

"Proyecciones regionales de Cambio Climático para vientos extremos en España para el s.XXI: Caracterización de valores de retorno y frecuencia de configuraciones atmosféricas de peligro"

Informe Final: Resumen Divulgativo

Realizado por el Grupo de Meteorología de Santander.
Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación, MACC-UC

Coordinado por Sixto Herrera García (herrerass@unican.es)



Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica a través de la convocatoria de ayudas para la realización de proyectos en materia de adaptación al Cambio Climático 2016".



TABLA DE CONTENIDOS

Introducción y antecedentes del estudio.....	3
Patrones Atmosféricos de Riesgo.....	4
Proyecciones Regionales de Viento.....	5
Conclusiones.....	7
Referencias.....	8

Introducción y antecedentes del estudio

La proyección regional de cambio climático es una de las prioridades actuales del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Los modelos climático globales (GCM) suponen la primera fuente de información para el desarrollo de escenarios de cambio climático y, por ello, desde el World Climate Research Program (WCRP) se coordinan distintos experimentos multi-modelo de intercomparación y proyección de distintos escenarios (el más actual CMIP5, que contempla los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5, ver Collins et al. 2013).

Los métodos de regionalización, estadística o dinámica, permiten transferir la salida directa de los GCMs, con escalas espaciales de 100 km aproximadamente, a escalas regionales (~ 12 km) o locales/puntuales para su uso en estudios de impacto que requieren habitualmente una mayor resolución. En este sentido, han surgido diferentes iniciativas nacionales (PNACC: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático) e internacionales (CORDEX, VALUE, etc..) para la regionalización de los escenarios globales de cambio climático del CMIP5. En el ámbito Europeo, la iniciativa Euro-CORDEX (Jacob et al., 2014) ofrece simulaciones a 11 km de resolución sobre Europa basadas en distintos RCMs acoplados a las proyecciones del CMIP5. En particular, se considerarán los escenarios futuros correspondientes a concentraciones medias y altas (RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente), ya que son los más utilizados y presentan un mayor número de simulaciones globales y regionales disponible.

En el marco de las proyecciones de eventos de viento extremo e identificación de los patrones atmosféricos de riesgo, algunos estudios (p.e. Mölter et al. 2016, Steptoe et al. 2018, Donat et al. 2011 ó Dawkins et al. 2016) han reflejado las variables e índices relevantes en este ámbito utilizados en la literatura, han relacionado la localización e intensificación de los ciclones en Europa con diferentes patrones de circulación (NAO, AO o SCP) o han analizado las proyecciones futuras de vientos extremos, interpretando éstas en términos de pérdidas e impacto económico reflejando un decrecimiento de este impacto. A nivel Peninsular, diferentes autores (Gómara et al. 2016, Zubiate et al. 2017, Comas-Bru and Mc Demott 2014) han encontrado una correlación negativa entre la NAO y la variación interanual del número de ciclones explosivos en el sur de Europa, si bien esta relación no es estacionaria a escala multi-decadal. Por otro lado, Azorín-Molina et al. (2016) analizan las tendencias observadas en la segunda mitad del siglo 20 y principios del siglo 21 de rachas máximas de viento en la Península Ibérica reflejando un decrecimiento en la frecuencia de estos eventos y un cambio en su estacionalidad.

En el presente proyecto se han:

1) Obtenido los escenarios de cambio climático para diferentes indicadores de viento extremo en la Península Ibérica a partir de las proyecciones regionales de la iniciativa Euro-CORDEX.

2) Identificado y caracterizado los patrones atmosféricos asociados a la ocurrencia de eventos de viento extremo (en particular ciclones y ciclogénesis explosivas), en la Península Ibérica y se han obtenido posibles cambios futuros en la frecuencia de ocurrencia de estos patrones a partir de las proyecciones de los modelos globales del CMIP5.

