020). Esto se debe a que la temperatura del aire no puede descender al encontrarse una masa de agua tan cálida frente al litoral, mientras que por el día las brisas pueden contribuir a incrementar la sensación de bochorno, concretamente en días en que la temperatura del Mediterráneo alcanza o supera los 28°C en la costa, porque el mar transmite el calor y la humedad al aire situado por encima de él. Además, el calor sensible acumulado en la cuenca marina se transfiere, en forma de calor latente, en los procesos de condensación. Ello implica que esté cambiando la forma de llover en esta parte de la península —mayor intensidad horaria— y que el calendario de precipitaciones de fuerte intensidad horaria se extienda a otras épocas del año.

Figura 5. Calentamiento de las cuencas marinas del planeta Tierra (1982-2016)



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (2020)

Figura 6. Incremento de la temperatura superficial marina del Mediterráneo Occidental (1982-2020)



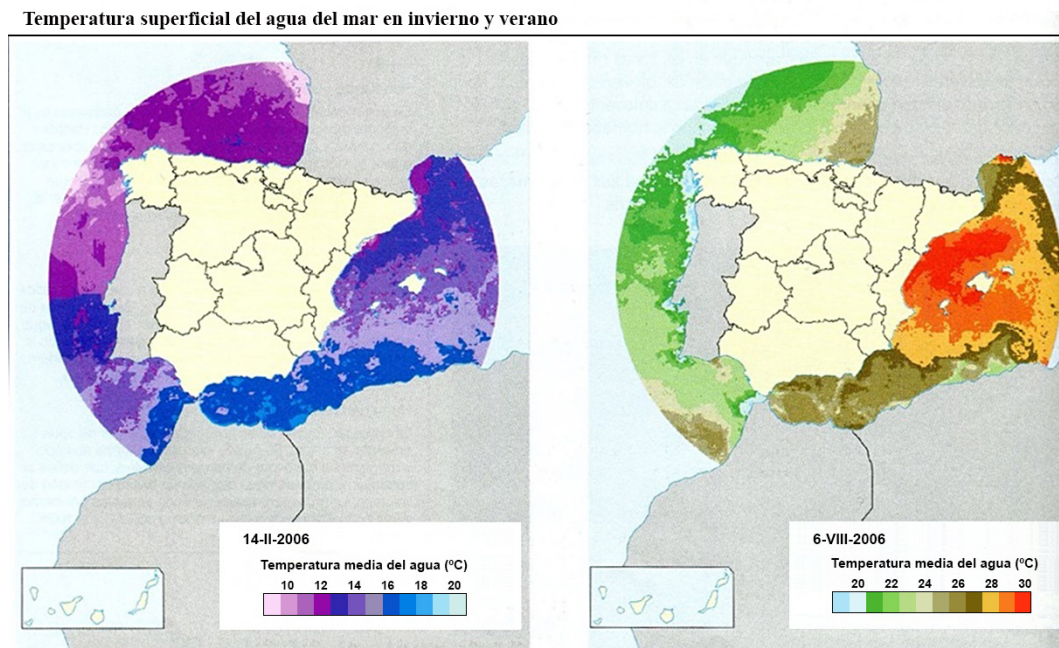
Fuente: CEAM (2020)

En el sector occidental de la cuenca mediterránea, los datos facilitados por Pastor *et al.* (2020) muestran un calentamiento de 1,3 °C entre 1982 y 2019. Este hecho repercute en que el calor acumulado en el Mediterráneo sea superior al propio calentamiento experimentado en el aire y registrado en los observatorios costeros. Esa temperatura mayor del mar implica un factor de riesgo ante posibles episodios de inestabilidad vinculadas a procesos de “gota fría” puesto que favorece el desarrollo de nubes más cargadas de humedad y de efectos en forma de lluvias más intensas, con un calendario que se extiende a lo largo de todo el año. Asimismo, estas temperaturas elevadas del agua estarían en el origen del incremento señalado de las noches tropicales en el litoral mediterráneo puesto que el aire no llega a perder tanta temperatura al encontrar un “colchón” de aguas cálidas frente a la costa.

Las noticias que se editan en los medios de comunicación sobre esta cuestión están orientadas a destacar la relación de este aumento térmico, bien señalando el proceso en el marco del cambio climático actual: “La temperatura del mar aumentó 0,8° en la costa de Alicante este invierno” (Benito, 10 de junio de 2019); “Temperatura del mar Mediterráneo preocupante” (Olcina, 21 de septiembre de 2020) o bien en relación con la proliferación estacional de especies invasoras —especialmente plagas de medusas— en las playas del litoral mediterráneo, cuando este proceso tiene más causas que la exclusiva del valor térmico del agua del mar —p.e. “Medusas por encima de la media en el 10% de las playas del Mediterráneo” — (Bueno, 31 de julio de 2017) o “Drones y redes en el agua contra la carabela portuguesa” (Pascual, Alberola y Benito, 23 de mayo de 2018).

Los manuales de ESO y Bachillerato no recogen esta cuestión importante que está en la base de otros procesos climáticos que están experimentando alteraciones en los últimos años en el litoral mediterráneo. Tan sólo un proyecto educativo —editorial SM— incluye la referencia al cambio que experimenta la temperatura del agua del mar a lo largo del año (Figura 7), pero no hay alusión, como se ha señalado, al proceso de calentamiento en los mares ribereños a la Península Ibérica, y especialmente en el Mediterráneo occidental. De ahí la necesidad de incluirlo como materia a explicar en el aula. La Tabla 7 reúne las actividades, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables que se proponen para la explicación en el aula del proceso de calentamiento que experimenta el mar Mediterráneo en las últimas décadas y que supone un incentivo para el desarrollo de eventos extremos de precipitación y temperaturas en esta región.

