



**XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación
Meteorológica Española y el XXII Encuentro
Hispano – Luso de Meteorología**

COMPENDIO DE RESÚMENES

Cádiz y San Fernando del 13 al 15 marzo 2024

ÍNDICE

PRESENTACIÓN INVITADA

LA PLATAFORMA TEMÁTICA INTERDISCIPLINAR PTI+ “CLIMA Y SERVICIOS CLIMÁTICOS” DEL CSIC

SESIÓN: ESTRECHO DE GIBRALTAR

EFFECTOS DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL EN EL TRANSPORTE DE HUMEDAD DESDE EL MAR MEDITERRÁNEO Y EL OCEANO ATLÁNTICO NORTE:
IMPLICACIONES EN LOS PATRONES DE PRECIPITACIÓN SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA

EL TRÁNSITO DE BERNARD DEL GOLFO DE CÁDIZ A LA PENÍNSULA IBÉRICA EL 22 DE OCTUBRE DE 2023

OSCILACIONES DEL NIVEL DEL MAR FORZADAS POR PERTURBACIONES ATMOSFÉRICAS EN LA COSTA DE CÁDIZ

PRESIÓN Y VIENTO EN EL ÁREA DEL ESTRECHO EN VERANO Y MONZÓN DE LA INDIA Y ENSO

VIENTOS DE LEVANTE Y PONIENTE EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR A TRAVÉS DEL REANÁLISIS DE ALTA RESOLUCIÓN COSMO-REA6

VIENTO DE PONIENTE Y LEVANTE: IMPLICACIONES EN LA CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR Y EL MAR DE ALBORÁN OCCIDENTAL

EL TERRAL DE MÁLAGA, MITOS Y REALIDADES

SESIÓN: ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

EL TORNADO DE FUENTES DE VALDEPERO (PALENCIA)

EL VALOR AÑADIDO DE LA ENERGÍA EÓLICA MÁRINA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA:
VARIABILIDAD TEMPORAL Y COMPLEMENTARIEDAD ESPACIAL

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS: LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE CANTABRIA

METEOROLOGÍA ORIENTADA A IMPACTOS EN EL ÁMBITO AEROPORTUARIO

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA METEOROLOGÍA Y SU APORTACIÓN A LA INVESTIGACIÓN AEROESPACIAL

PÁGINA WEB DE AEMET SOBRE ESTADO DEL TIEMPO ESPACIAL

PROYECTO ARISTOTLE

SESIÓN: VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

ANÁLISIS DE FUENTES DE HUMEDAD PARA EVENTOS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA QUE AFECTARON LA PENÍNSULA IBÉRICA

AVALIAÇÃO DO REGIME DA SECA NA ÁFRICA AUSTRAL

BENEFICIOS DEL ACOPLAMIENTO EN LA SIMULACIÓN DEL CLIMA DE SUDAMÉRICA CON MODELOS REGIONALES

CAMBIOS EN LAS CIRCULACIONES ATMOSFÉRICAS EN EL ENTORNO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: ALGUNOS APUNTES

CAMBIOS FUTUROS PARA V10 Y LA DENSIDAD DE ENERGÍA EÓLICA MARINA UTILIZANDO PROYECCIONES DEL CMIP6 EN EL OCEANO ATLÁNTICO NORTE

CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA Y ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LA ESTACIÓN DE TUDELA DE DUERO (VALLADOLID)

CLIMATE INITIATIVE FOR IBERIAN MOUNTAIN AREAS (CIMAS): VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS DE MONTAÑA CON MODELIZACIÓN REGIONAL DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL

GRANIZO GIGANTE EN ESPAÑA, ¿FUE EL CAMBIO CLIMÁTICO?

CÓMO INFLUYE EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

IMPACTO DE LA VARIABILIDAD SOLAR EN LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE BAJAS LATITUDES

FACTORES DE LA VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LAS MESETAS DE ANGOLA Y NAMIBIA

CLIMATOLOGÍA DE VIENTOS LIGEROS SOBRE EUROPA A PARTIR DEL REANÁLISIS ERA5 (1979-2018)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO CLIMÁTICO EN EL RECURSO EÓLICO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO EN AMBIENTES FAVORABLES PARA EL DESARROLLO DE TRANSICIONES TROPICALES EN EL ATLÁNTICO NORTE

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS NEVADAS EXTREMAS PROVOCADAS POR LA BORRASCA FILOMENA

OCEANS FOR FUTURE (OFF). ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LA PREDICTIBILIDAD DE LAS TEMPERATURAS ESTIVALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

CLIMATOLOGIA DE SUPERFICIE DO ÍNDICE HOT DRY WINDY (HDW) SOBRE PORTUGAL CONTINENTAL. ANÁLISE DE CASOS DE ESTUDO

SOBRE EL PAPEL CLAVE DEL CALENTAMIENTO ANTROPOGÉNICO EN EL DESENCADENAMIENTO DE EVENTOS CONVECTIVOS EXTREMOS: EL CASO DEL DESTRUCTIVO DERECHO MEDITERRÁNEO EN 2022

RECONSTRUCCIÓN DE LA SERIE HISTÓRICA DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ESPAÑA DESDE 1869 A PARTIR DE DATOS EN REJILLA

RESPUESTA DEL ATLÁNTICO TROPICAL NORTE A ENSO: INFLUENCIA DE LA RESOLUCIÓN ESPACIAL DE LOS MODELOS

VARIABILIDAD CLIMÁTICA, TELECONEXIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SIERRA DE GUADARRAMA

ESTUDIO DE LAS TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN Y SEQUÍAS EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR DESDE 1961

SESIÓN: PROCESOS FÍSICOS

DESCIFRANDO LAS FUENTES DE HUMEDAD PARA LA PRECIPITACIÓN EN RÍOS ATMOSFÉRICOS

ESTUDIO OBSERVACIONAL DE LAS BRISAS DE VALLE EN TERRENO HETEROGÉNEO: CARACTERIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN EL VALLE DE AURE (PIRINEOS)

ESTUDIO OBSERVACIONAL Y SIMULACIONES NUMÉRICAS DE BRISAS MARINAS EN LA COSTA DE MÁLAGA

IMPACTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA EN LA TEMPERATURA DEL AIRE CERCA DE LA SUPERFICIE Y EN EL BALANCE DE ENERGÍA SUPERFICIAL: ANÁLISIS CON EL MODELO MESOESCALAR WRF PARA MADRID DESDE 1970 A 2020

LA EXCEPCIONAL OLA DE FRÍO TRAS LA DEPRESIÓN FILOMENA. ANÁLISIS DEL BALANCE DE ENERGÍA SUPERFICIAL Y DE LOS PROCESOS DE MICROESCALA ASOCIADOS

LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DURANTE LA COVID 19 COMO CASO DE ESTUDIO PARA LA COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE IMPACTOS EN CALIDAD DEL AIRE

METEOROLOGÍA Y CALIDAD DEL AIRE URBANO: AVANCES EN SIMULACIONES A MICROESCALA

SIMULACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LAS MEDIDAS DEL PROGRAMA NACIONAL DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (2023-2030) CON EL MODELO DE QUÍMICA Y TRANSPORTE CHIMERE

RELACIONES ENTRE EL NDVI Y LOS FLUJOS TURBULENTOS DE CALOR EN UN PASTIZAL MEDITERRÁNEO

SUPERCÉLULAS, GRANIZO GRANDE Y TORNADOS EN ESPAÑA

PÓSTERES CORRESPONDIENTES A LAS SESIONES DEL DÍA 13 DE MARZO

ESTUDO CLIMATOLÓGICO DO VENTO EM PORTUGAL E ANÁLISE REGIONAL DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

VENTAJAS DE LA ESCALA INTERNACIONAL DE FUJITA (IF) PARA CALIFICAR LOS DAÑOS POR TORNADOS Y *VIENTOS*

ESTUDIO DE CAMPO DE LOS TORNADOS DEL 14/12/2022 EN ROTA Y JEREZ. ANÁLISIS DE LOS DAÑOS CON LA NUEVA ESCALA IF (International Fujita Scale)

FENÓMENOS DE TELECONEXIÓN ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA EN ALBACETE Y MURCIA

TENDENCIAS OPUESTAS DE LA PRECIPITACIÓN EN EUROPA: UNA ATRIBUCIÓN A PARTIR DE LAS ANOMALÍAS DEL TRANSPORTE DE HUMEDAD

TRANSPORTE ANÓMALO DE HUMEDAD RELACIONADO CON LA LLEGADA DE CICLONES EXTRATROPICALES A LA PENÍNSULA IBÉRICA

ANÁLISIS DE ÍNDICES EXTREMOS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LAS REGIONES DE ALBACETE Y MURCIA

IMPACTOS SOBRE EL OZONO Y DEPÓSITO DE NITROGENO DE LOS CAMBIOS EN CLIMA Y EMISIONES PREVISTOS PARA 2050

PROYECCIÓN DEL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO FUTURO EN EL NORESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

PROYECCIONES DE LAS FUENTES DE HUMEDAD BAJO EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LOS RÍOS ATMOSFÉRICOS QUE LLEGAN A LA PENÍNSULA IBÉRICA

TRANSPORTE DE HUMEDAD Y SU INFLUENCIA EN LA PRECIPITACIÓN ASOCIADA A LA OCURRENCIA DE DANAS SOBRE EUROPA

EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL COMO REGIÓN CLAVE PARA ESTUDIAR LA RELACIÓN ENTRE EL DÉFICIT DE TRANSPORTE DE HUMEDAD Y LA OCURRENCIA DE SEQUÍAS

PRESENTACIÓN INVITADA

EVOLUCION Y FUTURO DE LOS SERVICIOS CLIMATICOS

SESIÓN: SERVICIOS CLIMÁTICOS

CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA MESETA SUR (CASTILLA-LA MANCHA Y COMUNIDAD DE MADRID) EN EL PERIODO 1951–2020

CLIMATOLOGÍAS DE LLUVIAS DE BARRO EN LA ESPAÑA PENINSULAR E ISLAS BALEARES

ANÁLISIS DE LA SEQUÍA ACTUAL EN ANDALUCIA CON DIVERSOS INDICES

COLABORACIÓN CSIC-AEMET PARA EL DESARROLLO DE SERVICIOS CLIMÁTICOS OPERACIONALES

COMPLEMENTARIEDAD DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS: ENERGÍAS EÓLICA, FOTOVOLTAICA Y UNDIMOTRIZ

EVALUACIÓN CLIMÁTICA DEL POTENCIAL EÓLICO+SOLAR EN UN SISTEMA INSULAR (LAS ISLAS CANARIAS)

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE REGIONALIZACIÓN ESTADÍSTICA PARA LA GENERACIÓN DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS EN ESPAÑA

REGIONALIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL SISTEMA DE PREDICCIÓN ESTACIONAL DEL ECMWF (SEAS5) EN EL MARCO DE LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS

SERVICIOS CLIMÁTICOS DE ALTA RESOLUCIÓN PARA MEJORAR LA RESILIENCIA CLIMÁTICA DE ACTIVOS CRÍTICOS (ICARIA)

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RECURSO SOLAR: REVISIÓN DE PROYECCIONES, INCERTIDUMBRES Y PERSPECTIVAS

LECCIONES APRENDIDAS DEL CO-DISEÑO Y CO-DESARROLLO DE SERVICIOS CLIMÁTICOS SECTORIALES BASADOS EN PREDICCIONES ESTACIONALES

PARTICIPACIÓN DE AEMET EN LA INICIATIVA DESTINATION-EARTH DE LA COMISIÓN EUROPEA Y EL CENTRO EUROPEO DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA A MEDIO PLAZO

TORNADO EN LAS URBANIZACIONES “TRES ARROYOS” Y “CAMPOMANES”, DE BADAJOZ, 17 DE ENERO DE 2024

SESIÓN: PREDICCIÓN ESTACIONAL

VERIFICACIÓN DE PREVISIONES ESTACIONALES MULTISISTEMA DE MODOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EUROPEA

NN4CAST: UNA APLICACIÓN DE RED NEURAL DE EXTREMO A EXTREMO PARA PREDICCIONES CLIMÁTICAS ESTACIONALES

SST COMO POSIBLE FORZAMIENTO DE LA VARIABILIDAD DE CLOROFILA-A EN EL MAR DE ALBORAN: ¿UNA FUENTE DE PREDICTABILIDAD ESTACIONAL?

SELECCIÓN DE MIEMBROS EN UN ENSEMBLE DE PREDICCIÓN ESTACIONAL

SERVICIO CLIMÁTICO DE PREDICCIÓN ESTACIONAL DE COSECHAS

SERVICIO CLIMÁTICO DE AYUDA A LA GESTIÓN DE EMBALSES EN AEMET

VARIABILIDAD Y TELECONEXIONES DE LA PRECIPITACIÓN IBÉRICA: PREDICTIBILIDAD ESTACIONAL Y CAMBIOS DECADALES

IMPACTO DE LA TELECONEXIÓN DE ENSO EN LA TEMPERATURA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN INVIERNO

PÓSTERES CORRESPONDIENTES A LAS SESIONES DEL DÍA 14 DE MARZO

PREDICCIÓN DECENAL DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA PRECIPITACIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

RIESGO DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS EN ESPAÑA: IMPACTOS, ESCENARIOS FUTUROS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: PROYECTO EXMERISK

SESIÓN: ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO

ALCANAR, DE LA INDEFINICIÓN AL ELEVADO RIESGO DE INUNDACIONES

LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2023 EN ESPAÑA: PREDECIBILIDAD, DESARROLLO DE UN SCM Y EFECTOS

ANÁLISIS Y EFECTOS DE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2023 EN EL CENTRO PENÍNSULAR

CIZALLADURA Y VIENTO FUERTE EN EL AERÓDROMO DE CUATRO VIENTOS

EL MAR DE FONDO DEL SUR EN CANARIAS

EVALUACIÓN EN SIMULACIONES A ESCALA SUB- KILOMÉTRICA DE ACTIVIDAD CONVECTIVA DE ALTO IMPACTO EN EL CONTEXTO DE LA INICIATIVA “DESTINATION-EARTH”

EVALUACIÓN DEL MODELO DE SUPERFICIE TERRESTRE NOAH-MP PARA LA SELECCIÓN DE ESQUEMAS DE PARAMETRIZACIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

INCERTIDUMBRES EN LA PREDICCIÓN DEL HURACÁN LESLIE: CASO DE ESTUDIO CON EL MODELO MPAS

MODELIZACIÓN A MESOESCALA DE LA METEOROLOGÍA, CLIMA Y ESTRÉS TÉRMICO URBANO

PASADA DE NOWCASTING EN AEMET

PRESENTE Y FUTURO DE LOS SISTEMAS DE NOWCASTING EUROPEOS

SINGULARIDAD PLUVIOMÉTRICA DE GRAZALEMA

TRAM: EL NUEVO MODELO NUMÉRICO DE METEO-UIB ADECUADO PARA TODO TIPO DE PREDICCIONES ATMOSFÉRICAS REGIONALES

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DEL MODELO WRF A DIFERENTES CONFIGURACIONES FÍSICAS EN EL MODO DE CONVECCIÓN PERMITIDA PARA ANDALUCÍA

USO DE REDES NEURONALES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS SITUACIONES SINÓPTICAS DE FONT

WEATHERMAP, LA NUEVA HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA PARA EMERGENCIAS

OBSERVACIÓN

¿CÓMO IMPACTA LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA Y LAS HETEROGENEIDADES SUPERFICIALES EN EL DESARROLLO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS BRISAS COSTERAS Y DE MONTAÑA? EL PROYECTO WINDABL

EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES DEL GPM DPR PARA IDENTIFICAR TORMENTAS DE GRANIZO

EXPERIENCIAS SOBRE TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LA NIEVE EN LA SIERRA DE GUADARRAMA Y

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

LA VARIABILIDAD TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS PRECIPITACIONES DE GRANIZO: ANÁLISIS DE LAS BASES DE DATOS DE 24 AÑOS EN LAS TERRES DE Ponent (LLEIDA)

PÓSTER CORRESPONDIENTE A LAS SESIONES DEL DÍA 15 DE MARZO

O PROGRAMA FRESAN NO SUDOESTE DE ANGOLA: AS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

PRESENTACIÓN INVITADA

LA PLATAFORMA TEMÁTICA INTERDISCIPLINAR PTI+ “CLIMA Y SERVICIOS CLIMÁTICOS” DEL CSIC

THE PTI+ “CLIMATE AND CLIMATE SERVICES” CSIC INTERDISCIPLINAR THEMATIC PLATFORM

César Azorín^(1,2) (en representación de la PTI+ Clima del CSIC, <http://pti-clima.csic.es>)

⁽¹⁾ Plataforma Temática Interdisciplinaria para Clima y Servicios Climático (PTI-Clima);

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España

⁽²⁾ Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE), España, cesar.azorin@uv.es

SUMMARY

PTI+Climate was born in 2018 as one of the CSIC's Interdisciplinary Thematic Platforms with the specific mission of advancing climate understanding and the development of climate services. The main objective of PTI+ Climate is to enhance CSIC research in climate variability and change, and to boost the development of value-added climate services for multiple socioeconomic and environmental sectors, structuring collaboration with national groups, institutions and companies for co-development and joint participation in project proposals. PTI+ Climate is organized into four activities: 1) climate research, 2) open science: data and software, 3) climate services, and 4) institutional advice and support.