Patrones Atmosféricos de Riesgo

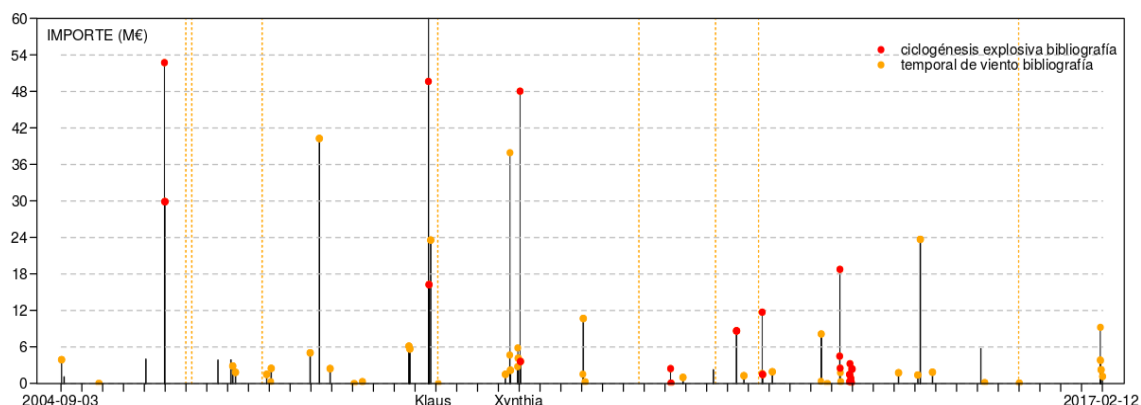


Figura 1: Importe en millones de euros (líneas verticales negras) de las incidencias de siniestros recogidas entre 2004-09-03 y 2012-02-12. Se muestran las clasificadas como ciclogénesis explosiva (punto rojo) o temporal de viento (punto naranja) en base a la búsqueda bibliográfica llevada a cabo. Las líneas verticales naranjas son eventos identificados en la bibliografía sin siniestrabilidad asociada.

A partir de los registros del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) y una extensa revisión bibliográfica se relaciona el tipo de evento extremo de viento, temporal de viento y ciclogénesis explosiva, y el coste registrado por el CCS (figura 1), con el fin de localizar los patrones atmosféricos relacionados con aquellos eventos de mayor impacto. Dado el alto impacto de los eventos de ciclogénesis explosiva en la Península Ibérica, se considerarán algoritmos de detección y seguimiento de ciclones para establecer la frecuencia de dichos eventos en la Península Ibérica.