Figura 7. Temperatura del agua del mar en los libros de texto (2º Bachillerato; editorial SM)



Fuente: Méndez *et al.* (2020)

Tabla 7. Actividades propuestas en la enseñanza del proceso de calentamiento del mar Mediterráneo (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender que el proceso de calentamiento climático no sólo tiene efectos en el aire. - Concienciar de los efectos que tiene el calentamiento del agua del mar en los elementos climáticos —temperatura y precipitación—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobar la importancia del calentamiento del mar Mediterráneo en el contexto mundial. - Valorar la sensación de aumento de la temperatura del mar Mediterráneo a partir de sus experiencias —temporada turística, baños en la playa—.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar mapa mundial de efectos del calentamiento climático en los océanos. Puesta en común en el aula para localizar las áreas planetarias más afectadas. - Explicación sencilla de los efectos en las temperaturas de las ciudades costeras del incremento térmico del agua del mar. - Explicación sencilla de los efectos del incremento de temperaturas del agua del mar en la formación de nubes —olla calentada al fuego y el vapor que se genera—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consulta de informes sobre incremento de temperaturas de los océanos (IPCC) y específicamente del mar Mediterráneo (CEAM y AEMET), tanto en las webs como en las redes sociales oficiales de estos organismos. - Debate en el aula sobre la sensación de prolongación del verano y su relación con las temperaturas del agua del mar. - Visualización de algún documental sobre la invasión de especies de fauna y flora en las aguas del litoral mediterráneo.
Estándares de aprendizaje evaluables	<ul style="list-style-type: none"> - Distingue entre el aumento de temperatura del aire y del agua. - Localiza las áreas mundiales con mayor incremento de temperatura oceánica y sabe relacionar con episodios meteorológicos extremos ocurridos en los últimos años —huracanes, tormentas—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprueba la relación entre aumento de temperatura del mar y efectos en la actividad turística en el litoral mediterráneo —aumento temporada turística—. - Valora los efectos de la subida de temperatura marina en el medio marino —cambios en especies—.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

4. Discusión

Con este trabajo se han planteado diferentes propuestas para tratar los riesgos atmosféricos en la Geografía escolar —Educación Secundaria y Bachillerato—. Se han analizado cinco procesos de

manifestación de extremos atmosféricos en el litoral mediterráneo español, como región que ya experimenta en sus elementos climáticos el efecto del calentamiento climático planetario. Para su explicación en el aula se han propuesto una serie de actividades evaluables que persiguen objetivos de aprendizaje concretos y que pueden adaptarse a diferentes ámbitos de estudio.

Con la puesta en práctica y posible adaptación de estas actividades se mejoraría la explicación de los riesgos climáticos en el aula, como materia de interés en los niveles de ESO y Bachillerato y, de este modo, contribuir a la mejor formación de ciudadanos/as que viven en áreas con riesgo natural como estrategia útil para la reducción de la vulnerabilidad y la exposición. Y ello debido a una amalgama de problemas vinculados con el tratamiento de estos fenómenos en la Geografía escolar: 1) escaso rigor científico, información y excesivo catastrofismo de los manuales de Ciencias Sociales y/o Geografía (Morote y Olcina, 2020). En cuanto a estos recursos, a pesar de que su uso ha menguado en los últimos años, continúan presentando un rol omnisciente en la práctica escolar y es algo que no se verá alterado con la introducción de soportes digitales nuevos (Bel y Colomer, 2018; Rodríguez y Martínez, 2016); 2) escasa formación del profesorado actual sobre esta temática (Morote y Hernández, 2020; Morote y Souto, 2020) que requeriría del desarrollo de cursos específicos a través de centros de formación de profesorado; 3) influencia de los medios de comunicación sobre estos fenómenos en las representaciones sociales del profesorado (Morote *et al.*, 2021) y en los libros de texto (Morote y Olcina, 2020); y 4) escaso tiempo del que dispone el profesorado en estos niveles educativos, a la hora de plantear actividades problematizadoras y ejercicios diferentes de los que se insertan en los libros de texto.

Morote y Olcina (2020), a partir de un análisis del temario de climatología de los manuales de Ciencias Sociales —Educación Primaria— ya han señalado las carencias y errores que presenta la explicación del cambio climático y sus extremos atmosféricos asociados. Estos autores han comprobado como una de las principales consecuencias de este fenómeno que se aluden son los riesgos naturales —inundaciones y sequías—. Sin embargo, como indican los principales informes sobre cambio climático, este no es la causa directa de estos riesgos, sino que estos serán más frecuentes e intensos en el futuro (IPCC, 2018).