La PTI+Clima nace en 2018 como una de las Plataformas Temáticas Interdisciplinares del CSIC con la misión específica de avanzar en la comprensión del clima y el desarrollo de servicios climáticos. El objetivo principal de la PTI+ Clima es potenciar la investigación del CSIC en variabilidad y cambio climático, e impulsar el desarrollo de servicios climáticos de valor añadido para múltiples sectores socioeconómicos y medioambientales, vertebrando la colaboración con grupos, instituciones y empresas nacionales para el co-desarrollo y la participación conjunta en propuestas de proyectos. La PTI+ Clima se organiza en cuatro actividades: 1) investigación climática, 2) ciencia abierta: datos y software, 3) servicios climáticos, y 4) asesoramiento y soporte institucional.

Desde el punto de vista de la investigación científica resulta prioritario avanzar en el conocimiento de las bases físicas de la variabilidad y el cambio climático a partir de observaciones, el desarrollo de métodos de análisis y el uso de modelos climáticos, así como en la cuantificación de sus impactos en múltiples sectores. Para ello, es necesario el estudio de diferentes componentes del sistema climático en un amplio rango de escalas espaciales y temporales. Por otra parte, la PTI+ Clima hace una clara apuesta por la ciencia abierta, la generación de bases de datos en abierto de variables, indicadores climáticos y herramientas (paquetes) de código abierto.

Estos productos y servicios se desarrollan a partir de fuentes heterogéneas de información (observaciones, reanálisis y modelos climáticos globales y regionales) que suponen grandes volúmenes de información, lo que requiere un tratamiento eficiente de la información (servicios orientados a datos y procesos), usando tecnología e infraestructuras apropiadas. Por otra parte, el desarrollo de servicios climáticos temáticos (sequías, calor extremo, precipitaciones y viento extremo, entre otros) y productos específicos orientados a sectores de impacto (industria eólica, agricultura, biodiversidad, etc.) requiere el co-desarrollo con grupos, instituciones y empresas involucradas en los respectivos sectores. La colaboración con otras PTIs del CSIC, centradas en temas sectoriales relevantes para el desarrollo de servicios (agricultura, biodiversidad, etc.) ofrece una oportunidad única. Por último, la PTI+ Clima da soporte y asesora a distintos organismos e instituciones, como el IPCC, FAO, ONU (UNCCD), Copernicus, lo que permite desarrollar su actividad alineada con los desafíos globales.

SESIÓN: ESTRECHO DE GIBRALTAR

EFFECTOS DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL EN EL TRANSPORTE DE HUMEDAD DESDE EL MAR MEDITERRÁNEO Y EL OCÉANO ATLÁNTICO NORTE: IMPLICACIONES EN LOS PATRONES DE PRECIPITACIÓN SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA

EFFECTS OF THE WESTERN MEDITERRANEAN OSCILLATION IN THE MOISTURE TRANSPORT FROM THE MEDITERRANEAN SEA AND THE NORTH ATLANTIC OCEAN: IMPLICATIONS ON PRECIPITATION PATTERNS OVER THE IBERIAN PENINSULA

Jakob Ernst ⁽¹⁾, Rogert Sorí ⁽¹⁾, Milica Stojanovic ⁽¹⁾, Marta Vázquez ⁽¹⁾,
Albenis Pérez-Alarcón ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Campus As Lagoas s/n, Ourense, Spain, jakob.ernst@alumnos.uvigo.es, rogert.sori@uvigo.es, mstojanovic@uvigo.es, martavazquez@uvigo.es, albenis.perez.alarcon@uvigo.es

SUMMARY

In this study, we characterize the moisture transport from the Mediterranean Sea (MS) and the North Atlantic Ocean (NATL) that contributes to the precipitation over Europe, and particularly the Iberian Peninsula, during WeMO positive (WeMO+) and negative (WeMO-) phases. The Lagrangian Particle Dispersion Model (FLEXPART) was employed to track forward in time the air masses residing over the oceanic basins and compute their contribution to precipitation over Europe. Our findings confirmed, in agreement with previous studies, that precipitation increases over the southern half of the Iberian Peninsula during WeMO-, and the opposite occurs during the positive phase. The Lagrangian experiment also indicated that the WeMO- increased the moisture contribution from the MS to precipitation over the southeast of Spain, and the western south coast of France, Corsica and Sardinia. In contrast, decreased towards the Balkans and Eastern Europe. Under positive WeMO the opposite pattern is observed.

La Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) ha sido descrita como un importante responsable de la variabilidad de la precipitación y las lluvias torrenciales sobre el sureste de la Península Ibérica (PI). En este estudio, el objetivo es caracterizar el transporte de humedad desde el Mar Mediterráneo (MS) y el Océano Atlántico Norte (NATL) que contribuye a la precipitación sobre Europa, y en particular sobre la Península Ibérica (PI), durante las fases positivas (WeMO+) y negativas (WeMO-) de la WeMO. Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron los conjuntos de datos de precipitación diaria y mensual EOBs y Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP) para 39 años desde 1980 hasta 2018. Además, las series WeMO están disponibles gratuitamente para su descarga en la web del Grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona. Para el análisis del transporte de humedad, se empleó el Modelo Lagrangiano de Dispersión de Partículas (FLEXPART). Su empleo permitió rastrear hacia adelante en el tiempo las masas de aire residiendo sobre el Mar Mediterráneo y el Atlántico Norte hasta 10 días, que se considera el tiempo medio de residencia del vapor de agua en la atmósfera y computar su contribución a la precipitación. En esta metodología, la atmósfera se divide en aproximadamente 2 millones de parcelas, y los cambios en la humedad específica de cada parcela a lo largo de su recorrido se calculan a partir del balance de evaporación menos precipitación, indicando los valores negativos una contribución a la precipitación. Este experimento se realizó por separado para la fuente NATL y MS, ambos considerados las fuentes de humedad más importantes para Europa y, en particular, para el PI. Nuestros resultados confirman, de acuerdo con estudios anteriores, que la precipitación aumenta sobre la mitad sur del PI durante la WeMO-, y lo contrario ocurre durante la fase positiva. El experimento lagrangiano también indicó que la WeMO- aumentó la contribución de humedad del MS a la precipitación sobre el sureste de España, y la costa sur occidental de Francia, Córcega y

Cerdeña. Por el contrario, disminuía hacia los Balcanes y Europa del Este. Bajo WeMO positiva se observa el patrón opuesto. En cuanto al transporte de humedad desde el NATL, durante WeMO-, se observa una anomalía positiva sobre el suroeste de España y el noroeste de Marruecos, mientras que se produce una anomalía negativa sobre Francia, Europa central, la península italiana, los Balcanes y Europa oriental. Una vez más, durante las fases WeMO+, se observan las características opuestas, lo que concuerda con la correlación de la WeMO con los datos de precipitación. El análisis estacional reveló que, tanto en la contribución del MS como del NATL, las anomalías en la contribución de humedad sobre Europa son más pronunciadas en otoño e invierno. Por último, se eligió la mitad meridional de la PI, caracterizada por la mayor influencia de la WeMO en la variabilidad de las precipitaciones, para evaluar el papel de este patrón en las precipitaciones extremas. Este estudio contribuye a la comprensión de los impactos de la WeMO sobre el transporte de humedad y los cambios en la precipitación sobre Europa y la PI, contribuyendo además a los análisis de predicción y, por tanto, la gestión de riesgos para las actividades socioeconómicas.

EL TRÁNSITO DE BERNARD DEL GOLFO DE CÁDIZ A LA PENÍNSULA IBÉRICA EL 22 DE OCTUBRE DE 2023

BERNARD'S TRANSIT FROM THE GULF OF CÁDIZ TO THE IBERIAN PENINSULA ON OCTOBER 22, 2023

Darío Cano⁽¹⁾, José María Sánchez-Laulhé⁽²⁾

⁽¹⁾ AEMET, Madrid, dcano@aemet.es

⁽²⁾ AME, josemaria.sanchezlaulhe@gmail.com

SUMMARY

Bernard was a deep extratropical cyclone that on October 22 affected the Iberian Peninsula, especially the southwest, where intense rainfall, and especially wind gusts, much higher than 100 km/h, caused countless incidents. Bernard was generated in the western North Atlantic and moved towards the east of the ocean with a behavior typical of the so-called diabatic Rossby waves. Western of the Azores Islands, the storm intensified and became thermally unstable, deepening its center at a rate of about 10 hPa/12 hours when it interacted with a high level shortwave trough. As a result, Bernard acquired characteristics of a tropical cyclone: a warm core, and strong low-level surface winds. As the storm moved westward over the Gulf of Cádiz, it intensified again due to the increase in convection in its center associated with the increase in vertical wind shear. Shortly before entering the Iberian Peninsula, the aggregation of cumulonimbus formed a Mesoscalar Convective System (MCS).

Bernard fue una profunda borrasca, nombrada por el IPMA--servicio meteorológico portugués-- que el 22 de octubre afectó a la península ibérica, en especial al sudoeste, donde las precipitaciones intensas, y en sobre todo las rachas de viento, muy superiores a los 100 km/h, provocaron innumerables incidentes en las provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla.

Bernard se formó el día 19 en el oeste del Atlántico Norte y se desplazó hacia el este del océano siguiendo la zona baroclina de latitudes medias (Figura 1), manteniéndose en la fase de onda abierta del ciclo de vida. Este comportamiento es propio de las denominadas ondas diabáticas de Rossby (DRW) caracterizadas por anomalías de vorticidad potencial positiva en la troposfera inferior en regiones húmedas y baroclínicas. Las DRW se regeneran continuamente por procesos diabáticos húmedos y con relativa frecuencia sufren ciclogénesis explosiva (Boettcher y Wernli, 2013). Al sobrepasar las islas Azores y hasta la longitud de Madeira la borrasca se intensificó (sufrió una ciclogénesis), profundizándose su centro a razón de unas 10 hPa/12 horas al interactuar la onda con una vaguada de onda corta de niveles altos de la troposfera, al tiempo que la presencia de aire frío en la vaguada inestabilizaba termodinámicamente la columna atmosférica.

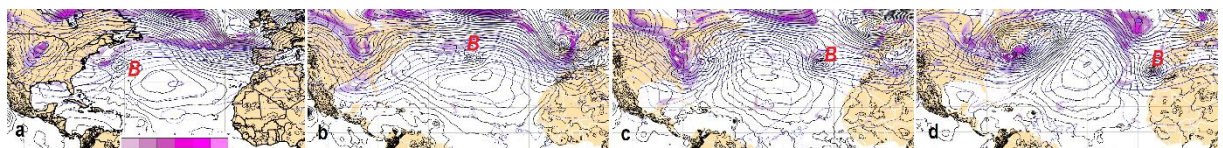


Figura 1 - Análisis de los campos de presión a nivel del mar (contornos negros), altura del geopotencial (contornos azules) y vorticidad potencial (áreas coloreadas, escala en uvp) en 300 hPa de las 00 UTC del 19 al 22 de octubre (de izquierda a derecha) del modelo IFS del ECMWF.

Tras la ciclogénesis Bernard tenía características propia de un ciclón tropical (CT): núcleo cálido, como muestra el campo de espesores 500/1000 (Figura 2); un fuerte gradiente de presión a nivel del mar; vientos fuertes en las proximidades de su centro en niveles bajos, y convección en las proximidades del centro (Figura 3) que estaría intensificando o manteniendo la circulación ciclónica por el proceso WISHE (*wind-induced surface heat Exchange*), que es el mecanismo principal de amplificación de los CT (Rotunno y Emanuel, 1987) y que habría provocado que Bernard sufriese una transformación tropical (TT).

El día 22 el centro de la baja se fue rellenado hasta que se situó al sur de Portugal y se vio casi rodeado por un área de fuerte cizalladura vertical de viento, principalmente en el sector nordeste de la borrasca (Figura 2 a-e). Entonces la borrasca se volvió a profundizar (y los espesores en su centro a crecer), probablemente a través de la intensificación de la convección por el aumento de la cizalladura del vertical del viento en un ambiente termodinámicamente inestable. Esto explica el aumento de agua precipitable en la columna en dicha zona (Figura

2 f-j). Podemos concluir que la borrasca se intensificó cuando se internó en la zona de intensos vientos de levante, vientos ligados a la orografía y provocados por la presencia de la borrasca.

En las imágenes “masa de aire” de 06, 12 y 15 UTC (Figura3) se observa la paulatina agregación de los cumulonimbos en un Sistema Convectivo Mesoscalar (SMC) también achacable a la fuerte cizalladura de viento.

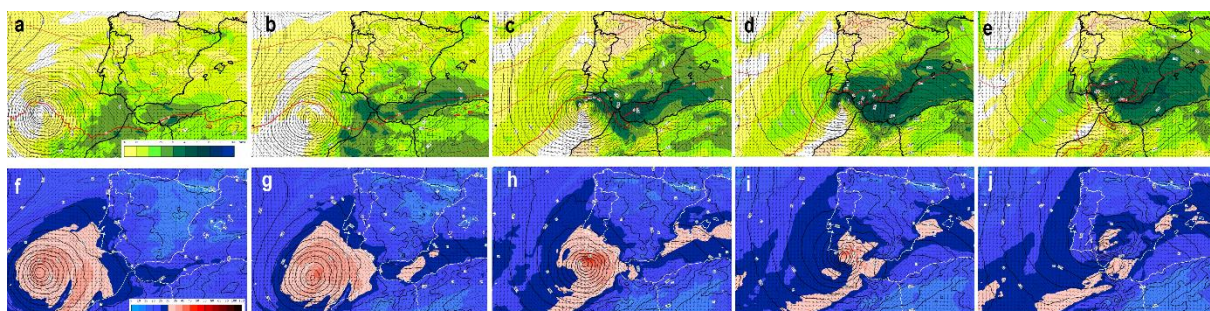


Figura 2 - Campos de viento a 100m, presión a nivel del mar (contornos negros), espesores 500/1000 hPa (contornos rojizos en a–e), cizalladura vertical del viento 100m– 500hPa (áreas coloreadas en a– b, escala en m/s), contenido de agua precipitable en la columna (colores en f–j, escala en mm) para: a y f, análisis de 00 UTC; b, g, previstos H+6 para las 6 UTC; c, h análisis de las 12 UTC; d, i, previstos H+3 para las 15 UTC; e, j, previstos H+6 para las 18 UTC, todos del 22 de octubre y modelo IFS del ECMWF.

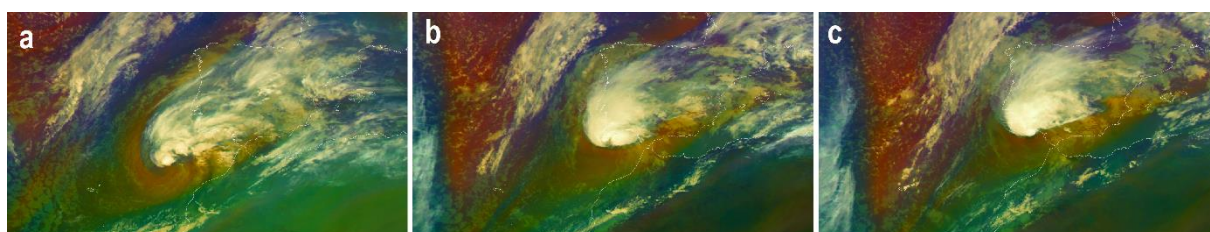


Figura 3 - Imagen producto “masas de aire” de Eumetsat del 22 de octubre a) 06 UTC; b) 12 UTC; c) 15 UTC

Cuando la borrasca entra en la Península el SCM pasa a una etapa madura: la precipitación pasa ser de estratiforme, generada por la circulación de vuelco vertical mesoscalar. La masa cálida en altura de la zona estratiforme del SCM (Figura 4) en su desplazamiento hacia el norte de la Península causa ascensos en capas, como una onda de gravedad que liberan calor latente que mantiene la zona estratiforme del SCM.

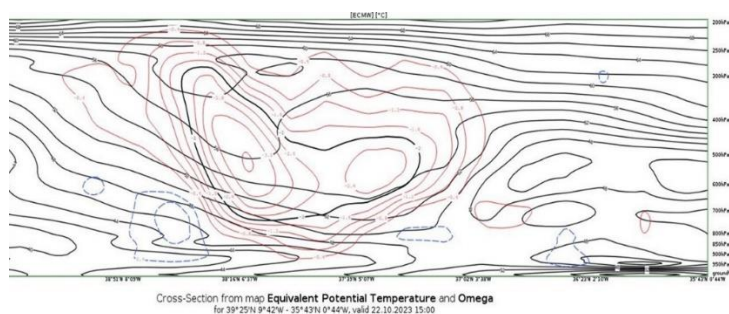


Figura 4 - Corte vertical de temperatura potencial equivalente (líneas negras) y de omega (ω) previstas para las 15 UTC (H+03) del 22 de octubre de 2023 por el modelo IFS del ECMWF. El corte va desde Lisboa a la izquierda hasta Argel a la derecha.

REFERENCIAS

- Boettcher, M., Wernli, H. (2013): A 10-yr Climatology of Diabatic Rossby Waves in the Northern Hemisphere. Mon. Wea. Rev., 141, 1139–1154, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-12-00012.1>.
- Rotunno, R., Emanuel, K. A. (1987): An Air–Sea Interaction Theory for Tropical Cyclones. Part II: Evolutionary Study Using a Nonhydrostatic Axisymmetric Numerical Model. J. Atmos. Sci., 44, 542–561, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1987\)044<0542:AAITFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1987)044<0542:AAITFT>2.0.CO;2).