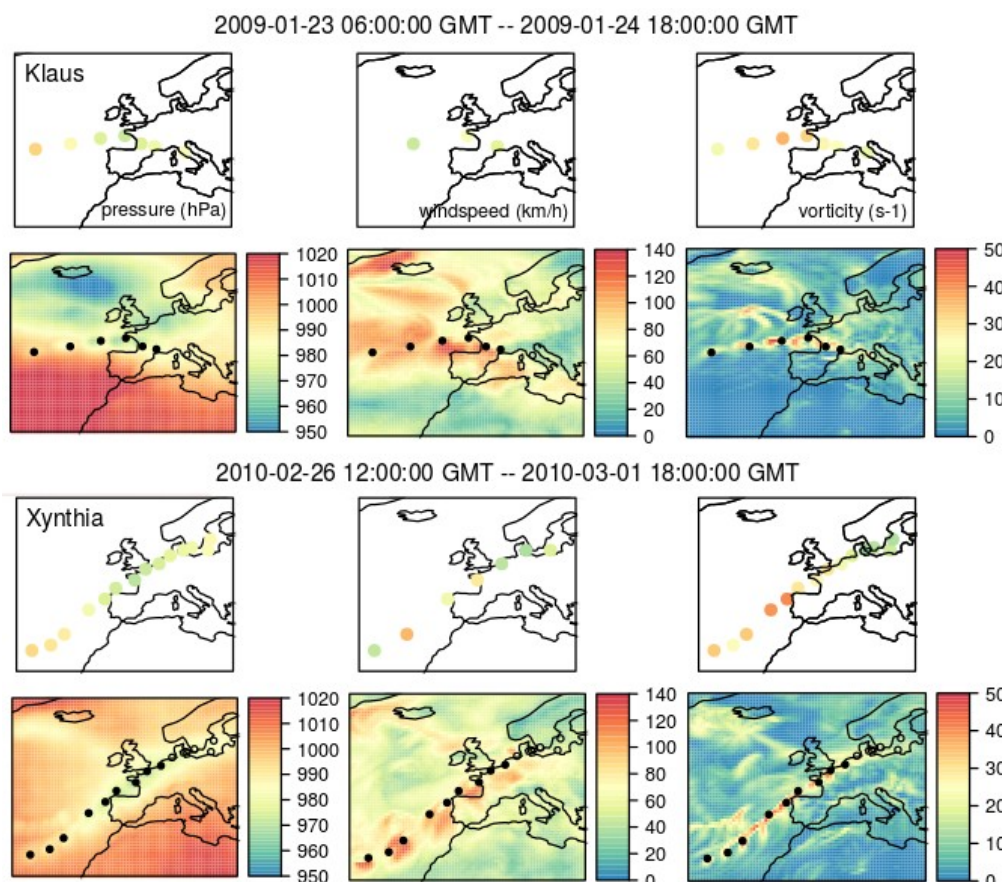


Figura 2: Trayectoria detectada para las tormentas Klaus y Xynthia, y valores máximos de vorticidad y velocidad de viento, y mínimos de presión a nivel del mar del reanálisis durante la trayectoria.

El algoritmo para la detección y seguimiento de ciclones, cyclonTrackR, se ha implementado y aplicado tanto a datos de reanálisis, para su validación con eventos conocidos (figura 2), como de los modelos globales del CMIP5, para analizar cambios futuros en la frecuencia de dichos eventos afectando a la Península Ibérica (figura 3).

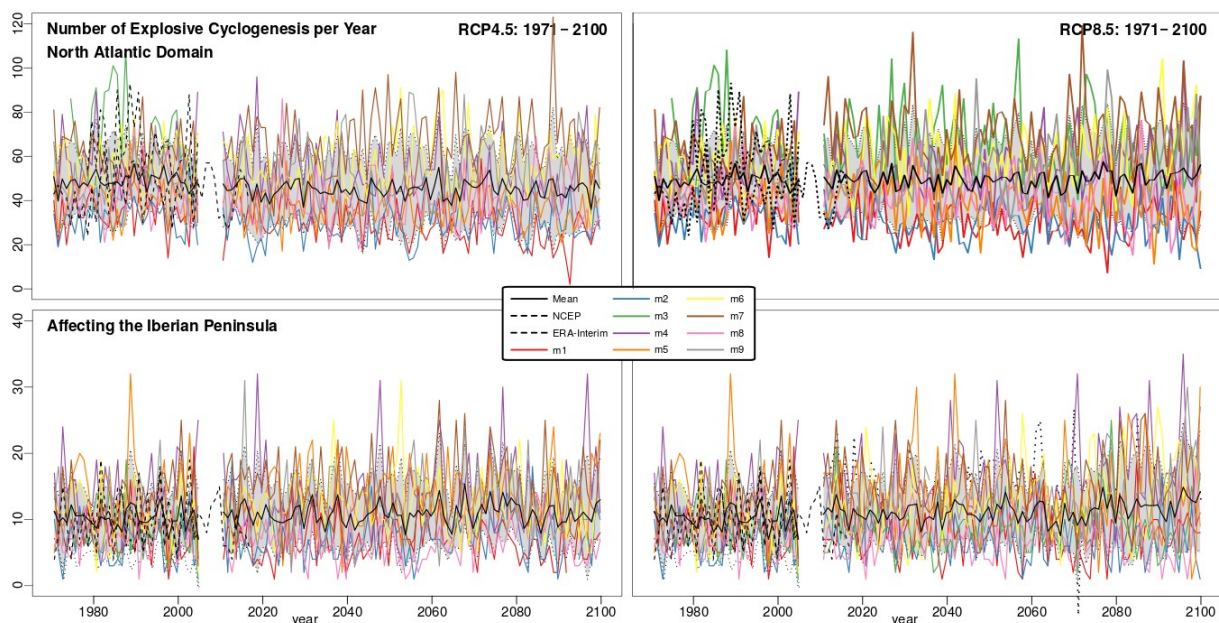


Figura 3: Número de trayectorias por año con ciclogénesis explosivas ocurridas en el Atlántico Norte (arriba) y en la “Cuenca de afección” de la Península Ibérica (debajo) para los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) proyectadas por los modelos del CMIP5 para el siglo XXI.