En esta propuesta se ha optado por presentar cinco episodios atmosféricos o atmosférico-oceánicos que presentan un comportamiento anómalo en las últimas décadas en estrecha relación con el proceso de calentamiento climático. Son procesos que merecen su explicación en el aula, en los niveles educativos no universitarios, debido al interés que debe tener el conocimiento de los riesgos climáticos para el mejor funcionamiento de la sociedad, especialmente en el ámbito mediterráneo en las próximas décadas. La presentación en el aula de estos episodios se orienta principalmente a la explicación de la peligrosidad de los mismos, pero sin olvidar los efectos socioeconómicos y territoriales que conllevan (vulnerabilidad y exposición). Se trata de ofrecer, en cada nivel, una visión integral del riesgo a partir de la realización de actividades en el aula (Tabla 8).

Una cuestión clave para entender los riesgos naturales es la incorporación del factor vulnerabilidad —acción del ser humano, exposición, etc.—. Al respecto, Morote y Olcina (2020) han comprobado la ausencia en los manuales escolares de esta variable. En su trabajo, prácticamente, en ningún de los manuales consultados se cita esta variable en el incremento del riesgo, siendo el factor peligrosidad —“cambio del clima”— la principal causa de los desastres naturales. Por su parte, Souto, Morote y García (2019) señalan que en la explicación de las inundaciones en los libros de texto se sigue comentado el esquema clásico y obsoleto del ciclo de erosión de Davis —finales del s. XIX—. Y, además, añaden que prácticamente no aparece ni se relaciona cómo puede afectar la acción antrópica en el régimen natural de los ríos. Esta variable —la vulnerabilidad—, según indican los principales informes sobre los impactos del cambio climático, urge la necesidad de dar un mayor protagonismo a este factor porque es una cuestión de primer orden adaptarse al cambio climático y al previsible aumento en el territorio europeo de los riesgos naturales hasta final del siglo XXI (*European Environment Agency [EEA], 2017; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014*).

El factor vulnerabilidad en las propuestas de actividades aquí planteadas tiene un protagonismo fundamental, concretamente a la hora de relacionar la evolución del clima y las consecuencias que puede tener en el territorio. Las propuestas diseñadas intentan ofrecer materiales y pautas para la explicación de los riesgos atmosféricos, con ánimo de mejorar la formación actual del profesorado sobre este tema. Como afirman Morote y Souto (2020) el deficiente rigor científico de los libros de texto y la escasa formación —en este caso sobre el riesgo de inundación— del profesorado puede repercutir en que no traten esta temática en las aulas y, por otro, que lo hagan con poco rigor. Estos autores han calculado, por ejemplo,

como sólo el 12,1% del futuro profesorado de Educación Primaria afirmó haber recibido algún tipo de formación sobre estos episodios durante su etapa de formación escolar. A estas conclusiones también han llegado otros autores (Morgan, 2012) quienes han comprobado como la mayoría del profesorado no se siente lo suficientemente capacitado para tratar esta temática debido a la escasa formación recibida. En otros trabajos (Morote y Hernández, 2020) se indica que la mayoría del profesorado piensa que los riesgos de inundación son causados por el cambio climático. Además, estos autores ponen de manifiesto una situación preocupante debido a que el futuro profesorado le da un escaso valor al factor educación para mitigar estos fenómenos. Al respecto, estos investigadores han calculado que de manera global, el factor educación alcanza un valor de 3,6 —sobre 5— y en 5º puesto de un total de 6 ítems; mientras que esta cifra se reduce a 2,7 —6º puesto— para aquellos que durante su etapa escolar recibieron formación. No cabe olvidar que la variable educación, es uno de los factores no estructurales más importantes para conseguir una sociedad mejor formada y concienciada sobre estos riesgos y para la adaptación del cambio climático.

Tabla 8. Principales extremos atmosféricos en el litoral mediterráneo y su enseñanza (ESO y Bachillerato)

Extremo atmosférico	Explicación en los libros de texto	Transmisión en los medios de comunicación	Carácter científico del proceso	Curso académico más idóneo para su explicación
Aumento de extremos térmicos (olas de calor) y pérdida de confort climático	Se explica como aspecto perjudicial para el ser humano —olas de calor—; aumento de noches tropicales y ecuatoriales, y la pérdida de confort térmico no se explica.	Se abusa del mensaje catastrofista. Proceso conducente a la “desertización” del territorio.	Proceso comprobado por los datos de temperatura.	1º ESO 3º ESO 2º Bach.
Descenso de precipitaciones anuales y del número de días de lluvia al año	Se explica como proceso conducente a la desertización.	Se presenta como proceso conducente a una “desertización” del territorio.	Proceso con matices territoriales. No uniforme en todo el territorio del litoral mediterráneo español. Importante mostrar estas diferencias.	1º ESO 3º ESO 2º Bach.
Incremento de episodios de lluvia intensa	No se explica en los libros de texto analizados.	Se presenta el carácter catastrófico de los efectos ocasionados.	Proceso comprobado con los datos de precipitación.	3º ESO 2º Bach.
Sequias más cortas e intensas	Se explica como proceso conducente a la desertización.	Se abusa del mensaje catastrofista. Proceso conducente a una “desertización” del territorio.	Proceso con muchas incertidumbres. Se han reducido las secuencias largas de sequía. Han aumentado los episodios cortos e intensos.	3º ESO 2º Bach.
Aumento de las temperaturas del agua del mar	Tan sólo se explica, con una imagen, en uno de los libros de texto —SM—. Pero no hay una preocupación por la enseñanza de este proceso.	Se presentan principalmente los efectos biológicos (especies marinas invasoras).	Proceso comprobado con datos oceanográficos.	3º ESO 2º Bach.