OSCILACIONES DEL NIVEL DEL MAR FORZADAS POR PERTURBACIONES ATMOSFÉRICAS EN LA COSTA DE CÁDIZ

SEA LEVEL OSCILLATIONS FORCED BY ATMOSPHERIC DISTURBANCES ON THE COAST OF CADIZ

Manuel Patricio López⁽¹⁾, Alfredo Izquierdo⁽²⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, Base de Rota, Cádiz, España, , malopezc@aemet.es

⁽²⁾ Instituto de Investigaciones marinas (INMAR), Oceanografía Física: Dinámica, Universidad de Cádiz, Cádiz, España, alfredo.izquierdo@uca.es

SUMMARY

The scientific community has long referred to sea level oscillations caused by atmospheric phenomena as meteotsunamis. These disturbances have been extensively studied in different locations of the world, particularly in various places of the Mediterranean Sea, and can involve serious threats in certain coastal areas. In this paper we analyse two specific episodes at the coast of Cadiz with significant sea level perturbations caused by atmospheric sea level pressure (SLP) oscillations forced by gravity waves from the mid-troposphere. The analysis of the available information confirms that the oceanic responses were amplified by the effect of shoaling waters and resonance in the semi-enclosed water bodies where they occurred, whose characteristic periods depend on their morphometry. The study also considers the likely additional contribution of other long-period sea-wave amplification processes on the coast of Cadiz.

Los casos de ondas largas oceánicas que provocan alteraciones anómalas del nivel marino en la costa suelen adquirir notoriedad mediática en determinadas épocas, especialmente en verano, por los riesgos que en determinadas circunstancias suponen para los usuarios de las playas y los daños materiales que eventualmente ocasionan en las infraestructuras costeras, recintos portuarios y de fondeo.

Este estudio se ocupa de analizar dos casos concretos de oscilaciones anómalas del nivel del mar inducidos por forzamiento atmosférico, ampliamente conocidas como *meteotsunamis* (Monserrat et al., 2006). Estas oscilaciones perturbaron el nivel del mar de manera muy específica en algunas localizaciones concretas (estuarios, bahías y puerto deportivos), sin apenas afectación aparente en el resto de la línea costera de la provincia de Cádiz.

Estas fluctuaciones, de origen atmosférico experimentaron un posterior desarrollo, fundamentalmente determinado por fenómenos de resonancia geométrica vinculados a la profundidad y dimensión horizontal de los recintos semicerrados, aunque cabe suponer una participación de otros fenómenos de resonancia oceánica.

Las oscilaciones de nivel del mar estudiadas fueron forzadas por perturbaciones de la presión atmosférica excitadas por ondas gravitatorias procedentes de la troposfera media. El patrón atmosférico favorable, similar al descrito por varios autores (Ramis y Monserrat, 1991, Jansá, 2014) para el caso de *rissagas* en Menorca (Figura 1), presenta los siguientes ingredientes:

- Flujo subtropical del SW delante de una vaguada en 500 Hpa.
- Columnas convectivas inmersas en el flujo, con base en la troposfera media
- Inestabilidad de Kelvin-Helmholtz en la vertical, potencial generadora de ondas gravitatorias.
- Corrientes descendentes y virga procedentes de las bases de los altocúmulos convectivos.
- Inversión térmica en la troposfera interior; perturbada por las ondas gravitatorias, sus oscilaciones verticales se manifiestan como oscilaciones de alta frecuencia de la SLP.

En el primero de los casos, ocurrido hacia las 17:00 UTC del 13 de agosto de 2022, se apreciaron oscilaciones significativas del nivel del mar en el estuario del Guadalquivir y en playas del interior de la Bahía de Cádiz (Figura 2a), agravadas por su coincidencia con la pleamar astronómica más alta el año y con el mínimo de presión de la marea barométrica diurna.

El segundo caso se refiere a un seiche registrado durante la mañana del 6 de julio de 2019, forzado por una oscilación de SLP en condiciones de resonancia con el período propio de oscilación del puerto deportivo de Conil de la Frontera (Figura 2b), un caso similar al de las *rissagas* de Ciudadela.

El presente estudio analiza los registros disponibles de SLP y de nivel del mar para determinar las características de las perturbaciones atmosféricas y oceánicas, determinando sus períodos dominantes, lo que

permitirá estimar los efectos de amplificación por resonancia con el período resonante propio de los cuerpos de agua semicerrados donde ocurrieron las oscilaciones estudiadas.

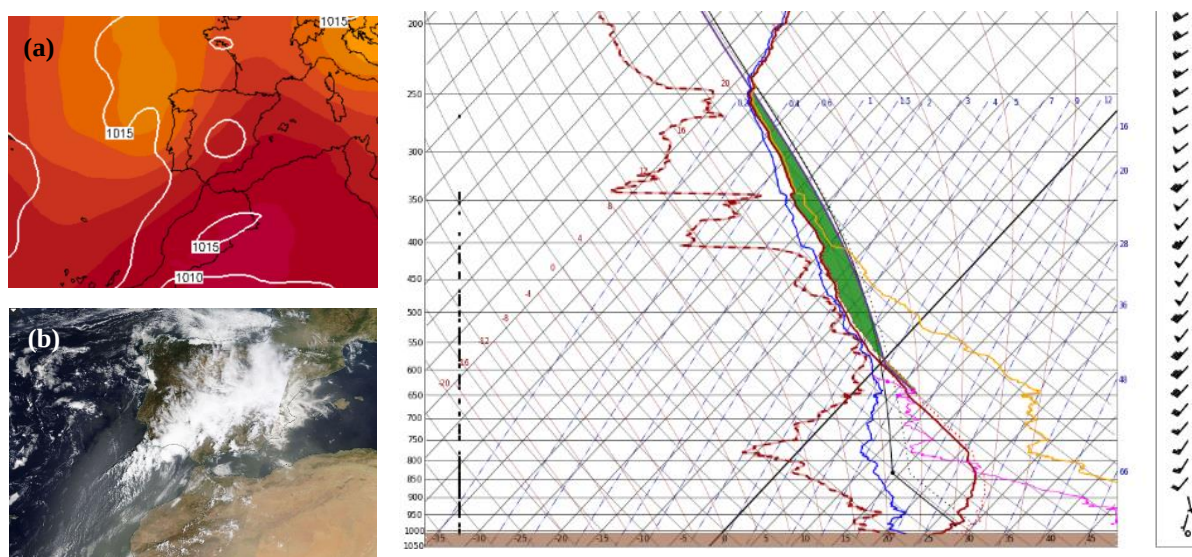


Figura 1 (a). Presión en superficie (MSLP) y topografía de 500 Hpa del 13 Ago 2022 a 12 :00 UTC. (b) Imágen MODIS la mañana del 13 Ago 2022, y (c) Radiosondeo de Huelva 13 Ago 2022 a 00:00 UTC. Fuentes : Wetterzentrale / MODIS / AEMET

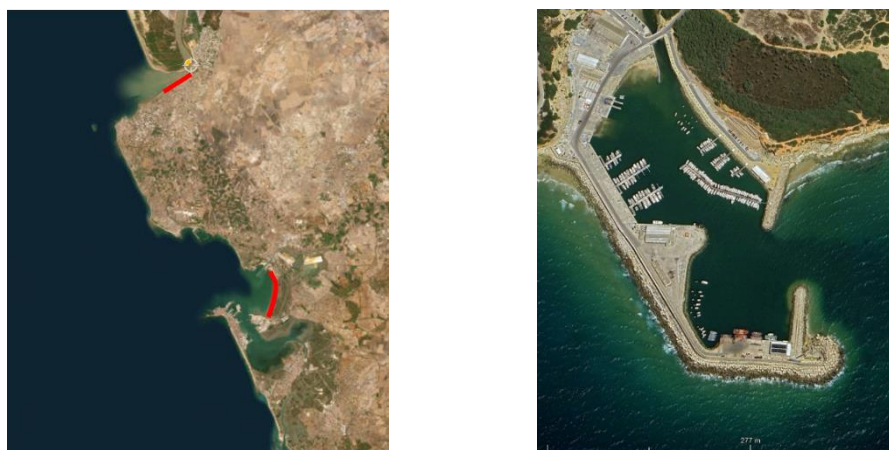


Figura 2 – (izda) Sobre impresas en rojo, porciones de costa con alteraciones del nivel del mar el 13 Ago 2022. (dcha) Puerto deportivo de Conil. Fuente : Google Earth

Aunque el principal mecanismo de aumento de amplitud va vinculado a un proceso de resonancia geométrica, se estima también la probable contribución de otros efectos amplificadores externos asociados a la propagación de las perturbaciones desde el SW, como los procesos resonantes descritos por Proudman (1929) y Greenspan (1956).

REFERENCIAS

- Greenspan, H. P. (1956): *The generation of edge waves by moving pressure disturbances*, J. Fluid Mech., 1, 574–592, 1956.
- Jansá, A. (2014): *Rissagues: El caso de 19 de agosto de 2014*. Revista Tiempo y Clima. Vol. 5 Núm 46. <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/947>
- Montserrat, S. et al. (2006): *Meteotsunamis: Atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 1035–1051. <https://digital.csic.es/handle/10261/98928>.
- Proudman, J. (1929): *The effects on the sea of changes in atmospheric pressure*, Geophys. Suppl. Mon. Notices R. Astr. Soc., 2(4): 197–209 p. <https://academic.oup.com/gsmnras/article/2/4/197/626576>
- Ramis, C., Montserrat, S. (1991): *Ondas gravitatorias troposféricas. Estudio de su estabilidad mediante modelos de capas*. Física de la Tierra, nº 3. Ed. Univ. Complutense. Madrid.
- https://www.researchgate.net/publication/39279017_Ondas_gravitatorias_troposfericas_Estudio_de_su_estabilidad_mediante_modelos_de_capas/link/0912f511b8431acab6000000/download

PRESIÓN Y VIENTO EN EL ÁREA DEL ESTRECHO EN VERANO Y MONZÓN DE LA INDIA Y ENSO

PRESSURE AND WIND IN THE STRAIT OF GIBRALTAR AREA IN SUMMER AND INDIAN MONSOON AND ENSO

José María Sánchez-Laulhé

Asociación Meteorológica Española, Málaga, josemaria.sanchezlaulhe@gmail.com

SUMMARY

The Indian monsoon is highly responsible for the very dry and hot summer climate in the Mediterranean area and the adjacent eastern Atlantic, and specifically for the vertical movements, mostly downward, and for the low-level pressure fields. Numerous studies have documented the covariability of the Indian monsoon and ENSO, which manifests itself in the Indian monsoon generally being weaker during summer El Niño events. This variability of the monsoon is manifested in the atmospheric circulation over the Mediterranean and the eastern Atlantic. This communication shows on summer there exists a high sea level pressure-ENSO correlation over the Atlantic area next to the Strait of Gibraltar. what implicates that summers with a La Niña event are conducive to predominantly easterly winds in the Strait of Gibraltar region.

El monzón de la India es altamente responsable del clima en verano, muy seco y cálido, en el área del Mediterráneo y del Atlántico oriental contiguo, y concretamente de los movimientos verticales, mayoritariamente descendentes, y de los campos presión en los niveles bajos (Figura 1).

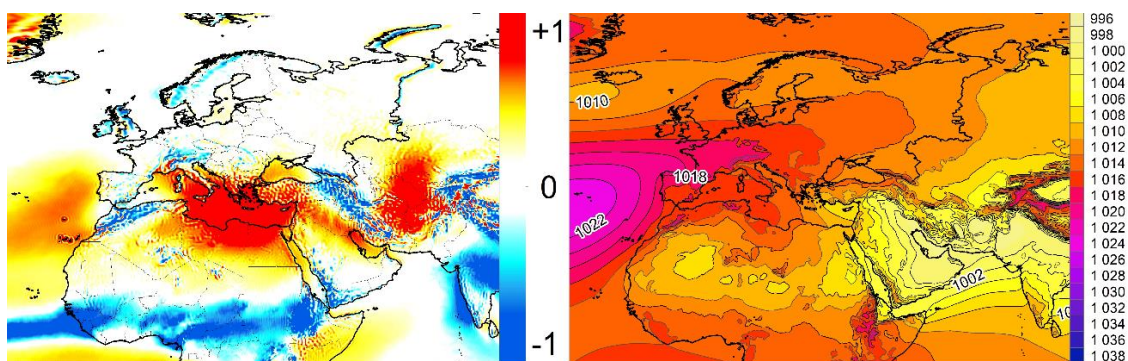


Figura 5 - Mapas climatológicos de verano (junio-agosto) de: velocidad vertical omega (en Pa/s) en 500 hPa; valores positivos descendencias (izquierda); presión a nivel del mar en hPa (derecha). Fuente ERA5

La influencia de monzón asiático sobre la circulación y la subsidencia resultante al oeste de la región monzónica fue denominada en Rodwell & Hoskins (1996) como mecanismo “monzón-desierto”. El monzón produce una anomalía cálida en todos los niveles de la troposfera en una zona que se extiende desde la región monzónica hacia el oeste a través del Oriente Próximo, afectando al norte de África y al Mediterráneo, que se refleja en las bajas presiones en superficie (Figura 1). El flujo de oeste de las latitudes medias en niveles altos de la troposfera interacciona con esta anomalía cálida dirigiéndose hacia el ecuador y descendiendo hasta los niveles bajos en el norte de África. El descenso lleva el aire seco propio de los niveles altos de la troposfera hasta la superficie en el norte de África, disminuyendo su humedad relativa y formando la masa de aire seca y muy cálida de los desiertos subtropicales.

Numerosos estudios han documentado la covariabilidad del monzón de la India y el ENSO, que se manifiesta en que generalmente el monzón de la India es más débil durante eventos El Niño en verano. Esta variabilidad del monzón se manifiesta en la circulación atmosférica sobre el Mediterráneo y el Atlántico oriental: la Figura 2 muestra correlación presión a nivel del mar-ENSO para los meses de julio-agosto, que es especialmente alta en el Mediterráneo oriental y en la zona atlántica próxima al estrecho de Gibraltar. Lo que indica que los veranos con evento La Niña son propicios al viento de levante en la región del estrecho de Gibraltar.

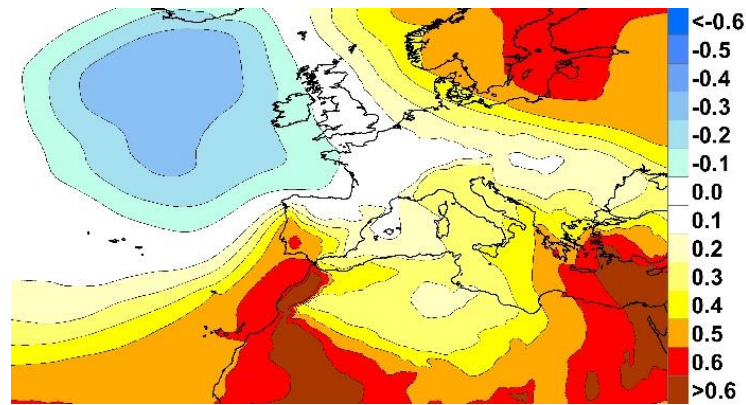


Figura 6 - Correlación presión a nivel del mar-ENSO para los meses de julio-agosto.

Fuente: Sánchez-Laulhé y Núñez, 2023

REFERENCIAS

- Rodwell, M. J., Hoskins, B. J. (1996): *Monsoons and the dynamics of deserts*. Q. J. R. Meteorol. Soc., 122: 1385–1404.
- Sánchez-Laulhé J. M., Núñez-Mora, J. A. (2023): *El clima en el entorno del estrecho de Gibraltar: incidencia de los mecanismos de gran escala del sistema climático*. In: El estrecho de Gibraltar: llave natural entre dos mares y dos continentes. Juan Pérez-Rubín y Teodoro Ramírez (Eds.) Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat. Memorias 2ª ép. XVII: 15-32

VIENTOS DE LEVANTE Y PONIENTE EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR A TRAVÉS DEL REANÁLISIS DE ALTA RESOLUCIÓN COSMO-REA6

LEVANTE AND PONIENTE WINDS IN THE STRAIT OF GIBRALTAR THROUGH COSMO-REA6 HIGH-RESOLUTION REANALYSIS

María Ortega⁽¹⁾, Claudia Gutiérrez⁽²⁾, Noelia López-Franca⁽¹⁾, María Ofelia Molina⁽³⁾, Enrique Sánchez⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Instituto de Ciencias Ambientales (ICAM), Universidad de Castilla-La Mancha, Avenida Carlos III s/n, Toledo, España, maria.ortega@uclm.es

⁽²⁾ Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España, claudia.gutierrez@uah.es

⁽³⁾ Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal, mosanchez@ciencias.ulisboa.pt

⁽⁴⁾ Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica, Universidad de Castilla-La Mancha, Avenida Carlos III s/n, Toledo, España, e.sanchez@uclm.es

SUMMARY

Regional winds are small-scale processes, both spatial (hundreds of kilometers or less) and temporal (seconds to days). Among them, Levante and Poniente acquire great importance in the Strait of Gibraltar because of its orographic and synoptical properties. Due to the scarcity of meteorological observations, a high-resolution reanalysis, such as COSMO-REA6 (6 kilometers), could strongly help study these processes. A definition of Levante and Poniente has been developed through wind direction and speed criteria. Statistical results from COSMO-REA6 have been compared with observations from the HadISD database (Met Office) in the period (2000-2018). These winds appear in the Strait of Gibraltar about 30% of the days, although not at the same time, with extensions around 21,600 square kilometers that vary by 16,200 square kilometers throughout the year. They also have annual cycles with maximums in winter and minimums in summer.