En primer lugar, con el fin de establecer el dominio geográfico en el cual se generan los ciclones que afectan a la Península Ibérica, que llamaremos “Cuenca de afección”, y que se asocian con los eventos de alto impacto económico registrados por el CCS, se consideraron diferentes distancias a la Península Ibérica y la tasa de aciertos del algoritmo en la detección de los eventos registrados por el CCS, estableciendo dicha Cuenca de Afección en un dominio espacial englobando eventos y trayectorias a una distancia máxima de 12°-15° de la Península Ibérica.

En segundo lugar, se aplicó el algoritmo a los modelos globales del CMIP5 para los escenarios historical, RCP4.5 y RCP8.5, y los periodos 1971-2000, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. Por un lado, se ha detectado una baja correlación espacial en los patrones de frecuencia de ocurrencia de ciclones y ciclogénesis explosivas en el Atlántico Norte. Por otro lado, considerando la Cuenca de afección definida, se han obtenido las frecuencias de ciclogénesis explosivas afectando a la Península Ibérica para todos los modelos globales y los tres escenarios, reflejando que, en general, ningún modelo proyecta un cambio significativo a lo largo del siglo XXI en la frecuencia de estos eventos. Únicamente para el último periodo bajo el escenario RCP8.5 se da una tendencia ascendente en la frecuencia, la cual se extiende a la tendencia considerando todo el periodo 2011-2100.

Proyecciones Regionales de Viento

A partir de las proyecciones regionales de la iniciativa Euro-CORDEX (con aproximadamente 10 km de resolución) de velocidad diaria media y máxima de viento para los escenarios historical (1971-2000), RCP4.5 y RCP8.5 (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100), y las observaciones de racha máxima de viento DPWG (Azorín-Molina et al. 2016) se obtuvieron los cambios proyectados para el siglo XXI para el valor de

retorno a 50 años y la frecuencia de días con viento superior a un umbral dado (p.e. 80, 100 y 120 km/h) en la Península Ibérica.

En primer lugar los modelos regionales recogen adecuadamente el tipo de distribución GEV asociada, una Weibull, así como la estacionalidad y el patrón espacial de los valores de retorno, si bien tienden a subestimar la intensidad de los valores de retorno.

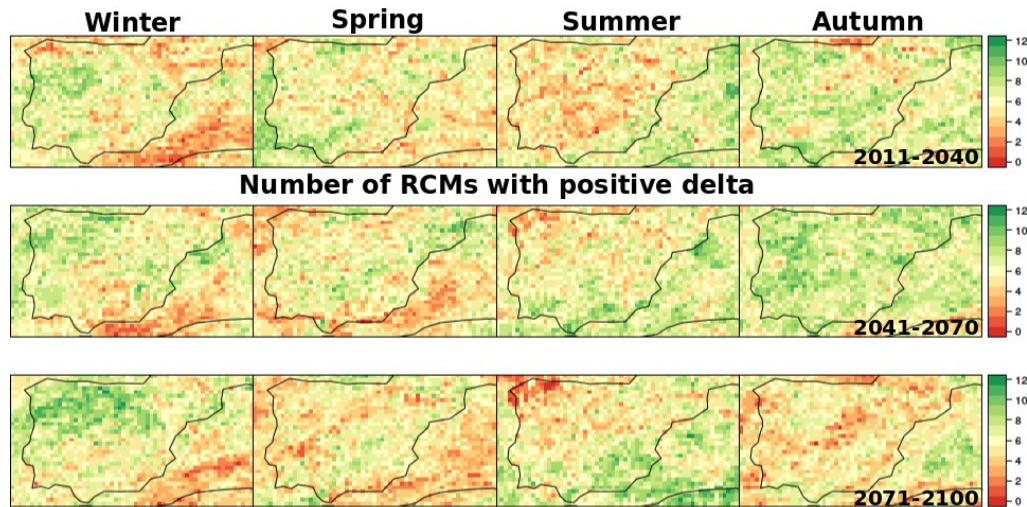


Figura 4: Número de RCMs proyectando un incremento en el valor de retorno estacional a 50 años de racha máxima diaria de viento para los tres periodos futuros y el escenario RCP8.5. Verde indica acuerdo entre modelos para cambio positivo y rojo para negativo.