Elaboración propia

Respecto al eco de los medios de comunicación en la enseñanza, en la investigación de Morote *et al.* (2021) se ha constatado para el caso del futuro profesorado de Educación Primaria que la información principal que reciben sobre el cambio climático proviene de los medios de comunicación —86,2%; 54,9% corresponde a Internet y el 31,3% a la televisión—, mientras que un dato preocupante es que tan sólo el 5,3% recibe la información a partir de trabajos académicos. Esta influencia también se ha constatado en los manuales como indican Morote y Olcina (2020) donde destaca la información e imágenes con un excesivo catastrofismo e imágenes estéticas con el objetivo de atraer a la audiencia. Por su parte, García

et al. (2009) han comprobado como en los libros de texto predominan las referencias externas vinculadas principalmente con direcciones de Internet como medio para ampliar conocimientos o desarrollar determinadas actividades, con el riesgo que ello supone si no se contrasta la información. Martín-Vide (2009) ha indicado la importancia que tiene tratar esta temática debido a la manipulación y falsedad desde los medios de comunicación.

Respecto a los riesgos de inundación, Souto *et al.* (2019) han detectado diferentes carencias de la presentación en el aula de este tema. A partir de un análisis de las propuestas del profesorado en formación en Educación Primaria, estos autores concluyen que la mayoría de las actividades tienen que ver con propuestas sobre cómo afrontar un fenómeno de inundación —protocolos de emergencia—, análisis de episodios pasados y la realización de salidas de campo. Sin embargo, no se observa un modelo explicativo de carácter hidrográfico que pueda ayudar al alumnado a entender el fenómeno de las inundaciones, dificultando, por tanto, la comprensión de estos episodios. Y, además, las propuestas de los discentes hacen demasiado hincapié en tratar estos riesgos desde el análisis de las consecuencias —una vez se ha producido el desastre— y no tanto en las causas —climáticas o agravadas por el ser humano—. Estas deficiencias se muestran asimismo en los niveles de Educación Secundaria y Bachillerato.

En cuanto a la formación del alumnado se debería promover un espíritu crítico sobre la interpretación de la información y que este tenga un conocimiento más real sobre las cuestiones del cambio climático y sus riesgos asociados. Serantes (2015) indica que es de vital importancia insertar actividades para la resolución de problemas vinculados con el cambio climático y sus extremos atmosféricos y actividades y contenidos de carácter local en los libros de texto de ESO. En Europa, esto es algo que se viene tratando en el Reino Unido por la *Geographical Association* desde hace varias décadas con el análisis de casos de estudio. Estos ejemplos tratan tanto sobre riesgos naturales (Aspin, 2018) como del cambio climático (Greenwood, 2018). Enseñar los riesgos atmosféricos desde esta orientación didáctica sería una oportunidad para conseguir una sociedad crítica y capacitada para interpretar el territorio. Al respecto, también en Reino Unido recientemente se han incorporado en los centros de Educación Primaria y Secundaria docentes especialistas sobre estas cuestiones, convirtiéndose, de esta manera, en el primer país del mundo con docentes acreditados por las Naciones Unidas para impartir cursos y lecciones sobre el cambio climático (Ecoinventos, 8 de agosto de 2019).

Finalmente, cabe poner de manifiesto que se están desarrollando propuestas editoriales que tratan de forma sencilla, pero con rigor, el proceso actual de cambio climático. Por ejemplo, el trabajo de Nelles y Serrer (2020) que, con una secuencia lógica desde los aspectos físicos hasta los humanos, argumentan con un abundante y claro material gráfico, diferentes elementos que integran un proceso complejo que afecta a la totalidad del medio: clima terrestre, cambios climáticos, criosfera, océanos, eventos extremos, ecosistemas y ser humano. También, Scharmacher-Schreiber y Stephanie (2020) apuestan por un método de pregunta-respuesta: ¿se está volviendo el clima cada vez más cálido? ¿se puede sentir una diferencia de un grado?. Se trata de un trabajo sobre cambio climático orientado a los niveles básicos de la enseñanza, aunque también válido para el público en general.

5. Conclusiones

La explicación en el aula de cuestiones sobre los riesgos naturales es esencial para la formación de sociedades más seguras y resilientes. En el litoral mediterráneo español, región-riesgo a escala europea, los eventos extremos relacionados con el comportamiento atmosférico se están desarrollando con elevada frecuencia y gran intensidad en las últimas décadas. Este hecho manifiesta el efecto, ya comprobado con los datos instrumentales, del proceso de calentamiento climático en la circulación atmosférica general y su dinámica puntual en algunas regiones del mundo como la cuenca mediterránea. Se trata, además, de procesos que, según lo indicando en los informes, los escenarios futuros de cambio climático pronostican eventos atmosféricos extremos más frecuentes e intensos.

Como se ha señalado, los libros de texto, o no incluyen alguno de estos procesos o aportan un tratamiento demasiado “extremista” basado, en numerosas ocasiones, en las informaciones que se difunden en los medios de comunicación. A partir de las actividades que se proponen en este trabajo se presenta un reto importante para la enseñanza de los riesgos climáticos y su relación con el proceso actual de calentamiento climático en el litoral mediterráneo español, que puede servir de ejemplo para su aplicación en otras regiones climáticas de España. Se tratan de actividades que deberían considerar

los manuales escolares de ESO y Bachillerato, como elemento de complejidad cognitiva y de innovación docente, estrechamente vinculada con el entorno —consecuencias de estos fenómenos en la vida cotidiana del alumnado—.