Los vientos regionales son procesos de pequeña escala tanto espacial (cientos de kilómetros o menor extensión) como temporal (de segundos a días). Estos flujos pueden producirse de muy diversas maneras, siendo uno de sus orígenes la interacción del aire con características del terreno en la escala sinóptica. El levante y el poniente adquieren gran importancia en el estrecho de Gibraltar debido a las propiedades orográficas del mismo (Tout y Kemp, 1985). Cuando un flujo de aire cruza un estrecho, el viento aumenta en velocidad debido a la conservación de la masa y adquiere la dirección concreta en la que la canalización lo dirige. El levante se origina por las diferencias de presión entre el Atlántico y el Mediterráneo, lo que produce un flujo de viento del este que se canaliza en el estrecho hasta alcanzar gran intensidad; el poniente, con dirección oeste, se genera por el proceso opuesto. El viento de levante, caracterizado por ser frío y húmedo en la costa este del estrecho pero cálido y seco en la oeste, aparece alrededor de 165 días al año según la limitada literatura disponible. El poniente (lluvioso en la costa oeste pero seco y cálido en la este) tiene una incidencia mucho menor, de alrededor de 60 días (García de Pedraza, 1990). A la hora de estudiar este tipo de flujos se encuentra el hándicap de la escasez de observaciones meteorológicas de viento. Para intentar obtener una descripción más detallada y completa, es necesario complementar un análisis observacional con productos de reanálisis y modelos climáticos. Sin embargo, la escala a la que se producen el levante y el poniente conlleva que los reanálisis de mayor resolución (de 10 a 30 kilómetros) los capturen con dificultad.

El objetivo de este trabajo es la caracterización del levante y el poniente en el estrecho de Gibraltar a través de un reanálisis de alta resolución espacial (6 kilómetros) y temporal (datos horarios): COSMO-REA6 (Bollmeyer et al., 2015). Para validar los datos de reanálisis se han utilizado datos observacionales de la base de datos HadISD del Servicio Meteorológico Nacional de Reino Unido (Met Office). Este estudio se ha realizado para el mejor periodo disponible de COSMO-REA6 (2000-2018) en aquellas estaciones de HadISD que tuvieran más del 75% de los datos, así como sus correspondientes celdillas de reanálisis: Gibraltar, Tánger y Tetuán. En primer lugar se llevó a cabo la elaboración de una definición numérica de estos vientos regionales, ya que no se encontraron

umbrales ni criterios en la literatura existente. Se tomaron como ejemplo definiciones parecidas en la literatura para otros vientos regionales europeos, como el mistral o la tramontana (Obermann et al., 2018). Una vez obtenidos los días de levante y poniente, se realizaron diferentes cálculos estadísticos (principales características, ciclos anuales o extensión). Los patrones atmosféricos (“weather regimes”) son patrones de larga escala que pueden utilizarse para definir la variabilidad atmosférica. En este trabajo, los patrones atmosféricos se han estudiado a través de los campos de presión superficial del reanálisis, con el objetivo de obtener conclusiones acerca del origen de estos flujos.

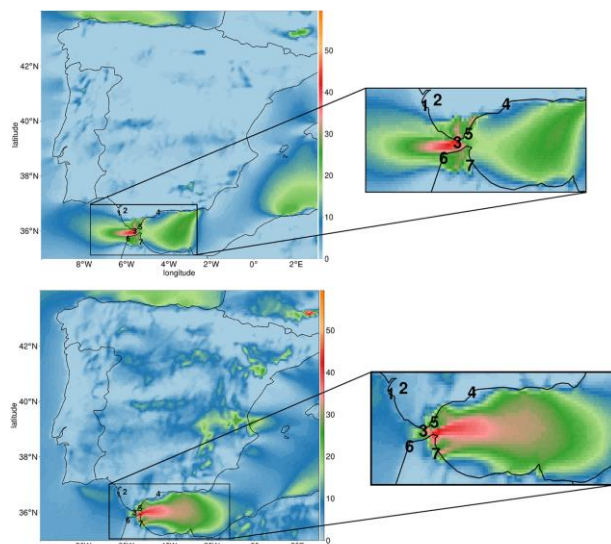


Figura 1- Porcentaje de días de levante (arriba) y poniente (abajo) al año en la península ibérica promediados en 2000-2018 según el reanálisis COSMO-REA6. Se añade una ampliación al estrecho de Gibraltar. Los números marcan las estaciones meteorológicas de HadISD utilizadas: (1) la estación naval de Rota, (2) Jerez de la Frontera, (3) Tarifa, (4) Málaga, (5) Gibraltar, (6) Tánger y (7) Tetuán.

Las observaciones estadísticas principales indican que el levante y el poniente aparecen alrededor del 30% de los días del año (Figura 1), aunque no al mismo tiempo. También se percibe la alta variabilidad del campo de viento en sus ciclos anuales y en sus coeficientes anuales de variación. COSMO-REA6 es capaz de reproducir estas características, especialmente en los valores medios, cambios anuales e interanuales, frecuencia, dirección y distribuciones, aunque encuentra algunas limitaciones. Levante y poniente se extienden en un amplio territorio, con áreas superiores a 21 600 kilómetros cuadrados, pero estas extensiones presentan grandes variaciones entre verano e invierno de hasta 16 200 kilómetros cuadrados. En cuanto a los patrones atmosféricos que los generan, se distinguen cinco principales; levante, en concreto, aparece predominantemente bajo situaciones de dorsal atlántica (EA) y sobre todo patrón de bloqueo (EB). Este tipo de análisis puede ser extendido a otros fenómenos similares, como las brisas o las bajas térmicas. Este trabajo ha sido publicado en Ortega et al. (2023).

REFERENCIAS

- Bollmeyer, C. et al. (2015): *Towards a high-resolution regional reanalysis for the European CORDEX domain*. Q. J. R. Meteorol. Soc., 141, 1–15. [doi:10.1002/qj.2486](https://doi.org/10.1002/qj.2486)
- García de Pedraza, L. (1990): *Características de los vientos en la zona del Estrecho de Gibraltar*. Calendario meteorológico. 1991. Madrid, España: Instituto Nacional de Meteorología, pp. 188–201. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/855>.
- Obermann, A. et al. (2018): *Mistral and Tramontane wind speed and wind direction patterns in regional climate simulations*. Clim. Dyn., 51, 1059–1076. [doi:10.1007/s00382-016-3053-3](https://doi.org/10.1007/s00382-016-3053-3)
- Ortega, M. et al. (2023): *Regional winds over the Iberian Peninsula (Cierzo, Levante and Poniente) from high-resolution COSMO-REA6 reanalysis*. Int. J. Climatol., 43(2), 1016–1033. [doi:10.1002/joc.7860](https://doi.org/10.1002/joc.7860).
- Tout, D. G., Kemp, V. (1985): *The named winds of Spain*. Weather, 40, 322–329. [doi:10.1002/j.1477-8696.1985.tb03721.x](https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1985.tb03721.x).

VIENTO DE PONIENTE Y LEVANTE: IMPLICACIONES EN LA CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR Y EL MAR DE ALBORÁN OCCIDENTAL

PONIENTE AND LEVANTE WIND: IMPLICATIONS ON THE SURFACE CIRCULATION OF THE STRAIT OF GIBRALTAR AND THE WESTERN ALBORAN SEA

Marina Bolado-Penagos⁽¹⁾, Sara Sirviente⁽¹⁾, Águeda Vázquez⁽¹⁾, Miguel Bruno⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física Aplicada, Instituto Universitario de Investigación Marina (INMAR), Universidad de Cádiz, Puerto Real, España, marina.bolado@uca.es

SUMMARY

The Strait of Gibraltar serves as the sole connection between the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea, where lighter Atlantic water (AW) flows eastward over denser Mediterranean water (MW), forming the Atlantic Jet (AJ) in the Alboran Sea. However, atmospheric forcing, especially local winds and remote atmospheric pressure, can disrupt this connection. Westerly winds (Poniente) facilitate nutrient transport and phytoplankton growth in the northwest Alboran Sea, while easterly winds (Levante) shift the AJ southward, altering surface circulation and pushing the Estepona upwelling away from the coast. Levante events generate a cyclonic gyre and coastal counter-current, reducing AW intensity and altering AJ dynamics. Additionally, recent studies have shown that intense CCCs can extend into the Gulf of Cadiz. Poniente and Levante winds play a crucial role in surface circulation and nutrient distribution in the Strait of Gibraltar and the western Alboran Sea.

El estrecho de Gibraltar es la única conexión entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. El agua de naturaleza atlántica, más ligera en términos de salinidad (*Atlantic Water*, AW), fluye hacia el este, adentrándose en el Mediterráneo, sobre la masa de agua de naturaleza mediterránea, más salada y, por ende, más densa (*Mediterranean Water*, MW). El AW entra en el mar de Alborán formando lo que en la literatura se conoce como “Chorro Atlántico” (*Atlantic Jet*, AJ), que impulsa la circulación superficial en todo el mar de Alborán (estructuras anticiclónicas y ciclónicas). Sin embargo, la conexión entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo puede interrumpirse debido al forzamiento atmosférico (acción de vientos locales y de la presión atmosférica en localizaciones remotas) (Bolado-Penagos et al., 2021). Este forzamiento, junto con la contribución de otros efectos, como el propio de las mareas, es, además, de gran importancia en términos de distribución de nutrientes en la zona. Mientras que el viento del oeste (el llamado Poniente) favorece el transporte entre el golfo de Cádiz y el mar Mediterráneo, así como el crecimiento del fitoplancton alrededor del noroeste del mar de Alborán, activando lo que se conoce como afloramiento de Estepona (Sarhan et al., 2000), el viento del este (conocido como Levante) desplaza el AJ hacia el sur, lo que supone una migración del mencionado afloramiento alejándose de la costa. Los eventos de viento de Levante intenso y persistente, no solo se han reconocido como un factor crucial en la interrupción del transporte a lo largo de la costa sur de la península Ibérica, sino también como un elemento fundamental en la regulación de la dinámica en el borde oriental del Estrecho y la sección occidental del mar de Alborán (Macías et al., 2016; Bolado-Penagos et al., 2021).

La respuesta de la circulación superficial al viento en el entorno del cabo de Trafalgar, zona caracterizada por la presencia de alta concentración de clorofila (Sala et al., 2018), se ha analizado a partir de las trayectorias realizadas por distintas boyas superficiales de deriva y partículas lagrangianas virtuales. En el caso de los experimentos realizados bajo condiciones de viento de Poniente, tanto las trayectorias de las boyas como de las partículas virtuales siguieron dos patrones de circulación, pero en ambos casos dirigidos hacia el este. Mientras que un grupo de partículas tras su lanzamiento se desplazó hacia el sur del área del cabo de Trafalgar, y posteriormente se adentraron en el centro del estrecho de Gibraltar hasta alcanzar el mar de Alborán, otro grupo, aunque tras varias horas más de simulación, alcanzó el mar de Alborán pero viajando por el borde costero. Con respecto a los experimentos realizados bajo condiciones de viento de Levante, tanto las partículas virtuales como las boyas de deriva fueron desplazadas hacia el oeste (Figura 1), llegando incluso a desplazarse por la plataforma hasta casi alcanzar Cádiz. Tanto las boyas como las partículas virtuales permanecieron retenidas en esta área hasta que cesaron los intensos vientos de Levante, lo que les facilitó el camino hacia el mar de Alborán.

Bolado-Penagos et al. (2021) observaron principalmente dos efectos debidos al efecto del forzamiento atmosférico asociado a los eventos de Levante en la dinámica del AW en su entrada al mar de Alborán (Figura 1): (i) la respuesta al forzamiento del viento local en la boca oriental del estrecho de Gibraltar con la formación de un giro ciclónico superficial, y (ii) el desarrollo de una contracorriente costera (CCC) a lo largo de la costa malagueña dirigida hacia el oeste, debida a la acumulación provocada por el Levante contra la costa adyacente al Estrecho del noroeste del Mar de Alborán. La presencia del giro ciclónico a la salida del Estrecho provoca la reducción en la intensidad del AW, y por ende del AJ, que, al interaccionar con la CCC, se produce un viraje hacia el sur de este AJ alterando el esquema de circulación superficial del mar de Alborán occidental. Además, recientemente, Sirviente et al. (2023) han observado que eventos de CCC intensa en la costa noroccidental del mar de Alborán pueden extenderse hacia el golfo de Cádiz.

Por lo tanto, el efecto del viento de Poniente y de Levante es fundamental para describir la circulación superficial del área del estrecho de Gibraltar y mar de Alborán occidental, ya que estos son responsables de la distribución y localización de propiedades como los nutrientes o la clorofila.

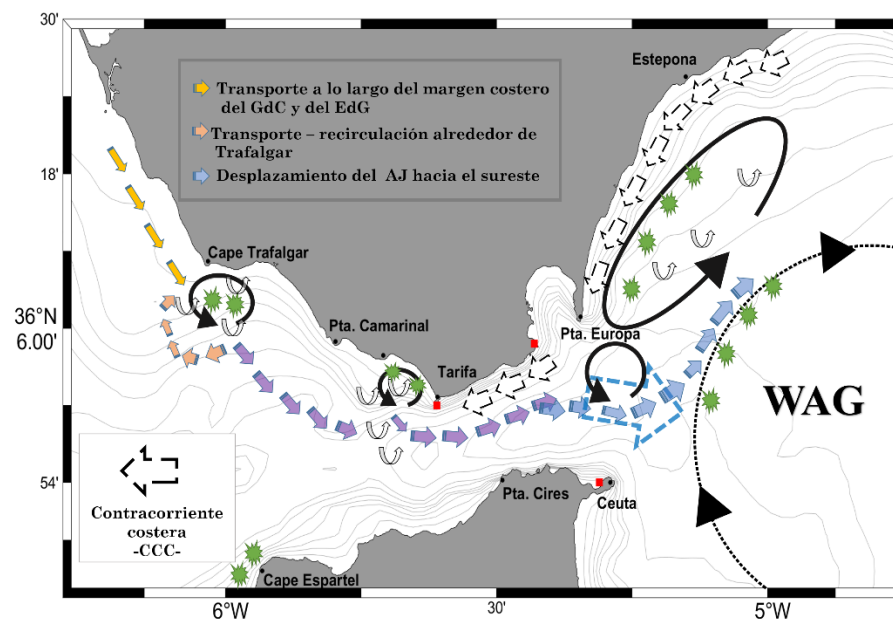


Figura 7 - Esquema de la circulación superficial del área del estrecho de Gibraltar bajo condiciones de viento de Levante. GdC: golfo de Cádiz, EdG: estrecho de Gibraltar, AJ: Atlantic Jet.

REFERENCIAS

- Bolado-Penagos, M. et al. (2021): *Revising the effects of local and remote atmospheric forcing on the Atlantic Jet and Western Alboran Gyre dynamics*. J. Geophys. Res.,(Oceans), 126, e2020JC016173, doi: 10.1029/2020JC016173.
- Macías, D. et al. (2016): *The seasonal cycle of the Atlantic Jet dynamics in the Alboran Sea: direct atmospheric forcing versus Mediterranean thermohaline circulation*. Ocean Dyn., 66, 137–151, doi: 10.1007/s10236-015-0914-y.
- Sala, I. et al. (2018): *High productivity area assessment based on ocean color image: the case study of Cape Trafalgar*. Remote Sensing, 10(2), 165, doi: 10.3390/rs10020165.
- Sarhan, T. et al. (2000): *Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea*. J. Mar. Syst., 23, 317-331, doi: 10.1016/S0924-7963(99)00068-8.
- Sirviente, S. et al. (2023): *Dynamics of Atmospheric-Driven Surface Currents on The Gulf of Cadiz Continental Shelf and its link with The Strait of Gibraltar and The Western Alboran Sea*. Prog. Oceanogr., 219, 103175, doi: 10.1016/j.pocean.2023.103175

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos MEGAN (CTM2013-49048-C2-2-R), OCASO (POCTEP, 2014-2020, 0223_OCASO_5_E) y ASTRAL (CEI-JD-23-08).

EL TERRAL DE MÁLAGA, MITOS Y REALIDADES

THE TERRAL OF MÁLAGA, MYTHS AND REALITIES

José Luis Escudero Gallegos⁽¹⁾, José Miguel Viñas Rubio⁽²⁾

⁽¹⁾ Blog Tormentas y Rayos (<https://blogs.diariosur.es/tormentas-y-rayos>),
jlegmeteosat@hotmail.com

⁽²⁾ Meteored, josemiguel.vinas@meteored.com

SUMMARY

Generically, any coastal wind that blows from land to sea is called “terral”. In a narrow coastal strip centered on the city of Malaga, the mentioned wind acquires unique characteristics, causing sudden increases in temperature and other effects, both in the air and on the sea surface. Several myths have emerged around terral, based on false popular beliefs, such as that it is a wind that comes from Africa. A distinction can be made between a warm summer terral and a “cold” winter one, which also breaks out in autumn and spring. Based on several case studies, this work characterizes the local wind in detail, describing its main singularities. It also presents some temperature records achieved in Malaga under terral situations. In recent years, it has been observed how the autumn and winter terral is not as cold and more “taro” (maritime fog) forms, which invites us to think about a possible relationship with climate change.