En lo que respecta a los escenarios regionales dados por Euro-CORDEX, en líneas generales no se proyectan cambios significativos en los vientos extremos sobre la Península Ibérica, salvo un leve descenso del valor de retorno a 50 años (figura 4) en el noroeste peninsular en verano a medio (2041-2070) y largo plazo (2071-2100). Del mismo modo, y en concordancia con estudios previos, se proyecta un progresivo descenso en toda la Península Ibérica a lo largo del siglo XXI en el número de días con vientos de intensidad media (~70 km/h) y un leve aumento de los días con vientos intensos (~90 km/h) en la mitad norte, principalmente, con la excepción de la costa del Mar Cantábrico (figura 5).

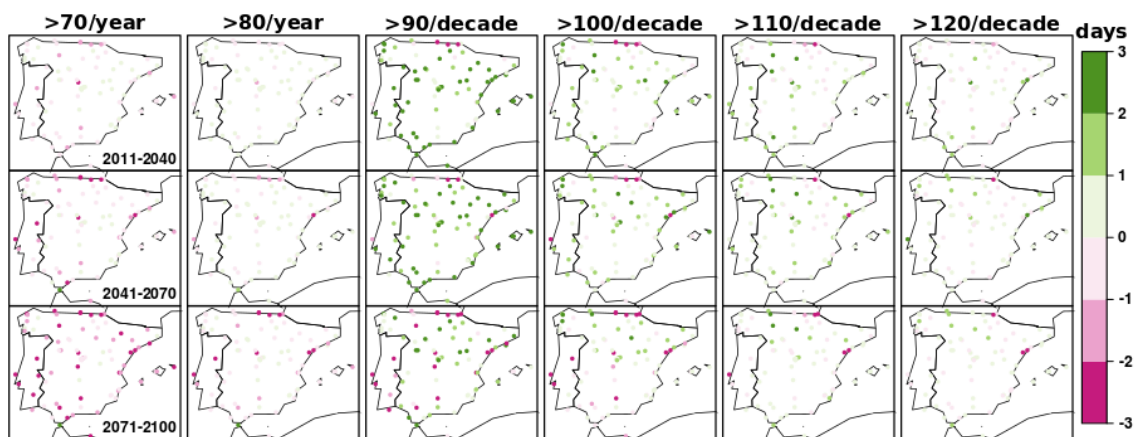


Figura 5: Incremento/Decremento del número de días con velocidades de viento superiores a diferentes umbrales (columnas) proyectadas por los modelos de Euro-CORDEX corregidos para el escenario RCP8.5 y los tres periodos futuros (filas).

Conclusiones

Para el análisis de los patrones atmosféricos de riesgo se han abordado diferentes aproximaciones:

1) En primer lugar, se han distribuido los eventos y costes recogidos por el Consorcio de Compensación de Seguros entre los tipos de tiempo definidos aplicando tres tipos diferentes de algoritmos de agrupación. A pesar de localizar cierta incidencia en los tipos de tiempo Puramente Anticiclónico y Ciclónico Direccional del Noroeste de la clasificación de Lamb, no se proyecta en el futuro ningún cambio significativo en la frecuencia de estos patrones de circulación.

2) En segundo lugar, se ha implementado un algoritmo de detección de ciclones basado en variables sinópticas (slp, vorticidad, etc.), el cual se distribuye públicamente a través del repositorio de GitHub [cyclonTrack](#), y se ha aplicado tanto a dos reanálisis, ERA-Interim y NCEP/NCAR reanalysis 1, como a los modelos globales del CMIP5. Por un lado, el algoritmo reproduce las regiones de mayor incidencia de ciclones y ciclogénesis explosivas en el Atlántico Norte reflejadas en la literatura. Por otro lado, los modelos globales no reproducen adecuadamente los patrones espaciales de frecuencia de ciclones y/o ciclogénesis explosivas, recogiendo mejor el de éstas últimas, y tienden a subestimar su ocurrencia. Finalmente, al aplicar el algoritmo a los escenarios futuros no se encuentran cambios estadísticamente significativos en la frecuencia de ocurrencia de ciclones y/o ciclogénesis explosivas al existir disensiones en el signo del cambio por parte de los modelos globales.