Será preciso cuantificar y analizar el tipo de recursos y actividades a aplicar en el aula; tener en cuenta otros recursos a los que se vinculan y valorar la complejidad de las actividades; a modo de lo que han realizado Morote (2020) en climatología o Sáiz (2011) para el caso de Historia. Debido al riesgo que supone que el profesorado dependa de los libros de texto, se propone su incorporación a las próximas ediciones de estos, ya que se ha puesto de manifiesto que algunos trabajos han constatado el escaso rigor de la información y los estereotipos en relación, por ejemplo, con el cambio climático. Cabe indicar que la realidad docente en las aulas depende, casi exclusivamente de la habilidad del profesorado para enseñar estos conocimientos. Este aspecto no ha sido tratado en este trabajo y constituye un reto de investigación futura.

La aprobación de leyes de cambio climático —Estado y Comunidades Autónomas— y de reforma educativa, donde se recogen apartados específicos sobre “Educación y capacitación frente al cambio climático” abre nuevas posibilidades para la enseñanza de los riesgos y el cambio climático en los niveles educativos escolares. El tema de los riesgos atmosféricos y del cambio climático va a marcar las agendas de las administraciones en las próximas décadas, puesto que se deben ir preparando los territorios y sus sociedades a los efectos previstos en la modelización. Por ello, la educación tiene un papel fundamental a desarrollar en este contexto para la formación de una ciudadanía más informada y mejor preparada para la adaptación a procesos extremos que van a ser más frecuentes, como indican los datos científicos, en el futuro próximo.

Financiación

Esta investigación se inserta en el proyecto “Las representaciones sociales de los contenidos escolares en el desarrollo de las competencias docentes” (PGC2018-094491-B-C32) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y cofinanciado con fondos FEDER de la UE, y parte de los resultados que se presentaron en el Taller “Climántica de Respuestas Educativas al Cambio Climático” organizado por el CEFIRE y celebrado entre los días 24-26 de febrero de 2020 en el IES Virgen del Remedio (ciudad de Alicante).

Anexos

Anexo I. Recursos y materiales para el profesorado y alumnado

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (AdapteCCa). Portal oficial de modelización del cambio climático en España:

- http://escenarios.adaptecca.es/#&model=multimodel&variable=tasmax&scenario=rcp85&temporalFilter=YEAR&layers=AREAS&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE
-

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Datos climáticos de observatorios oficiales, informes sobre estado del clima, modelización climática:

- <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
 - http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/informe_clima_2019
 - <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
-

Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). Informes sobre evolución de temperatura marina en el mar Mediterráneo_

- <http://www.ceam.es/ceamet/SST/index.html>
-

Instituto Geográfico Nacional (IGN). Recursos didácticos, mapas y gráficos de interés para la explicación de esta temática:

- <https://www.ign.es/web/ign/portal/recursos-educativo>
-

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Informes oficiales sobre cambio climático. Informes monográficos sobre aspectos concretos (océanos, hielos):

- <https://www.ipcc.ch>
-

Oficina de Cambio Climático en Cataluña. Informe de cambio climático en Cataluña:

- http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/tercer-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/Sintesis/CC_Sintesi-CASTELLA_web.pdf
-

Páginas web de asociaciones de aficionados a la Meteorología:

- <https://www.meteoclimatic.net>
 - <https://redmeteo.ametse.es>
 - <https://www.avamet.org/>
-

Programa de las Naciones Unidas para el Mediterráneo. Informes sobre cambio climático y extremos atmosféricos en la cuenca del Mediterráneo:

- https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_EN_WEB.pdf
-

Sistema de Notificación de Observaciones Atmosféricas Singulares (SINOBAS). Portal de eventos meteorológicos extremos en España:

- <https://sinobas.aemet.es>
-

Elaboración propia

Referencias

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2019). *Olas de calor en España desde 1975*. Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. Madrid: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico. Recuperado de http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/Olas_calor/Olas_Calor_ActualizacionMarzo2020.pdf
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2020). *Informe sobre el estado del clima de España 2019*. Madrid: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico. Recuperado de http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/informe_clima_2019
- Aguiló, J.M. (11 de octubre de 2018). Al menos doce muertos en municipios de Mallorca tras las inundaciones por las tormentas. *Diario ABC*. Recuperado de https://www.abc.es/sociedad/abci-lluvia-deja-mas-120-litros-agua-mallorca-y-provoca-graves-inundaciones-sant-llorenc-201810092235_noticia.html