Genéricamente, se denomina “terral” a cualquier viento costero que sopla de tierra a mar. Es el término marineru usado para nombrar a la brisa nocturna, que, al igual que la diurna (marina), alcanza su mayor intensidad en verano. Aparte del citado viento local, tenemos los terrales asociados a determinadas situaciones meteorológicas. El terral malagueño forma parte de esta segunda categoría. En una estrecha franja costera centrada en la ciudad de Málaga, el citado viento adquiere unas características singulares, provocando bruscos ascensos de temperatura y otros efectos, tanto en el aire como en la superficie del mar.

En torno al terral han surgido varios mitos, basados en falsas creencias populares, como que es un viento que procede de África, o que dura tres días. Aunque el terral suele ser noticia en verano, cuando las temperaturas se disparan a valores del orden de los 40 °C, también entra en escena el resto del año. Se puede distinguir entre un terral cálido de verano y uno “frío” (fresco o templado) de invierno, que irrumpe también en otoño y primavera. Los episodios que se producen fuera de la estación estival pueden ser igualmente destacados.

A partir de varios casos de estudio, en este trabajo se caracteriza en detalle el terral de Málaga, describiendo sus principales singularidades. Tanto la temperatura como otras variables meteorológicas como la humedad llegan a presentar grandes diferencias (de más de 10 °C en el caso de la temperatura) en pocos kilómetros de distancia, tal y como certifican los registros de las estaciones meteorológicas que hay diseminadas en el área afectada por el terral.



Figura 1 - Registro de viento medio y rachas (expresados ambos en km/h) de la EMA de AEMET en el Puerto de Málaga, en el que se puede ver el pico en las rachas de viento que generó una minigalerna que se produjo entre las 20 y las 21 h del 26 de julio de 2021, coincidiendo con un episodio de terral.

La relación entre el terral y la minigalerna que se forma en ocasiones frente a las costas malagueñas es otro de los asuntos que se abordan en este trabajo, así como el enfriamiento que induce en las aguas marinas superficiales –al favorecer la surgencia de aguas frías más profundas– lo que en algunos casos viene acompañado de la formación del taró (niebla marítima de advección). Los cambios que tienen lugar en los cielos de Málaga, despejándose y/o formándose llamativas nubes lenticulares es un indicador visual del terral. El autor principal de esta comunicación (José Luis Escudero) lo ha documentado en una extensa colección de fotografías tomadas a lo largo de muchos años de observación.

En el trabajo también se exponen algunos récords de temperatura alcanzados en Málaga bajo situaciones de terral. Los dos últimos años –2022 y 2023– han sido los más calurosos en Málaga capital desde que hay registros alcanzándose en ambos una temperatura media anual de 20,2 °C. El terral fue el artífice de que el 19 de julio de 2023 se alcanzaran 44,2 °C en la estación del Centro Meteorológico de Málaga, igualándose la máxima absoluta de la serie histórica, y también que se rozaran los 30 °C (29,9 °C) el 12 de diciembre de 2023, lo que supone la temperatura más alta registrada hasta la fecha en diciembre en la capital malagueña y la península. Destacar también la temperatura mínima que se registró el 20 de julio de 2023 con 31.6 grados. En los últimos años, se viene observando cómo el terral de otoño e invierno no es tan frío y se forma más taró en esas fechas, lo que invita a pensar en una posible relación con el cambio climático y el imparable ascenso de las temperaturas.

SESIÓN: ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

EL TORNADO DE FUENTES DE VALDEPERO (PALENCIA)

THE “FUENTES DE VALDEPERO (PALENCIA)” TORNADO

Manuel Antonio Mora García

Agencia Estatal de Meteorología, Delegación Territorial de AEMET en Castilla y León,
C/ Orión 1, Valladolid, España, mmoray@aemet.es

SUMMARY

On July 12, 1935, a violent tornado (EF-2 on the enhanced Fujita scale) devastated the small village of Fuentes de Valdepero (Palencia, Spain). It is the tornado with the greatest media impact of the first half of the past century in Spain. The complete information that appeared in the national and international press, the meteorological observation data and the reanalysis of numerical models allow for a mesoscale and microscale study of this event. The tornado was associated to a supercell that affected the surrounded area, in an environment of great instability and windshear, favorable conditions for the development of severe convective weather. The witness account confirms the presence of the tornado and a supercell, but also adds an aura of mystery by describing the presence of a “wave of fire.”

El 12 de julio de 1935, un violento tornado (EF-2 en la escala mejorada de Fujita) asoló la localidad de Fuentes de Valdepero (Palencia), resultando una persona fallecida, varias heridas, y numerosas viviendas destruidas. Se trata de uno de los tornados con mayor repercusión mediática de la primera mitad del pasado siglo.

La prensa nacional e internacional, se hizo eco del suceso tras la inmediata visita del Gobernador de la provincia a esta localidad, próxima a la capital palentina, acompañado por reporteros, fotógrafos y los servicios de emergencia (Figura 1).



Figura 1 - Titulares aparecidos en la prensa nacional sobre el tornado de Fuentes de Valdepero. Julio 1935. Fuente: Biblioteca Virtual de Prensa Histórica.

Fuentes de Valdepero es una pequeña e histórica villa de la comarca de Tierra de Campos que contaba en aquella época con unos 800 habitantes y 200 viviendas. Afortunadamente la población pudo guarecerse en bodegas subterráneas reduciendo el balance final de víctimas, aunque 20 viviendas resultaron totalmente destruidas y el resto con daños de distinta consideración. El pormenorizado relato aparecido en prensa ha permitido evaluar los daños, identificar los lugares de impacto y reconstruir la trayectoria del tornado (figura 2). También, a través de los datos de observación y la información recogida por la prensa, se ha podido establecer el recorrido de la supercélula que originó el tornado.

Con la información disponible del Servicio Meteorológico Español y los reanálisis del proyecto “20th Century Reanalysis v.3” de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), ha sido posible analizar con detalle la situación meteorológica que dio lugar a este singular episodio, ocurrido en un entorno de convección severa organizada que dio lugar a fuertes tormentas en la mitad norte peninsular.



Figura 2- Imagen Google Satellite con los lugares de impacto identificados y la posible senda del tornado.

Se puede concluir que el día 12 de julio de 1935 se daban todos los ingredientes dinámicos, térmicos y de humedad favorables para la convección profunda y organizada en amplias zonas del centro peninsular (figura 3):

- Inestabilidad térmica por dorsal térmica en niveles bajos y aire frío en niveles medios.
- Forzamiento dinámico por vaguada móvil en niveles medios-altos.
- Condiciones favorables para la organización por notable cizalladura.
- Convergencia de viento en superficie y frontera de humedad.

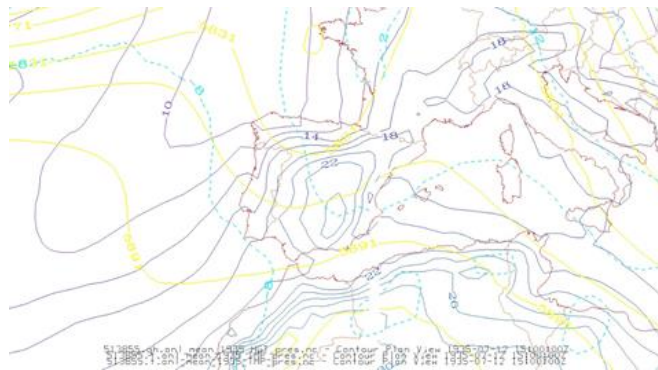


Figura 3 – Altura de geopotencial (m) en 500 hPa -líneas amarillas- ; isotermas (°C) en 850 hPa - líneas grises continuas- y en 500 hPa –líneas azules discontinuas- a las 15 UTC del 12 de julio 1935. (NOAA 20th Century Reanalysis V3)

El análisis mesoscalar permite identificar una estructura supercelular (formada por una o varias supercélulas), con trayectoria noroeste-sureste y con una duración de al menos dos horas y media, que produjo granizo de grandes dimensiones en un área extensa de la provincia de Palencia. Además de las condiciones sinópticas favorables, la línea de convergencia y la frontera de humedad que ubican los reanálisis en la zona de interés, junto a las características topográficas, que seguramente influyeron en los flujos relativos a la tormenta, contribuyeron a la formación de un tornado supercelular. El estudio a microescala y el análisis de campo también corroboran la trayectoria aparentemente anómala de la supercélula.

El relato de los testigos confirma la presencia del tornado y una supercélula, pero además añade un halo de misterio al describir la presencia de una “ola de fuego”.

REFERENCIAS

- Barreda Marcos, P .M (2006): *El Huracán de 1935*. Revista Horizontes. Vol. 12. <http://www.castillovaldepero.com/wp-content/uploads/2015/12/Horizontes-2006.pdf>
- Biblioteca Virtual de Prensa Histórica. <https://prensahistorica.mcu.es/es/inicio/inicio.do>
- Instituto Central Meteorológico (1893): *Boletín meteorológico diario (1893-2007)*. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/6290>
- Quirantes J. A. et al. (2014): *Características básicas de las supercélulas en España*. Ed. AEMET. <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/709>

EL VALOR AÑADIDO DE LA ENERGÍA EÓLICA MÁRINA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: VARIABILIDAD TEMPORAL Y COMPLEMENTARIEDAD ESPACIAL

THE ADDED VALUE OF OFFSHORE WIND ENERGY IN THE IBERIAN PENINSULA: TEMPORAL VARIABILITY AND SPATIAL COMPLEMENTARY

Noelia López-Franca⁽¹⁾, Miguel Ángel Gaertner⁽²⁾, Claudia Gutiérrez⁽³⁾, Clemente Gallardo⁽²⁾, Enrique Sánchez⁽²⁾, María Ofelia Molina⁽⁴⁾, María Ortega⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla la Mancha (UCLM), Toledo, España, noelia.lopezfranca@uclm.es

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica (UCLM), Toledo, España

⁽³⁾ Departamento de Física y Matemáticas. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España

⁽⁴⁾ Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

SUMMARY

This communication explores the potential of offshore wind energy in the Iberian Peninsula. The temporal variability and spatial complementarity of potential sites for offshore wind farms is analysed using high-resolution reanalysis data (COSMO-REA6). It is found that northern coastal areas have high capacity factors and high seasonality, while western and southern coastal areas have lower capacity factors but limited seasonality. The pairwise correlation between potential areas is remarkable, with several negative correlation values within a synoptic-scale region, in contrast to other mid-latitude regions such as the North Sea or the US East Coast. An optimal combination of areas, including at least one area on each of the four main Iberian coasts, could reduce the hourly variability by about 40% and seasonality of the offshore contribution. Thus, offshore wind energy can offer added value to the Iberian electricity system beyond the high amount of resource, reducing the need for storage or back-up plants.

La energía eólica marina es una fuente de energía renovable con gran potencial en la Península Ibérica (PI) dado que puede contribuir de forma significativa a la transición energética hacia un sistema más sostenible. La PI presenta zonas con recursos significativos de energía eólica marina, especialmente en la costa noroeste, cerca del Golfo de León o alrededor del Estrecho de Gibraltar (Salvação y Soares 2018; Carreño-Madinabeitia et al. 2021). Sin embargo, también presenta limitaciones espaciales debido a otros usos del espacio marino. En este contexto, los gobiernos español y portugués, dentro del marco de la legislación europea, han diseñado planes de ordenación espacial marítima en los que se identifican áreas con alto potencial para el desarrollo de esta energía, entre otros usos, accesibles en los geoportales INFORMAR (<http://www.infomar.miteco.es/>) y PSOEM (<https://webgis.dgrm.mm.gov.pt/portal/apps/webappviewer/index.html>), respectivamente. La variabilidad de la energía eólica marina supone un desafío importante para su integración en el sistema eléctrico semicerrado ibérico. Sin embargo, estudios previos en otras zonas encontraron que la complementariedad espacial entre distintas áreas de instalación puede utilizarse para suavizar la variabilidad temporal del suministro combinado de energía (Kryzia et al. 2019; Fernandes et al. 2022). El objetivo principal de este trabajo es analizar la variabilidad temporal y la complementariedad espacial del potencial eólico marino en zonas identificadas por los gobiernos de España y Portugal. Se obtuvo una agregación óptima de emplazamientos potenciales que minimiza la variabilidad temporal. Estos análisis se realizaron a 105 y 150 metros de altura de buje en diferentes escalas temporales utilizando datos horarios del reanálisis de alta resolución COSMO-REA6 (6 km², Bollmeyer et al. 2015).

Para llevar a cabo este objetivo, en primer lugar, se calculó el factor de capacidad (FC) horario de la energía eólica marina a partir de datos de viento a 105 y 150 m en el periodo 1995-2018 utilizando las curvas de potencia propuestas por Grothe et al. 2022. En segundo lugar, se eligieron un total de 15 emplazamientos de energía eólica marina basados en la zonificación marcada por los gobiernos de España y Portugal para este uso: 8 áreas en la zona del Atlántico Norte (NOR), 3 áreas en la zona Levantino-Balear (LEBA), 2 áreas en el Estrecho de Gibraltar y Alborán (ESAL) y 2 zonas portuguesas cerca de ciudades de Viana do Castelo (POR2) y Sines (POR1). Finalmente, se obtuvo la agregación óptima de 7 zonas potenciales de instalación que minimiza la variabilidad

temporal en su conjunto siguiendo la metodología aplicada por Reinchberg et al. 2014. Este método proporciona la combinación de más de 2 localizaciones (en este caso 7) con el menor coeficiente de variación horario de la producción eólica agregada.

Los resultados muestran que en la PI se diferencian dos grandes zonas. Por un lado, las zonas costeras septentrionales (NOR) que presentan valores de FC, pero grandes diferencias entre el máximo invernal y el mínimo estival, y, por otro lado, las zonas costeras occidentales y meridionales se caracterizan por valores de FC más bajos, pero también por una estacionalidad limitada que se ajusta mejor a las variaciones estacionales de la demanda de electricidad (ESAL, POR). Por otra parte, los valores de correlación negativa entre determinados pares de zonas, que son especialmente acusados en verano, revelan una elevada complementariedad espacial del recurso eólico marino ibérico, incluso a distancias relativamente cortas, que destaca en comparación con otras regiones de latitudes medias como el Mar del Norte o la costa este de EEUU. El análisis de la agregación óptima de las zonas potenciales muestra la necesidad de incluir al menos una zona en cada una de las cuatro principales costas ibéricas (oriental, septentrional, occidental y meridional), a diferencia de la exigencia de interconectar parques eólicos a distancias de 100 km o más para amortiguar la variabilidad agregada en otras regiones (Kempton et al. 2010). El análisis de la agregación óptima de siete zonas también muestra una fuerte reducción de la variabilidad horaria, mucho mayor (en torno al 40%) que la reducción de la FC (en torno al 15%) vinculada a la inclusión de zonas de menor FC. La estacionalidad reducida del FC para la combinación analizada implica una buena adaptación del recurso eólico marino a la demanda estacional ibérica, que muestra dos máximos en invierno y verano.

Este trabajo ha sido publicado en López-Franca et al. (2023) y resalta el valor añadido para el sistema eléctrico ibérico de incluir zonas con menor recurso eólico marino, pero con características favorables de variabilidad y complementariedad ya que aportan una contribución estable al sistema, reduciendo la necesidad de almacenamiento o de centrales de reserva.

REFERENCIAS

- Bollmeyer, C. et al. (2015): *Towards a high-resolution regional reanalysis for the European CORDEX domain* Q. J. R. Meteorol. Soc., 141, 1–15.
- Carreño-Madinabeitia, S. et al. (2021): *Long-term changes in offshore wind power density and wind turbine capacity factor in the Iberian Peninsula (1900–2010)*. Energy 226 120364.
- Fernandes, et al. (2022): *Exploring the complementarity of offshore wind sites to reduce the seasonal variability of generation* Energies, 15, 7182
- Grothe, O. Kächele, F., Watermeyer M (2022): *Analyzing Europe's biggest offshore wind farms: a data set with 40 years of hourly wind speeds and electricity production*. Energies, 15, 1700.
- Kempton, W. et al. (2010): *Electric power from offshore wind via synoptic-scale interconnection*. Proc. Natl Acad. Sci., 107, 7240–5
- Kryzia, et al. (2019): *Dampening variations in wind power generation through geographical diversification*, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., 214, 012038.
- López-Franca, N. et al. (2023): *Offshore wind power around the Iberian Peninsula: variability, complementarity and added value for the power system*. Environ. Res. Lett., 18, 114016
- Reichenberg, L. Johnsson, F., Odenberger, M. (2014): *Dampening variations in wind power generation-the effect of optimizing geographic location of generating sites* Wind Energy, 17, 1631–43
- Salvação, N., Guedes Soares C (2018): *Wind resource assessment offshore the Atlantic Iberian coast with the WRF model*. Energy, 145, 276–87

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LOS CULTIVOS: LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE CANTABRIA

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE AGROCLIMATIC SUITABILITY OF CROPS: THE AGROECOLOGICAL ZONING OF CANTABRIA

F.J. Alonso⁽¹⁾, J.M. Fernández⁽¹⁾, E. Francés⁽¹⁾, A.S. Cofiño⁽²⁾, J.M. Gutiérrez⁽²⁾, F. Ferrán⁽³⁾

⁽¹⁾ DCITIMAC. Facultad de Ciencias, Avda. de los Castros s/n, Santander, España.

fjval55@gmail.com

⁽²⁾ IFCA. Instituto de Física de Cantabria. Edificio Juan Jordá. Avenida de los Castros s/n., Santander, Cantabria, España

⁽³⁾ CIDE. Centre d'Investigacions sobre Desertificació. Carretera CV-315 km. 10,7 (Ant. Carretera Moncada-Nàquera, km 4.5) Campus Institut Valencià Investigacions Agràries (IVIA), Moncada, València, España

SUMMARY

The so-called global change - both in relation to the study of climate change scenarios, as well as the foreseeable impacts and risks in the territory - affects the viability of crops. On the other hand, the current developments of the agroecological zoning framework (ZAE) integrate a wide variety of methodologies to develop models of crop suitability and territorial planning of agricultural uses. The work explores, from an ecosystemic vision, the development of methodologies for analyzing the biophysical environment with the final obtaining of multiple highly useful cartographic products. The fundamental contribution is the local and regional climate maps to the analysis of agroclimatology within the climate change scenarios evaluated, together with the impact on the agroclimate and the spatio-temporal evolution of the suitability of crops in Cantabria.