3) Finalmente, se ha implementado un algoritmo de seguimiento de ciclones basado en los eventos identificados por el algoritmo de detección de ciclones, el cual se distribuye públicamente a través del repositorio de GitHub [cyclonTrack](#), y se ha aplicado tanto a dos reanálisis, ERA-Interim y NCEP/NCAR reanalysis 1, como a los modelos globales del CMIP5. Por un lado, se evaluó el algoritmo considerando diferentes eventos cuyas trayectorias han sido extensamente descritas en la literatura, reproduciendo éstas con el algoritmo implementado. Por otro lado, cruzando los datos de eventos y costes registrados por el Consorcio de Compensación de Seguros con las trayectorias identificadas por el algoritmo se ha identificado la “Cuenca de afección” de la Península Ibérica, definida como el dominio geográfico en el cual se generan las trayectorias que dan lugar a un evento de ciclogénesis que afecta a la Península Ibérica. Finalmente, se aplicó el algoritmo a los modelos globales del CMIP5 obteniendo el número de eventos por año que afectan a la Península Ibérica a lo largo del siglo XXI. En el caso del escenario RCP4.5 no se aprecia ningún cambio significativo en el número de eventos respecto al periodo histórico, mientras que para el escenario RCP8.5 sí se aprecia un leve incremento en el número de eventos a escala global en el siglo XXI, aunque éste incremento se concentra principalmente en el último tercio del siglo, 2071-2100.

Como conclusión general del análisis de patrones atmosféricos de riesgo, en ninguna de las aproximaciones se ha encontrado un cambio significativo en los patrones de frecuencia ni en la incidencia de ciclones y/o ciclogénesis explosivas en la Península Ibérica a lo largo del siglo XXI con la excepción del leve crecimiento proyectado para finales de siglo en el escenario RCP8.5.

El uso de datos públicamente distribuidos, así como el desarrollo y uso de herramientas y software de acceso libre, como R, aseguran la reproducibilidad de los resultados presentados en este proyecto y su extensión a otras regiones, otros análisis, etc.

Referencias

Azorin-Molina C, Guijarro J-A, McVicar T R, Vicente-Serrano S M, Chen D, Jerez S and Espirito-Santo F (2016), Trends of daily peak wind gusts in Spain and Portugal, 1961–2014, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2015JD024485.

Collins M, Knutti R J, Arblaster J L D, Fichet T, Friedlingstein P, Gao X, Gutowski W, Johns T, Krinner G, Shongwe M, Tebaldi C, Weaver A and Wehner M (2013), Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, pages 1029–1136. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA URL http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf

Comas-Bru L and McDermott F (2014), Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO-winter climate relationship. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140(679), 354–363. <https://doi.org/10.1002/qj.2158>

Dawkins L C, Stephenson D B, Lockwood J F and Maisey P E (2016), The 21st century decline in damaging European windstorms, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16 (8), 1999–2007, DOI: 10.5194/nhess-16-1999-2016

Donat M G, Leckebusch G C, Wild S and Ulbrich U (2011), Future changes in European winter storm losses and extreme wind speeds inferred from GCM and RCM multi-model simulations, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11 (5), 1351–1370, doi: 10.5194/nhess-11-1351-2011

Gómara I, Rodríguez-Fonseca B, Zurita-Gotor P, Ulbrich S, and Pinto J G (2016), Abrupt transitions in the NAO control of explosive North Atlantic cyclone development. *Climate Dynamics*, 47(9–10), 3091–3111. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3015-9>

Jacob D et al (2014), EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2):563–578.

Möller T, Schindler D, Albrecht A T and Kohnle U (2016), Review on the Projections of Future Storminess over the North Atlantic European Region. *Atmosphere*, 7, 60.

Stephoe H, Jones S E O and Fox H (2018), Correlations between extreme atmospheric hazards and global teleconnections: Implications for multihazard resilience. *Reviews of Geophysics*, 56, 50–78. <https://doi.org/10.1002/2017RG000567>

Zubiante L, McDermott F, Sweeney C and O'Malley M (2017), Spatial variability in winter NAO-wind speed relationships in western Europe linked to concomitant states of the East Atlantic and Scandinavian patterns. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 143(702), 552–562. <https://doi.org/10.1002/qj.2943>