- Ahmad, S. y Numan, S.M. (2015). Potentiality of disaster management education through open and distance learning system in Bangladesh Open University. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 16(1), 249-260.
- Arnell, N.W., Lowe, J.A., Challinor, A.J. y Osborn, T.J. (2019). Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, (155), 377-391. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>
- Aspin, V. (2018). A week of rain.... *Primary Geography*, (96), 24-25.
- Bel, J.C. y Colomer, J.C. (2018). Teoría y metodología de investigación sobre libros de texto: análisis didáctico de las actividades, las imágenes y los recursos digitales en la enseñanza de las Ciencias Sociales. *Revista Brasileira de Educação*, (23), 1-23. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782018230082>
- Benito, FJ. (13 de noviembre de 2017). Cerca de 36.000 hectáreas de cultivo de Alicante amenazados por la sequía. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2017/11/13/cerca-36-000-hectareas-cultivo-13848402.html>
- Benito, FJ. (10 de junio de 2019). La temperatura del mar aumentó 0,8° en la costa de Alicante este invierno. *Diario Información*. <https://www.informacion.es/alicante/2019/06/10/temperatura-mar-aumento-0-8-5398877.html>
- Bricelj, M. (2013). Kranjska stena - An example of good school practice. *Geografija v Soli*, 22(2-3), 51-56.
- Bueno, V. (31 de julio de 2017). Medusas por encima de la media en el 10% de las playas del Mediterráneo. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/vida-y-estilo/salud/2017/07/31/medusas-media-10-playas-mediterraneo-13730482.html>
- Calvo, F. (2001). *Sociedades y territorios en riesgo*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo [CEAM] (2020). *Mediterranean SST report (Summer 2020)*. Recuperado de <http://www.ceam.es/ceamet/SST/index.html>
- Centros de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX] (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y Ministerio de Fomento.
- Chevallard, Y. (1991). *La Transposition Didactique du Savoir Savant au Savoir Enseigné*. Grenoble, France: La Pensée Sauvage éditions.
- Chiwara, P. y Lombard, A. (2018). Mitigation the impact of drought in Namibia: implications for social work practice, education and policy. *The Routledge Handbook of Green Social Work* (pp. 293-306). Routledge: Londres. Recuperado de Mitigating the impact of drought in Namibia | Taylor & Francis Group.
- Cramer W., Guiot J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., ...y Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, (8), 972-980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- De Luis, M., Brunetti, M., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Longares, L. A. y Martín-Vide, J. (2010). Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946–2005. *Global and Planetary Change*, 74 (1), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.006>
- Díaz, A. (13 de febrero de 2020). Alicante, Murcia, Almería y Canarias se enfrentan a una brusca desertificación. *Diario El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2020/02/13/5e4437ffffdddfcb088b4648.html>
- Díez, A. (2015). Buscando riadas en los árboles: Dendrogeomorfología. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(25), 272-285.
- Díez, A., Hernández-Ruiz, M., Díez, P. y Carrera, C. (2020). Programa de Educación Infantil en el riesgo de inundaciones “Venero Claro-Agua” (Ávila). En M^a. I. López y J. Melgarejo (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 1.191-1.200). Alicante: Universidad de Alicante.
- Ecoinventos (8 de agosto de 2019). Reino Unido incorpora a sus colegios a profesores especialistas en el cambio climático. *Ecoinventos*. Recuperado de <https://ecoinventos.com/reino-unido-incorpora-a-sus-colegios-a-profesores-especialistas-en-el-cambio-climatico/?fbclid=IwAR1bsdJD3MwOIFc0g4wYK9JRMZmVp3xPSeos9U-57iWDI3JNWk0GAKCHIWI>

- Efe (23 de agosto de 2018). Las noches tropicales se cuadruplican en los últimos años. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2019/09/25/noches-tropicales-cuadruplican-ultimas-decadas-11743017.html>
- Eklund, S. (2018). *Climate change education with a bright horizon?: Pedagogical reflections on teacher training for climate education that aims to empower students* (Tesis Doctoral). Stockholm University. Stockholm (Sweden).
- European Environment Agency [EEA] (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. An indicator-based report, Luxemburgo. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
- Fernández, R., Gómez, A. y Luengo, M. Á. (2019). Aprendiendo a interpretar el territorio: estudio de la fitotoponimia en la provincia de Salamanca. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (82), 1-33. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2816>
- García, J., Pardo, P. y Rebollo, L.F. (2009). La desertificación y otros problemas ambientales en los libros de texto de geografía de educación secundaria en España. En F. Pillet, M.C. Cañizares y A. Ruiz (Coords.), *Geografía, territorio y paisaje. El estado de la cuestión: actas del XXI Congreso de Geógrafos Españoles* (pp. 1.757-1.772). Ciudad Real: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Garzón, G., Ortega, J.A. y Garrote, J. (2009). Las avenidas torrenciales en cauces efímeros: ramblas y abanicos aluviales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17 (3), 264-276.
- Gil, A. y Olcina, J. (2021). *Tratado de Climatología (2ª edición)*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- González, J. C., López, J.A., Stepanek, P., Martín-Vide, J. y De Luis, M. (2009). Monthly precipitation trends on the Mediterranean façade of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). *International Journal of Climatology*, (29), 1.415-1.429. <https://doi.org/10.1002/joc.1780>
- Greenwood, H. (2018). A climate change assembly. *Primary Geography*, (96), 22-23.
- Hernández-Ruiz, M., García, M., Díez, A. y Carrera, C. (2020). Mejora de la percepción y conocimiento infantil sobre el riesgo de inundaciones: Programa 'Venero Claro-Agua' (Ávila). En M^a. I. López y J. Melgarejo, J. (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 1.201-1.210). Alicante: Universidad de Alicante.
- Herrero, A. (28 de septiembre de 2019). El cambio climático ha modificado el patrón de las inundaciones en Europa. *Diario El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2019/08/28/5d66aefbfc6c83737a8b4609.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007). *Fourth Assessment Report. AR4 Climate Change 2007*. 3 vols. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2014). *Climate Change 2013 and Climate Change 2014* (3 vols.). Recuperado de <http://www.ipcc.ch/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2018). *Special Report Global warming of 1.5°C*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- Instituto Geográfico Nacional [IGN] (2020). *Actividades de Geografía con visualizadores para ESO y Bachillerato. Utilización de Iberpix y el Comparador de ortofotos del IGN*. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.
- Kažys, J. (2018). Climate change information on internet by different Baltic Sea Region languages: Risks of disinformation & misinterpretation. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 7 (4), 685-695.
- La Calle, A. (2007). *Sequía y adaptación de la Directiva marco del agua. La Sequía en España. Directrices para Minimizar su Impacto*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Lechowicz, M. y Nowacki, T. (2014). School education as an element of natural disaster risk reduction. *Prace i Studia Geograficzne*, (55), 85-95.
- Lenzen, M. y Smith, S. (1999). Teaching Responsibility for Climate Change: Three Neglected Issues. *Australian Journal of Environmental Education*, (15), 65-75. <https://doi.org/10.1017/S0814062600002627>