La realización del presente trabajo ha contado con la información obtenida en distintos proyectos de investigación desarrollados en el Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada (DCITIMAC) de la Universidad de Cantabria en las últimas décadas. En una primera etapa y en distintas fases, se elaboró una base de datos cartográfica a escala 1:50.000 en soporte SIG, básica para la obtención de la ZAE.

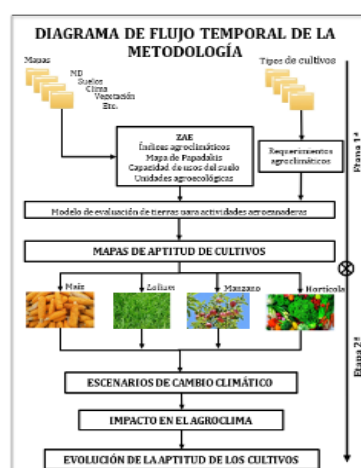


Figura 1 – Diagrama de flujo metodológico del trabajo.

Desde el punto de vista metodológico, el núcleo central de esta etapa ha sido la aplicación de los mapas climáticos locales y regionales al análisis de la Agroclimatología, con la obtención de productos cartográficos finales a escala 1:50.000. Estos se han elaborado con la aportación fundamental del grupo de Meteorología y

Cambio Climático del IFCA-CSIC y la colaboración del autor de este trabajo. Los modelos climáticos locales para el presente siglo se obtuvieron, con una precisión de “píxel” de 1Kmx1km, como producto de la interpolación de los datos meteorológicos al territorio a través de un SIG (ArcGIS).

Para la elaboración de dichos modelos se aplicó un método lineal local (regresión multivariada utilizando un conjunto de vecinos de cada punto), considerando como regresores las siguientes variables: elevación sobre el nivel del mar, su cuadrado y su cubo, longitud y latitud, insolación potencial en cinco épocas distintas del año, distancia a la costa, su cuadrado y su cubo, curvatura, calculada con radios de 5, 10 y 25 km, vertical y horizontal, y orientación, según la dirección de ocho cuadrantes.

Con la integración de esta información, y a través de la obtención de diferentes Índices agroclimáticos, se obtuvo el Mapa de los tipos o Zonas Agroclimáticas de Cantabria según la clasificación de Papadakis con una resolución de 1x1 km, asimilable a una escala cartográfica 1:50.000, así como los mapas de Aptitud del territorio de Cantabria para acoger a 30 cultivos seleccionados por su interés comercial.

Ya en la segunda etapa, los trabajos anteriores permitieron acometer el análisis del impacto causado por el cambio climático en el agroclima de la CCAA, Para la elaboración de estos mapas, se contó con la información de los Escenarios de cambio climático aportada por el Cuarto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas (AR4), a lo largo del presente siglo.

Los impactos sobre el agroclima en Cantabria se analizaron a través de la evolución del mapa de Papadakis a lo largo de cuatro períodos temporales: 1971– 2000, 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100.

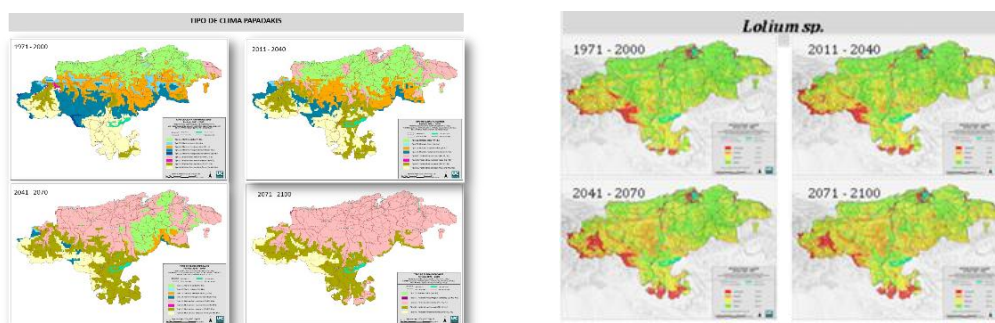


Figura 2 – Evolución prevista para el mapa agroclimático de Papadakis y la aptitud del *Lolium sp.* a lo largo del presente siglo.

Para finalizar, se obtuvo una cartografía para Cantabria con resolución de píxel 5x5 metros en la que se plasma el impacto que van a sufrir 14 cultivos seleccionados por los procesos derivados del cambio climático. Para ello, se ha calculado la evolución experimentada por la Aptitud de esos 14 cultivos en el territorio regional por la variación del agroclima, algunos de ellos cultivos tradicionales y otros de gran importancia para el sector ganadero, como por ejemplo los pastizales seminaturales de ray-grass o ballico (*Lolium sp.*), fundamentales dentro del modelo de aprovechamiento ganadero en extensivo en Cantabria.

REFERENCIAS

- Alonso, F. J. et al. (2007). *Zonificación agroecológica de Cantabria: un estudio del potencial regional para el desarrollo de actividades agroganaderas*. Albacete: Actas del IV Congreso Nacional y I Congreso Ibérico de Agroingeniería, 17 pp.
- Alonso, F. J. et al. (2012). *Escenarios de cambio climático regional en Cantabria aplicados a la cartografía agroclimática de precisión*. Salamanca: Cambio climático. Extremos e impactos: VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología, AECLIM, 715-724.
- Alonso, F. J. et al. (2012). *Impacto del cambio climático en el territorio de la mancomunidad de municipios sostenibles de Cantabria: resultados aplicables a la gestión del territorio*. Santander: UCREA: Repositorio Institucional de la Universidad de Cantabria. <https://web.unican.es/buc/recursos/repositorio-ucrea>
- Alonso, F.J. (2023). *Zonificación agroecológica de Cantabria: una metodología para evaluar el impacto del cambio climático en la aptitud agroclimática de los cultivos*. Tesis Doctoral. Santander: Facultad de Ciencias. UCREA: Repositorio Institucional de la Universidad de Cantabria, 270 pp. +Anexos. <https://hdl.handle.net/10902/29681>
- FAO-GAEZ (2021). *Global agroecological zoning-GAEZ v4*. <https://gaez.fao.org>
- Gutiérrez, J. M. et al. (2010). *Escenarios regionales probabilísticos de cambio climático en Cantabria: Termoplumiometría*. Universidad de Cantabria-Consejería de Medio Ambiente.

METEOROLOGÍA ORIENTADA A IMPACTOS EN EL ÁMBITO AEROPORTUARIO

METEOROLOGY FOCUSED ON IMPACTS IN THE AIRPORT ENVIRONMENT

Alejandro Méndez Frades

Agencia Estatal de Meteorología, amendezf@aemet.es

SUMMARY

The meteorological context makes up a disruptive factor due to its strength to reduce the regularity of the airport operations. The identification of the meteorological hazards (impact phenomena) is the main goal, taking into account the improvement of the added provided by the weather information products.

El contexto meteorológico constituye un factor disruptivo en la gestión aeroportuaria, habida cuenta de su capacidad para reducir la regularidad de sus operaciones. El conocimiento de la relación de los fenómenos meteorológicos que son potencialmente adversos en el marco operativo de un aeródromo constituye un propósito esencial, habida cuenta del valor añadido que supone para los usuarios aeronáuticos en la toma de sus decisiones.

Desde el punto de vista conceptual, se propondrán las definiciones de impacto, fenómeno de impacto y vulnerabilidad. Se demostrará conceptualmente que no existe una relación directamente proporcional entre impacto y fenómeno de impacto. El impacto no viene dado exclusivamente por el grado de severidad intrínseco a un fenómeno meteorológico dado, sino que el grado de vulnerabilidad o predisposición de una infraestructura aeroportuaria tiene un peso importante en los hechos observados.

Se mostrarán algunos modelos conceptuales de fenómenos de impacto identificados en algunos aeropuertos, a fin de evidenciar el carácter singular de los mismos. En particular, la cizalladura a baja cota, como fenómeno de impacto de notable interés en el aeropuerto, tiene diferentes precursores meteorológicos según se ubique el aeródromo.

REFERENCIAS

González López, B. (2014): *Meteorología aeronáutica*. Actividades Varias Aeronáuticas

International Civil Aviation Organization (2005): *Manual on Low-Level Wind Shear and Turbulence* (ICAO Doc 9817), 213 pp. Guías meteorológicas de aeródromo

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA METEOROLOGÍA Y SU APORTACIÓN A LA INVESTIGACIÓN AEROESPACIAL

HISTORICAL EVOLUTION OF METEOROLOGY AND ITS CONTRIBUTION TO AEROSPACE RESEARCH

Jaime García-Legaz Martínez ⁽¹⁾,
Carlos García-Legaz Martínez ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Asociación Meteorológica Española.

SUMMARY

The mentioned article was published by the authors in the Spanish Journal on Aeronautical and Space law in September 2022. The article describes a brief historical summary of meteorology, its scientific and experimental development in the last hundred years, its applications, especially to aviation and, lately, to aerospace research with mention of the planet Mars and its atmosphere.

*Link: https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2022/09/Revista-AEDAE_2022_digital-27-09.pdf
(pages 347 – 354).*

Los autores publicaron el artículo mencionado en la Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial "AEDA", en septiembre de 2022. El artículo incluye cuatro apartados: 1. Breve resumen de los antecedentes históricos de la meteorología, su desarrollo científico y experimental en los últimos cien años, 2. Teledetección y otras aplicaciones, especialmente para la aviación, 3. Modelización y predicción numérica y finalmente 4. Exploración aeroespacial, atmósferas planetarias, Marte.

Enlace: https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2022/09/Revista-AEDAE_2022_digital-27-09.pdf
(páginas 347-354),

PÁGINA WEB DE AEMET SOBRE ESTADO DEL TIEMPO ESPACIAL

AEMET WEB PAGE ABOUT CURRENT SPACE WEATHER

José Antonio Sosa Cardo

AEMET, OMD de la Base Aérea de Morón, carretera Morón-Sevilla, km14, España

jsosac@aemet.es

SUMMARY

We aim to present a new AEMet web page related with space weather: <https://spaceweather.aemet.es>. It pretends to be a point of focus on information related to the subject and to be a tool to get a quick and updated look of space weather. At this page we can inspect the current status of solar activity related to flares, solar energetic particles (SEP) flux, solar wind, magnetosphere, ionosphere and geomagnetic activity.

Se presenta la página web de AEMET sobre estado del tiempo espacial, mostrándose el estado actual de distintos parámetros.

- Estado actual de la actividad magnética solar, observada desde distintos satélites y observatorios.
- Estado actual del flujo de radiación de onda corta y flojo de partículas energéticas.
- Estado actual del medio interplanetario en el punto de Lagrange L1.
- Estado de la magnetosfera.
- Estado de la ionosfera.
- Actividad auroral.
- Dosimetría
- Actividad geomagnética y corrientes inducidas.
- Resumen y posibilidad de suscripción a alertas.

REFERENCIAS

Gombosi, T. I. et al (2021): *What sustained multi-disciplinary research can achieve: The space weather modeling framework*. PJ. Space Weather Space Clim., 11, 42.

Machol, J. L. et al. (2012): P. T. *Evaluation of OVATION Prime as a forecast model for visible aurorae*. Space Weather, 10.

Matzka, J. et al. (2021): *The Geomagnetic Kp Index and Derived Indices of Geomagnetic Activity*. Space Weather, 19.

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA, <https://www.aemet.es>

AVIDOS - SEIBERSDORF LABORATORIES, <https://www.seibersdorf-laboratories.at/en/products/ionizing-radiation/dosimetry/avidos>

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, <https://www.ign.es>

NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER. GOES Space Environment Monitor | NCEI, <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/satellite/goes/index.html>

NAIRAS, <http://sol.spacenvironment.net/nairas/index.html>

NOAA / NWS Space Weather Prediction Center, <https://www.swpc.noaa.gov>

OBSERVATORI DE L'EBRE, <https://www.obsebre.es>

DSCOVR (Deep Space Climate Observatory), <https://www.nesdis.noaa.gov/current-satellite-missions/currently-flying/dscovr-deep-space-climate-observatory>

SDO (Solar Dynamics Observatory), <https://sdo.gsfc.nasa.gov>

SILSO World Data Center for the production, preservation and dissemination of the international sunspot number, <https://www.sidc.be/silso/home>

SOLAR AND HELIOSPHERIC OBSERVATORY, <https://soho.nascom.nasa.gov/home.html>

STEREO, <https://stereo.gsfc.nasa.gov>

PROYECTO ARISTOTLE

ASESORÍA MULTIRRIESGO PARA PROTECCIÓN CIVIL EUROPEA

María Edilia Miranda Suárez⁽¹⁾, David Ramos Collada⁽¹⁾, Ramiro Romero Fresneda⁽¹⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, c/Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España

mmirandas@aemet.es, dramosc@aemet.es, romerof@aemet.es

SUMMARY

ARISTOTLE-eENHSP is a long-term operational, research and cooperation project financed by the Directorate-General for European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (DG ECHO). It delivers a multi-hazard advice service at global level on a 24/7 operational basis to the Emergency Response Coordination Centre (ERCC). AEMET takes part in the project by scientifically advising on the forest fires hazard. In order to properly assess and monitor this hazard, meteorological information provided by ECMWF and climatic products, such as FWI, VOD and FOPI risk fire indices are used. These indices along with other fire products are displayed by the climatic services EFFIS and GWIS, developed by Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS).

El Proyecto ARISTOTLE-eENHSP (All Risk Integrated System TOwards Trans-boundary hoListic Early-warning - enhanced European Natural Hazards Scientific Partnership) es un servicio de asesoría multirriesgo financiado por DG ECHO (Protección Civil y Operaciones de Ayuda Humanitaria Europeas) y ofrecido al ERCC (Centro de Coordinación de Respuesta de Emergencias), “corazón” del mecanismo de Protección Civil de la Unión Europea. Aunque esta no tiene competencias, es clave para gestionar emergencias europeas y mundiales cuando las capacidades nacionales resultan ser insuficientes, movilizando recursos que, de otro modo, no sería posible. El ERCC tiene dos perfiles, “Response Team” y “Analytical Team” dentro de la operativa que se muestra en Figura 1.



Figura 1 - Funcionamiento del mecanismo de protección civil europea.

Si el “Response Team” tiene como objetivo el estar preparado para dar una respuesta rápida ante un desastre (natural o humanitario), el proyecto ARISTOTLE se sitúa dentro del “Analytical Team” y, en calidad de asesoría multirriesgo, tiene la función de elaborar informes científicos para el ERCC. En ellos, se hace una evaluación del riesgo orientada a prevenir y reducir los impactos de los desastres naturales a nivel global. Los riesgos actualmente evaluados son: terremotos, tsunamis, volcanes, tiempo severo, inundaciones e incendios forestales, cuya asesoría realiza AEMET, junto con MF (Meteo France), IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), CIMA (Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale) y ECMWF (European Centre for Medium-Range Forecast).

La asesoría realizada se adecúa en todo momento a las necesidades del ERCC y, actualmente, consta de tres modos distintos de servicio operativo:

El modo ROM (Routine Operations Mode) tiene lugar tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes). Además de la monitorización realizada por los expertos en cada riesgo, estos participan en la elaboración de un informe multirriesgo – consensado en una reunión online – y, finalmente, remitido al ERCC. Este puede programar una reunión posterior para pedir más información sobre los eventos de su interés.

El modo ERM (Emergency Response Mode) surge tras la activación del mecanismo de emergencia por parte del ERCC. En los primeros 30 minutos, se realiza una primera reunión online para poner en común la información

relativa a cada riesgo y decidir cuáles son los afectados. Esto es seguido de la elaboración, en las 3 primeras horas, de un detallado informe multirriesgo seguido, de la realización de reuniones y actualizaciones a petición del ERCC.

El modo STAF (Scientific Technical Assistance Facility) es un mecanismo que respaldará a DG-ECHO A3 para anticipar y estar mejor preparado para futuras emergencias. La contribución de ARISTOTLE-eENHSP a este mecanismo se centra en 2 capas: "fast track service", para proporcionar asesoramiento científico informal a distancia sobre el impacto posible de eventos catastróficos y "operational preparedness service", para apoyar acciones de preparación operativa frente a diversas amenazas.

Dentro del proyecto ARISTOTLE, AEMET participa en la asesoría del riesgo de incendios forestales. Para llevarla a cabo de manera correcta, además de la información meteorológica se han de conocer y evaluar correctamente distintos productos climáticos relativos al riesgo de incendios forestales, entre ellos:

El índice FWI (Fire Weather Index) agrupa una serie de subíndices basados en variables meteorológicas y que sirven de entrada a un algoritmo cuyo cálculo se realiza diariamente a las 12 UTC. Las variables de entrada son temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), la velocidad del viento a 10m (Km/h) y la precipitación acumulada en 24 horas y sus valores deben corresponder a los datos registrados o previstos a las 12 UTC. Es un índice acumulativo ya que los valores de sus subíndices para un día D se utilizan para calcular el índice final del día D+1. A partir de los datos obtenidos se determina el nivel de riesgo de incendio forestal de una determinada zona.