- Little, P., Aboud, A. y Lenachuru, C. (2009). Can formal education reduce risk for drought-prone pastoralist? A case study from barringo district, Kenya. *Human Organization*, 68(2), 154-165. <https://doi.org/10.17730/humo.68.2.n70t617197x4w778>
- Mann, M.E., Rahmstorf, S., Kornhuber, K., Steinman, B.A., Miller, S. K., Petri, S. y Coumou, D. (2018). Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification. *Science Advances*, 4(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3272>
- Martín-Vide, J. (2009). Diez verdades y diez mentiras en relación al cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(2), 120-127.
- Martínez-Fernández, L.C. y Olcina, J. (2019). La enseñanza escolar del tiempo atmosférico y del clima en España: currículo educativo y propuestas didácticas. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(1), 125-148. <https://doi.org/10.5209/aguc.64680>
- Martínez-Medina, R. y López-Fernández, J.A. (2016). La enseñanza de la climatología en los manuales escolares de ciencias sociales en Educación Primaria. En R. Sebastián y E. Tonda (Eds.), *La investigación e innovación en la enseñanza de la Geografía* (pp. 245-258). <https://doi.org/10.14198/GeoAlicante2015.17>
- Masters, M. (2020). *123 curiosidades que todo el mundo debería conocer sobre el clima*. Barcelona: Geoplaneta.
- McEwen, L., Stokes, A., Crowley, K. y Roberts, C. (2014). Using role-play for expert science communication with professional stakeholders in flood risk management. *Journal of Geography in Higher Education*, 38(2), 277-300. <https://doi.org/10.1080/03098265.2014.911827>
- McWhirter, N. y Shealy, T. (2018). Case-based flipped classroom approach to teach sustainable infrastructure and decision-making. *International Journal of Construction Education and Research*, (16), 3-23. <https://doi.org/10.1080/15578771.2018.1487892>
- Méndez, R., Gutiérrez, J., Olcina, J. y Pérez, E. (2020). *Geografía*. Editorial SM.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). *Cambio climático: impactos, adaptación vulnerabilidad. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC Grupo de Trabajo II*. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/quinto-informe-ipcc-grupo-2_tcm30-70704.pdf
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2020). *Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Recuperado de <https://boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-37-consolidado.pdf>
- Monjo, R. y Martín-Vide, J. (2016). Daily precipitation concentration around the world according to several indices. *International Journal of Climatology*, 36(11), 3.828-3.838. <https://doi.org/10.1002/joc.4596>
- Morán, E., Herrera, S., López, J.I., Revuelto, J. y Beniston, M. (2012). Evolución reciente de las condiciones de humedad y temperatura en las montañas españolas y su relación con la cubierta nivosa. En Asociación Española de Climatología. *VIII Congreso Internacional Asociación Española de Climatología: Cambio climático* (pp. 891-898). Salamanca: Asociación Española de Climatología.
- Morgan, A. (2012). Me as a Science Teacher': Responding to a Small Network Survey to Assist Teachers with Subject-Specific Literacy Demands in the Middle Years of Schooling. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(6), 73-95. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2012v37n6.6>
- Morote, A.F. (2020). ¿Cómo se trata el tiempo y clima en la Educación Primaria? Una exploración a partir de los recursos y actividades de los manuales escolares de Ciencias Sociales. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI Geografía*, (13), 119-144.
- Morote, A.F. y Hernández, M. (2020). Social Representations of Flooding of Future Teachers of Primary Education (Social Sciences): A Geographical Approach in the Spanish Mediterranean Region. *Sustainability*, 12(15), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su12156065>
- Morote, A.F. y Olcina, J. (2020). El estudio del cambio climático en la Educación Primaria: una exploración a partir de los manuales escolares de Ciencias Sociales de la Comunidad Valenciana. *Cuadernos Geográficos*, 59(3), 158-177. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i3.11792>
- Morote, A.F. y Souto, X.M. (2020). Educar para convivir con el riesgo de inundación. *Estudios Geográficos*, 81(288), 1-14. <https://orcid.org/0000-0003-1480-327X>

- Morote, A.F., Campo, B. y Colomer, J.C. (2021). Percepción del cambio climático en alumnado de 4º del Grado en Educación Primaria (Universidad de Valencia, España) a partir de la información de los medios de comunicación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(1), 131-144. <https://doi.org/10.6018/reifop.393631>
- Muñoz, C., Schultz, D. y Vaughan, G. (2020). A Midlatitude Climatology and Interannual Variability of 200- and 500-hPa Cut-Off Lows. *Journal of Climate*, 33(6), 2.201-2.222. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0497.1>
- National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (2020). *National Oceanic and Atmospheric Administration | U.S. Department of Commerce (noaa.gov)*. Recuperado de <https://www.noaa.gov/>
- Nelles, D. y Serrer, C. (2020). *El pequeño manual del cambio climático*. Barcelona: Grijalbo.
- Núñez, J.A. (3 de julio 2020). Noches muy cálidas en las ciudades mediterráneas. *Aemetblog.es*. Recuperado de <https://aemetblog.es/2020/07/03/noches-muy-calidas-en-las-ciudades-mediterraneas/>
- Ollero, A. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico. Un planteamiento didáctico. *Lurr@lde*, (20), 261-283.
- Olcina, J. (2020). Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo español. Oportunidades para la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 159-182. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.629>
- Olcina, J. (21 de septiembre de 2020). Temperatura del mar Mediterráneo preocupante. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2020/09/21/temperatura-mar-mediterraneo-preocupante-14021265.html>
- Olcina, J. y Biener, S. (2019). ¿Está cambiando el clima valenciano?. Realidades e incertidumbres. En J. Olcina y E.A. Moltó (Eds.), *Climas y Tiempos en el País Valencià* (pp. 162-170). Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Pagés, R. (16 de marzo de 2016). La Marina Baixa pide al Júcar un trasvase de emergencia. *Diario Información*. Recuperado de <https://www.informacion.es/benidorm/2016/03/15/marina-baixa-pide-jucar-trasvase-6211624.html>
- Pascual, C., Alberola, P. y Benito, F.J. (23 de mayo de 2018). Drones y redes en el agua contra la carabela portuguesa. *Diario Información*. Recuperado de <https://www.diariodebiza.es/sociedad/2018/05/22/drones-redes-agua-carabela-portuguesa/990460.html>
- Pastor, F., Valiente, J.J. y Khodayar, S. (2020). A Warming Mediterranean: 38 Years of Increasing Sea Surface Temperature. *Remote Sensing*, 12(2687), 1-16. <https://doi:10.3390/rs12172687>
- Pausas, J.G. y Millán, M.M. (2019). Greening and browning in a climate change hotspot: the Mediterranean Basin. *BioScience*, 67(2), 143-151. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy157>
- Pérez, A., Navarro, F. y Álvarez, Y. (2016). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad social en poblaciones afectadas por el peligro de inundación. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 62(1), 133-159. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/dag.242>
- Rodríguez, R. (11 de octubre de 2019). Así afectará el cambio climático a España: pobres en agua y con más enfermedades. *Diario El Confidencial*. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-10-10/cambio-climatico-espana-consecuencias-pobreza-agua_2276571/
- Rodríguez, J. y Martínez, J. (2016). Libros de texto y control del curriculum en el contexto de la sociedad digital. *Cadernos CEDES*, 36(100), 319-336. <https://doi.org/10.1590/cc0101-32622016171317>
- Sáiz, J. (2011). Actividades de libros de texto de Historia, competencias básicas y destrezas cognitivas, una difícil relación: análisis de manuales de 1º y 2º de ESO. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (25), 37-64.
- Sánchez-Fuster, M.C. (2017). *Evaluación de los recursos didácticos utilizados en Ciencias Sociales, Geografía e Historia en Educación Primaria* (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia. Murcia.
- Serantes, A. (2015). Como abordan o Cambio Climático os libros de texto da Ensinanza Secundaria Obligatoria na España. *AmbientalMENTEsustentable*, (20), 249-262.
- Serrano, R. (2017). *Reconstrucción climática instrumental de la precipitación diaria en España: ensayo metodológico y aplicaciones* (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

- Scharmacher-Schreiber, K. y Stephanie, M. (2020). *¿Cuánto calor es 1 grado más? ¿Qué pasa con el cambio climático?*. Salamanca: Loguez Ediciones.
- Shepardson, D.P. y Hirsch, A.S. (2020). Teaching climate change. What educators should know and can do. *American Educator*, (winter 2019-20), 4-13. Recuperado de https://www.aft.org/ae/winter2019-2020/shepardson_hirsch
- Singh, S.A. (2020). Climate change education: knowing, doing and being. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 29(4), 362-365. <https://doi.org/10.1080/10382046.2019.1703318>
- United Nations (2015). *Sustainable Development Goals*. UNDP, Sustainable Development Agenda. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/resources.html>
- Valls, R. (2007). *Historiografía Escolar Española: Siglos XIX-XXI*. UNED.
- Villena, J.J. (2 de agosto de 2017). Noche de posibles récords por calor en el sureste y Baleares. *Meteored*. Recuperado de <https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/noche-de-records-por-calor-en-el-sureste-y-baleares.html>
- Villena, J. (31 de agosto de 2019). ¿En 2050 será la Comunidad Valenciana un desierto?. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/sociedad/2019/08/31/2050-comunidad-valenciana-sera-desierto-11783838.html>
- Wetterzentrale (2020). *Archivo, CFSR (1979-)*. Recuperado de <https://www.wetterzentrale.de/>
- Wilhite, D. A. (2000). *Drought: A Global Assessment*. Vols. 1 and 2. New York: Routledge.