El índice VOD (Vegetation Optical Depth) se obtiene a partir de las observaciones de los satélites SMOS de la ESA. Los valores obtenidos dan una medida del combustible disponible en una zona y su contenido de humedad y una de sus aplicaciones es su uso para generar un nuevo producto: *el índice FOPI*. Su necesidad surge de la falta de conexión entre las variables meteorológicas (del índice FWI) y la información a tiempo real del combustible disponible. Esto lleva a un riesgo de incendio no realista para zonas de combustible limitado. Así, en los desiertos FWI da riesgo muy alto pero los grandes incendios no se desarrollan debido a la falta de combustible disponible. FOPI (2023) pretende mejorar las predicciones de riesgo de incendios en dichas zonas combinando los índices FWI y VOD. Se ha observado que FOPI funciona mejor que FWI en zonas áridas (por su habilidad para no incluir áreas en las que el combustible es insuficiente) y de forma similar a FWI en zonas de mucha vegetación.

La visualización de los productos climáticos se realiza a través de los siguientes servicios climáticos: EFFIS para el dominio paneuropeo, GWIS para el dominio global y el visor de riesgo de incendios de AEMET, en el caso de tener que monitorizar España. El seguimiento de un incendio y, en particular de su pluma, se puede llevar a cabo con la herramienta World View (NASA) mientras que, en las situaciones en las que está disponible, también se puede utilizar el servicio Rapid Mapping facilitado por Copernicus. Finalmente, la información meteorológica global se obtiene a partir de ecCharts (ECMWF).

Su visualización y el correcto análisis de los productos consultados permite transmitir la información clave para prevenir y reducir el riesgo de incendio forestal, así como de facilitar la toma de decisiones informadas en la gestión de las emergencias relativas a este riesgo.

REFERENCIAS

ARISTOTLE-eENHSP Project, (s.f.) *ARISTOTLE-eENHSP Project Home*. Recuperado el 28/01/2024, desde

<http://aristotle.ingv.it/tiki-index.php>

EU Civil Protection Mechanism – European Commission (s.f.) *EU Civil Protection Mechanism*. Recuperado el 27/01/2024 desde,

https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/eu-civil-protection-mechanism_en

THE European Space Agency - ESA, (2023, 14 de Junio) *Forecasting fires with SMOS*. Recuperado el 27/01/2024, desde

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/SMOS/Forecasting_fires_with_SMOS

SESIÓN: VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

ANÁLISIS DE FUENTES DE HUMEDAD PARA EVENTOS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA QUE AFECTARON LA PENÍNSULA IBÉRICA

MOISTURE SOURCE ANALYSIS FOR EXTREME PRECIPITATION EVENTS AFFECTING THE IBERIAN PENINSULA

Gleisis Alvarez-Socorro⁽¹⁾, José Carlos Fernández-Alvarez^(1,2), Raquel Nieto⁽¹⁾, Luis Gimeno⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPHysLab), Campus As Lagoas s/n, Ourense, España, gleisis.alvarez@alumnos.uvigo.es, rnieto@uvigo.gal, l.gimeno@uvigo.gal

⁽²⁾ Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, Cuba, jose.carlos.fernandez.alvarez@uvigo.es

SUMMARY

The moisture sources of two major extreme precipitation events in the Iberian Peninsula (IP) that occurred on September 18, 1999, and September 7, 1989, are analyzed. These events correspond to an Atlantic extratropical storm and a cut-off low. To determine the pattern of moisture sources, a Lagrangian methodology is used, considering only the precipitating particles that reach the target region. The results show that the first event was associated with an atmospheric river, which facilitated intense moisture transport from the central and eastern North Atlantic, reaching values of up to approximately 32%. The second event exhibited high local moisture convergence, with the moisture sources primarily originating from the western Mediterranean Sea, with a contribution of up to 40%.

Los eventos de precipitación extrema que ocurren en los meses de verano afectan comúnmente a la Península Ibérica (PI). El estudio de las fuentes de humedad para los sistemas meteorológicos que generan estos eventos, resulta crucial para comprender y anticipar sus posibles impactos. Esta investigación analiza las fuentes de humedad de dos de los más importantes eventos de precipitación extrema ocurridos el 18 de septiembre de 1999 y el 7 de septiembre de 1989, que se corresponden con una borrasca extratropical atlántica y una depresión aislada en niveles altos (DANA). Para ambos casos, independientemente, se comparan las anomalías de variables meteorológicas asociadas con respecto a un período de referencia de 30 años (1985-2014). Para determinar el patrón de las fuentes de humedad, se utiliza una metodología lagrangiana, considerando solo las partículas precipitantes que llegan a la región afectada. Se usan datos de ERA5 a los que previamente se les aplica una reducción regional dinámica utilizando el modelo WRF-ARW. Estos datos se utilizan para forzar el modelo de dispersión de partículas Lagrangiano FLEXPART-WRF. Los resultados muestran que el sistema del 18 de septiembre de 1999 estuvo asociado con un río atmosférico, lo que favoreció un intenso transporte de humedad desde fuentes oceánicas remotas. La principal contribución a la humedad provino del centro y este del Atlántico Norte, alcanzando valores de hasta aproximadamente el 32% (Figura 1). En el caso de la DANA del 7 de septiembre de 1989, presentó una alta convergencia local de humedad y las fuentes de humedad tuvieron su origen principalmente en el mar Mediterráneo occidental, con una contribución de hasta el 40%. Nada despreciable fue la contribución terrestre desde el noroeste de África y los procesos de reciclaje contribuyendo aproximadamente con el 16% al suministro de humedad para este evento (Figura 2).

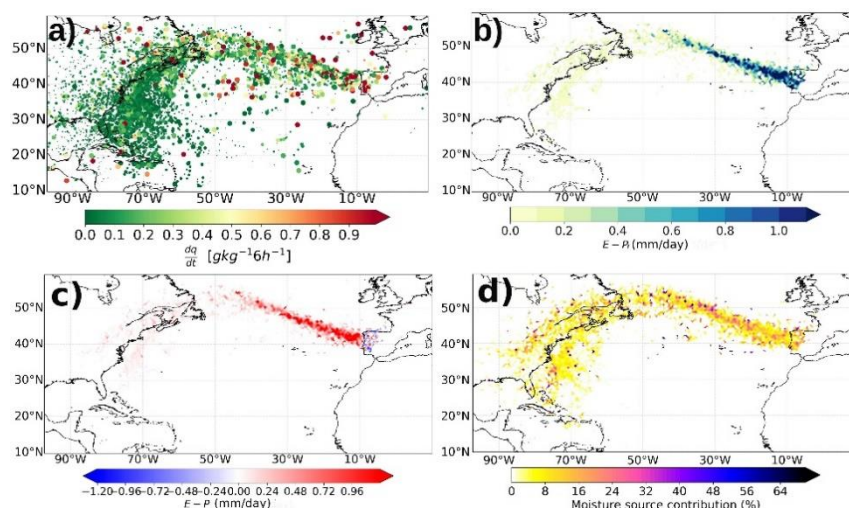


Figura 1 - Análisis de fuentes de humedad para el 18 de septiembre de 1999 con FLEXPART-WRF: (a) Cambios en la humedad específica cada 6 horas para las trayectorias de una muestra de partículas que se originan en la precipitación en la región objetivo, (b) Patrón de fuentes de humedad, (c) Anomalía del patrón de fuentes de humedad con respecto a la climatología y (d) Porcentaje de contribución de las fuentes de humedad.

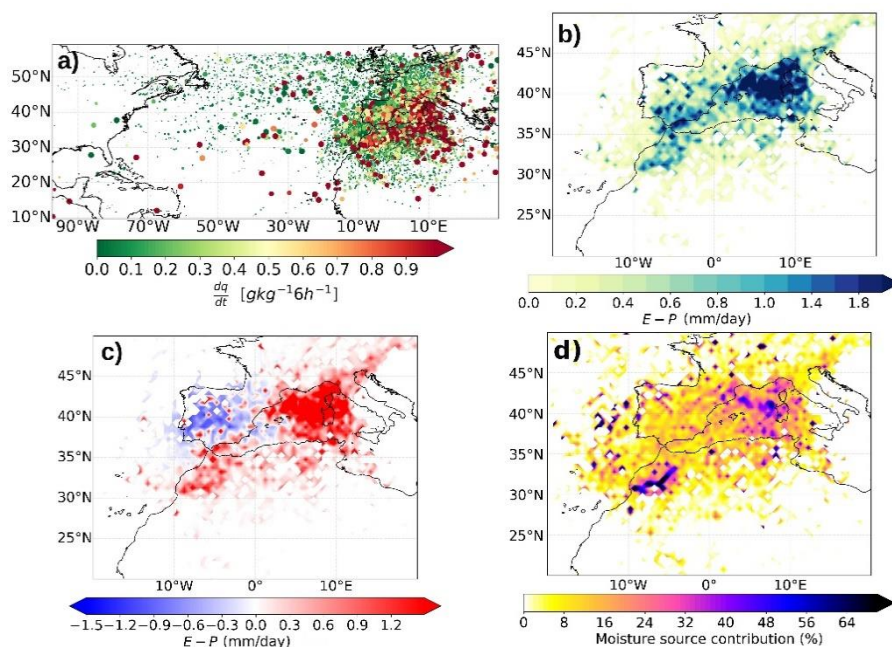


Figura 2 - Análisis de fuentes de humedad para el 17 de septiembre de 1989 con FLEXPART-WRF: (a) Cambios en la humedad específica cada 6 horas para las trayectorias de una muestra de partículas que se originan en la precipitación en la región objetivo, (b) Patrón de fuentes de humedad, (c) Anomalía del patrón de fuentes de humedad con respecto a la climatología y (d) Porcentaje de contribución de las fuentes de humedad.

AVALIAÇÃO DO REGIME DA SECA NA ÁFRICA AUSTRAL

ASSESSMENT OF THE DROUGHT REGIME IN SOUTHERN AFRICA

Fernando Maliti Chivangulula^(1,2), Malik Amraoui⁽¹⁾, Mário Gonzalez Pereira^(1,3),

⁽¹⁾ Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal, al75113@alunos.utad.pt, malik@utad.pt, gpereira@utad.pt

⁽²⁾ Instituto Politécnico da Huíla (IPH), Universidade Mandume Ya Ndemufayo (UMN), Estrada Principal da Arimba, C.P. 776 Lubango, Angola.

⁽³⁾ Instituto Dom Luiz (IDL), FCUL, Campo Grande Edifício C1, 1749-016 Lisboa, Portugal

SUMMARY

Drought is an extreme precipitation event characteristic of all types of climate. The extent of the consequences of drought depends on the type and class of drought, but the lack of water always impacts human and natural systems. Southern Africa is particularly affected by drought, but there are no studies that describe the drought regime for this region completely. Therefore, this study aims to carry out this characterization. In the first phase of the project, the drought regime was characterized with the Standardized Precipitation Index (SPI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) meteorological drought indices. Results obtained for SA and for the different drought descriptors calculated with total monthly precipitation data from ERA5 for the long period of 50 years from 1971 to 2020 will be presented and discussed.

A seca é um evento extremo de precipitação, característico de todos os tipos de clima. A seca pode ser classificada em diferentes classes, incluindo moderada, severa, extrema e excecional. Dependendo das suas consequências as secas podem ser de diferentes tipos, nomeadamente meteorológica, agrícola, hidrológica, socioeconómica e ecológica (Parente et al., 2019). A seca afeta os ecossistemas terrestres e aquáticos, a saúde humana e animal, a agricultura e a segurança alimentar, os sistemas energéticos e a indústria (Van Loon, 2015). As consequências da seca vão desde uma reduzida falta de água disponível até à morte da flora e da fauna da região afetada. A dimensão das consequências da seca depende do tipo, da classe e de outras das suas características (e.g., intensidade e duração), mas também da resistência e preparação das comunidades para fazer face esta perturbação climática.

A seca é considerada como sendo um dos desastres naturais de maior impacto no mundo e o continente africano é particularmente afetado com maior frequência e intensidade levando à morte de milhares de pessoas (Wilhite, 2021). De facto, a seca é considerada como sendo um dos desastres naturais de maior impacto em África e, em particular, na África Austral (AA). Por exemplo, no período de 1970 a 2019 e em todo o mundo o número de secas correspondeu a 6% do número de todos os desastres, mas foram responsáveis por 34% do número total de mortes humanas causadas por desastres naturais e por 7% do valor total de todos os danos económicos; os valores destes indicadores para o continente africano são ainda mais impressionantes: as secas correspondem a 16% do número total de desastres, mas a 95% do número total de mortes e a 26% dos prejuízos económicos (WMO, 2021).

Um estudo realizado sobre o regime de seca na AA (Chivangulula et al., 2023), revelou que o principal fator da seca na nesta região são as interações oceano-atmosfera, incluindo o El Niño/Oscilação do Sul. Esta região tem sido afetada nas últimas décadas, com secas de maior frequência e intensidade e, de acordo com registos históricos de 116 anos desde 1900, a seca mais intensa e mais severa do ponto de vista meteorológico foi a que ocorreu de 2015 a 2016. Este estudo revelou também que não existe nenhum estudo que caracterize de forma completa o regime de seca na AA. Assim, este estudo tem como principal objetivo avaliar e caracterizar o regime de seca na AA, para um período de tempo suficientemente longo.

Numa primeira fase do projeto, a seca será avaliada e caracterizada com base em índices de seca. Nesta fase, serão utilizados o *Standardized Precipitation Index* (SPI) e o *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI). O SPI e o SPEI serão estimados para escalas temporais de 3, 6, 12, 18 e 24 meses. Os índices serão calculados com base em séries temporais de precipitação total (*total precipitation*, TP) mensal para um período de 50 anos definido entre 1971 e 2020. Os dados de precipitação total utilizados neste estudo são a médias mensais de reanálises do ERA5, que consiste na base de dados de reanálises de quinta geração do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*, para o clima e condições meteorológicas globais nas últimas 8 décadas (Hersbach et al., 2020). Foi extraído o campo da TP para o domínio espacial definido entre 0° e 35° sul de latitude

e de 7.5° a 42.5° Este de longitude com resolução horizontal da rede regular de 0.25°. As médias mensais de reanálises ERA5 são somas em médias mensais de médias diárias, dimensionados para ter unidades de metro de água equivalente por dia, pelo que começaram por ser multiplicados por 1000 para a TP ficar em mm e multiplicada pelo número de dias em cada mês. Todos os cálculos foram realizados em MATLAB, incluindo as séries temporais dos valores mensais dos índices de seca. Por exemplo, o SPI foi calculado com o *Standardized Drought Analysis Toolbox* (SDAT) (Farahmand & AghaKouchak, 2015; Hao et al., 2014; HRL, 2024).

Com base nos valores dos índices foram calculados valores dos descritores da seca, i. e., o número, duração, severidade, intensidade da seca e área afetada pela seca. Foram avaliadas as distribuições espaciais (**Figura 1**) e temporais destes descritores. De entre a variabilidade temporal, foi dada especial atenção aos padrões de variabilidade intra-anual e inter-anual dos descritores. Serão apresentados e discutidos os resultados obtidos. Estes resultados serão muito importantes para apoiar decisores políticos e gestores dos recursos hídricos na SA.

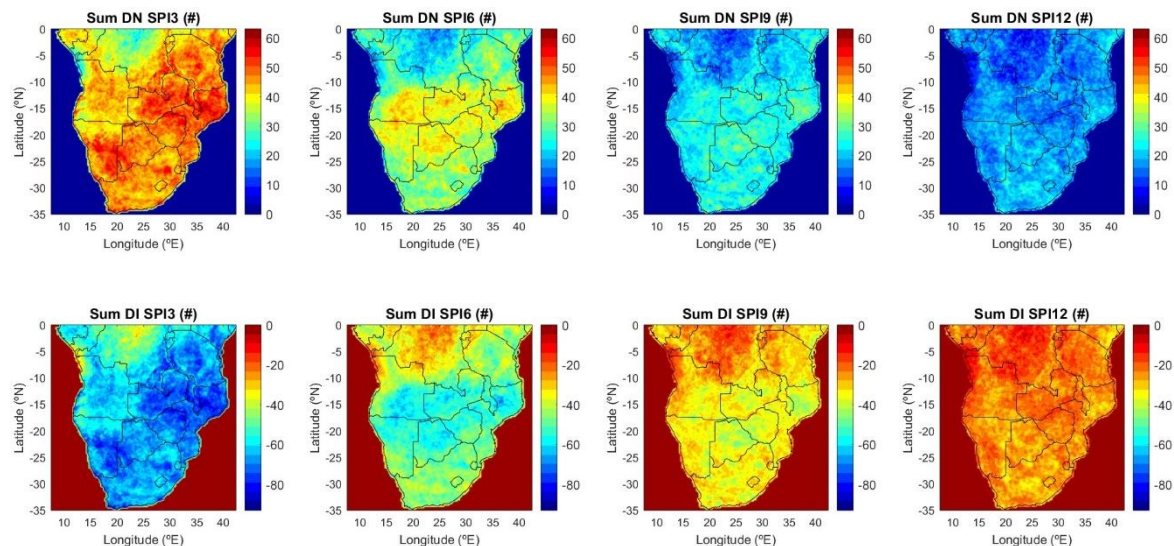


Figura 1 – Soma do número de secas (Sum DN) e da intensidade da seca (Sum DI) na Africa Austral (AA), avaliada com base no *Standardized Precipitation Index* (SPI) para escala dos 3, 6, 9 e 12 meses, no período 1971 - 2020.

REFERÊNCIAS

- Chivangulula, F. M., Amraoui, M., Pereira, M. G. (2023): *The Drought Regime in Southern Africa: A Systematic Review*. Climate, 11(7), 147. <https://doi.org/10.3390/cli11070147>
- Farahmand, A., AghaKouchak, A. (2015): *A generalized framework for deriving nonparametric standardized drought indicators*. Adv. Water Resour., 76, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.11.012>
- Hao, Z., et al. (2014): *Global integrated drought monitoring and prediction system*. Sci. Data, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/sdata.2014.1>
- Hersbach, H. et al. (2020): *The ERA5 global reanalysis*. Q. J. R. Meteorol. Soc., 146(730), 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- HRL (2024): *Standardized Drought Analysis Toolbox* (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/51081-standardized-drought-analysis-toolbox-sdat>), MATLAB Central File Exchange. Retrieved February 11, 2024.
- Parente, J. et al. (2019): *Drought in Portugal: Current regime , comparison of indices and impacts on extreme wildfires*. Sci. Total Environ., 685, 150–173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.298>
- Van Loon, A. F. (2015): *Hydrological drought explained*. Wiley Interdiscip. Rev: Water, 2(4), 359–392. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1085>
- Wilhite, D. A. (2021): *Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions*. Droughts, <https://doi.org/10.4324/9781315830896-24>
- World Meteorological Association (2021): *WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2019)*. Technical Report.

Agradecimentos

Este trabalho é apoiado/financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do projeto UIDB/04033/2020.

BENEFICIOS DEL ACOPLAMIENTO EN LA SIMULACIÓN DEL CLIMA DE SUDAMÉRICA CON MODELOS REGIONALES

BENEFITS OF THE COUPLING IN THE DOWNSCALING THE SOUTH AMERICAN CLIMATE

William Cabos⁽¹⁾, Ruben Vazquez⁽¹⁾, Jorge Ordoñez⁽²⁾, Jonathan Paredes⁽²⁾, Jose Carlos Nieto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, Spain. william.cabos@uah.es

⁽²⁾ Sub-Directorate of Numerical Modeling of the Atmosphere, National Service of Meteorology and Hydrology, Lima, Peru

SUMMARY

We evaluate the benefits of the use of a regional coupled model over its stand-alone atmospheric component when forced by reanalysis data in the simulation of the South American climate. We find that the coupling allows for a better simulation of important features of the atmospheric circulation and surface temperature. The simulated 2 meters air temperature is improved over most of the continent, the sea level pressure over the South Pacific Anticyclone area is better represented in the coupled simulation and the location of the ITCZ is improved during the austral winter. The regionally coupled model not only improves the simulation of important features of the observed atmospheric fields but also demonstrates good skills in reproducing the Humboldt upwelling system. Therefore, our study highlights the advantages of regional coupled models for the simulation of the South American climate, as the ocean-atmosphere interaction is of utmost importance for the circulation mechanisms that determine the climate of the region.

In this study, we propose to assess the ability of the atmosphere-ocean regionally coupled model, ROM (REMO-OASIS-MPIOM) to simulate the climate of the South American continent and the surrounding ocean, and compare it with its atmospheric component REMO, which prescribes the ERA-Interim SST. The model domain is represented in Figure 1.

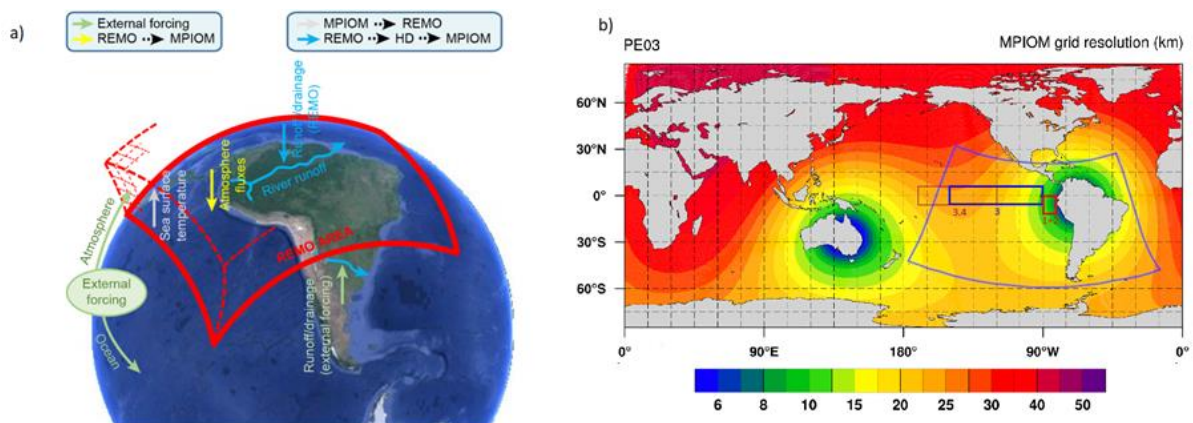


Figure 1 - a) Coupling scheme for ROM. The atmosphere and the ocean are coupled in the region covered by the REMO domain. The MPIOM and HD domains are global. b) Spatial domain of the MPIOM (shaded) and REMO (thick line over South America).

In order to simulate the climate of the South American continent and the relevant ocean-atmosphere interactions, our simulation covers a large domain that includes the eastern tropical Pacific and most of the Niño3 region. Therefore, it is important to assess the ability of our coupled model to accurately reproduce the most important large-scale mechanisms. For instance, both REMO and ROM reproduce well the upper-level high-

pressure centers (Bolivian high), reproducing well the associated atmospheric circulation and humidity distribution. This is not unexpected, as at the upper atmospheric levels, the influence of the coupling should not be important. However, the impact of the coupling is clearly seen in the simulation of the ITCZ, as it is heavily influenced by the location of the region of high SST, which is prescribed in the REMO case. But this specification leads to a too strong convection in REMO, due to the lack of the cooling of the SST by evaporation, which is present in ROM. These factors are reflected in the seasonality of the ITCZ precipitation: in DJF, REMO presents a better representation of the spatial distribution and intensity of the ITCZ precipitation. ROM presents a double band in the ITCZ, a common trait in coupled models (Zhang et al. 2015). However, in JJA the ITCZ over South America is better represented by ROM, and its precipitation is closer to ERA5, especially over the Amazon.

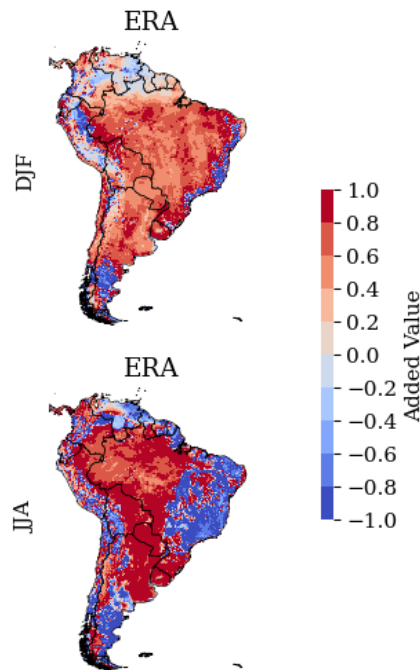


Figure 2 - Added value of seasonal temperature for South America in ROM compared to REMO. Reference data set is ERA5.

The precipitation, especially over the Andes, benefits less from the coupling, although a more realistic humidity transport leads to a reduction of the precipitation biases over extensive regions. The austral summer precipitation bias is reduced in areas such as eastern Colombia, northern Bolivia, eastern Brazil and central Argentina. For austral winter, the coupled model has a better performance in a large part of the Amazon region, in areas such as east of Peru, west Brazil, north Bolivia and south Argentina.

REFERENCES

- Cabos, W., et al. (2020): *Impact of ocean-atmosphere coupling on regional climate: the Iberian Peninsula case*. Clim. Dyn. 54, 4441–4467. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05238-x>
- Sein, D. V. et al. (2015): *Regionally coupled atmosphere-ocean-sea ice-marine biogeochemistry model ROM: 1. Description and validation*. J. Adv. Model. Earth Syst. 7, 268-304.

CAMBIOS EN LAS CIRCULACIONES ATMOSFÉRICAS EN EL ENTORNO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: ALGUNOS APUNTES

CHANGES IN ATMOSPHERIC CIRCULATIONS AROUND THE IBERIAN PENINSULA IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE: SOME NOTES

Ángel Rivera

Meteorólogo del Estado jubilado, Madrid, angel.rivera8@gmail.com

SUMMARY

Although the trends in temperatures and precipitation around the Iberian Peninsula in the context of climate change are generally known, the way in which the large-scale atmospheric circulations responsible for these trends will evolve is less known. However, it is fundamental for the adequate planning of actions in multiple aspects of economic and social life. Everything seems to indicate that these evolutions have already begun to manifest themselves and in this communication some of the characteristics observed so far are pointed out. It also points out which questions remain very open and on which a greater research effort would be necessary.

En el contexto del cambio climático se conocen bien, en líneas generales, las tendencias que cabe esperar en las principales variables del clima de la Península Ibérica y zonas adyacentes: aumento de la temperatura media, olas de calor más frecuentes, tempranas y quizás más extensas y una reducción progresiva de la precipitación dependiendo en zonas geográficas y estaciones del año. Sin embargo, sería importante poder profundizar más en la dinámica de las circulaciones atmosféricas a gran escala responsables de esas tendencias, una de las cuestiones más controvertidas en el contexto del cambio climático. A este respecto puede ser interesante apuntar algunas características que parece que empiezan a manifestarse, así como las cuestiones que se suscitan y que deberían ser objeto de un importante esfuerzo de investigación.

- a) Parece haber una tendencia clara hacia una mayor y progresiva expansión hacia el norte de la atmósfera subtropical, pero a su vez en el marco de una circulación muy ondulada en niveles altos. Ello se traduce en dorsales atlánticas más persistentes, centradas a veces sobre la Península Ibérica y muy apuntadas hacia el norte de Europa. Ello da lugar a una gran penetración del aire subtropical hasta latitudes muy septentrionales con frecuentes periodos de temperaturas muy elevadas incluso en estaciones normalmente frías. Al mismo tiempo aparecen en sus flancos danas o borrascas frías semiestacionarias que pueden originar precipitaciones intensas. Sería importante confirmar esta tendencia de las dorsales, su origen y su mayor o menor predecibilidad.
- b) Es indudable que esta evolución de las dorsales subtropicales tiene al menos dos consecuencias claras. La primera es la casi completa desaparición de los temporales de Poniente en la Península Ibérica. Las borrascas que se forman en el Atlántico discurren ya de forma casi generalizada por latitudes más septentrionales o se dirigen claramente hacia las zonas polares aportando allí calor y humedad. Por otra parte, la estructura y ubicación de la citada dorsal hace que –al menos aparentemente– se vayan haciendo más frecuentes sobre la Península y Baleares las circulaciones del noroeste. Éstas solo dejan precipitaciones significativas en el área cantábrica y parte de Pirineos, pero mucho menos abundantes en el resto de la mitad norte de la Península y norte del archipiélago balear y prácticamente nulas en el resto.
- c) Con cierta frecuencia una vaguada del chorro polar se agudiza y hace que momentáneamente la dorsal retroceda. A veces pasa sobre la Península como una vaguada del noroeste o del oeste, pero las precipitaciones que la acompañan no suelen ser muy significativas. Otras veces la vaguada se estrangula y forma una dana, el tipo de estructura atmosférica que puede darnos precipitaciones significativas ante la ausencia casi total de los temporales atlánticos. Sin embargo, da la sensación de que, o se forman menos danas o se quedan en latitudes más altas y en caso de afectarnos lo hacen también por una trayectoria NW-SE. Consecuentemente originan menos precipitaciones de las que cabría esperar si se ubicaran en aquellas zonas típicas del golfo de Cádiz o del mar de Alborán. Y aquí se abre de nuevo un gran campo de investigación. ¿Nos afectan menos danas? ¿Lo hacen en el mismo número, aunque con menos precipitaciones? ¿Están cambiando ubicaciones o trayectorias? Y no olvidemos en este contexto cuál puede ser la evolución de los "medicanes" ligados con frecuencia a danas sobre el Mediterráneo.

- d) Si bien se han reducido drásticamente los temporales atlánticos “clásicos”, muy de vez en cuando nos llegan circulaciones del W/SW muy cargadas de humedad que dejan durante dos o tres días precipitaciones muy significativas en amplias zonas de la Península. Todo indica que, más que a borrascas concretas, parecen estar ligadas a los denominados “ríos atmosféricos” que desde zonas muy al oeste, incluso desde el Caribe o más al sur, se dirigen hacia la Península Ibérica. Podría argüirse que estas son las típicas situaciones de Poniente, pero hay algunos elementos en ellas –cantidad de agua precipitable, gran extensión vertical, frentes casi inexistentes o muy poco marcados, borrascas bastante lejanas- que inducen a pensar en un fenómeno distinto. ¿Lo es?, ¿está relacionado con el cambio climático? ¿Tenderían a aumentar? ¿Podría ser una fuente significativa de precipitaciones en el futuro?
- e) La progresión hacia el norte de la atmósfera subtropical podría suponer una afectación creciente en Canarias e incluso en la Península por estructuras ciclónicas tropicales y/o subtropicales que parece que tienden a moverse más claramente hacia nuestras zonas o incluso a desarrollarse en las cercanías. ¿Podrían ser en el futuro un elemento significativo en cuanto a precipitaciones?
- f) Otra cuestión que parece también que debería abordarse en profundidad son las situaciones que provocan fenómenos adversos, fenómenos que parecen ir ganando en intensidad y frecuencia debido probablemente a la mayor energía disponible en la atmósfera, y que van afectando a zonas donde eran raros o prácticamente desconocidos. ¿Cuál ha sido la tendencia en los últimos años? ¿Cuál va a ser en el futuro?
- g) Para finalizar cabe señalar también la importancia de conocer cómo puede evolucionar el régimen de vientos en relación con la generación de energía eólica dada la fuerte y comprensible apuesta que se está haciendo por ella. La decreciente frecuencia de la aparición del chorro polar sobre muchas zonas –excepto las del norte y nordeste donde las frecuentes circulaciones del norte y noroeste parecen incrementarse- deberá llevar a estudiar cuál va a ser la disponibilidad de este recurso en años venideros y si será capaz de satisfacer la demanda de energía que se espera.

Todas estas son las cuestiones más significativas que a mi juicio merecerían un estudio profundo y continuado sobre la evolución climática en España, No ignoro que sobre estos temas se han llevado ya a cabo algunas investigaciones, pero queda mucho por hacer al menos desde el punto de vista dinámico. Permanecen muchas incertidumbres y España es una de las zonas más afectadas. De ahí la importancia que tendría la creación por el Gobierno de un plan estatal de investigación adecuadamente dotado que -tras establecer las prioridades oportunas- organizara y potenciara este tipo de trabajos.

CAMBIOS FUTUROS PARA V10 Y LA DENSIDAD DE ENERGÍA EÓLICA MARINA UTILIZANDO PROYECCIONES DEL CMIP6 EN EL OCEÁNO ATLÁNTICO NORTE

FUTURE CHANGES FOR V10 AND OFFSHORE WIND ENERGY DENSITY USING CMIP6 PROJECTIONS IN THE NORTH ATLANTIC OCEAN

José C. Fernández-Alvarez^(1,2), Xurxo Costoya⁽¹⁾, Albenis Pérez-Alarcón^(1,2), Raquel Nieto⁽¹⁾, Luis Gimeno⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Campus As Lagoas s/n, Ourense, Spain, xurxocostoya87@gmail.com, albenis.perez.alarcon@uvigo.es, rnieto@uvigo.es, l.gimeno@uvigo.es

⁽²⁾ Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, jose.carlos.fernandez.alvarez@uvigo.es

SUMMARY

This study analyzes future changes in 10 m wind speed (V10) in the North Atlantic Ocean region and how these variations can influence in the offshore Wind Power Density (WPD) for the west coast of the Iberian Peninsula. The study focuses on two periods of the 21st century: for the mid- (MC, 2049-2053) and end-century (EC, 2096-2100). A dynamic downscaling methodology is used based on the regional climate model WRF-ARW forced with three future climate scenarios (SSP2-4.5, SSP3-7.0 and SSP5-8.5) of the global climate model CESM2, belonging to the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). The results show that in the future V10 will decrease in the winter and spring seasons, but increase in summer and autumn, in tropical regions up to 30 °N. Annually, a maximum increase of V10 is expected in the most tropical region. Significant summer and autumn increases are projected for WPD throughout the 21st century in both future periods analyzed.

La energía eólica marina es un agente importante para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto del cambio climático, sin embargo, es al mismo tiempo muy sensible al propio cambio climático. Este estudio analiza los cambios futuros en la velocidad del viento a 10 m (V10) en la región del Océano Atlántico Norte y cómo estas variaciones pueden afectar el recurso de Densidad de Energía Eólica (WPD) marina para la costa oeste de la Península Ibérica. Se enfoca el estudio en dos periodos del siglo XXI: para mediados (MC, 2049-2053) y final de siglo (EC, 2096-2100). Se utiliza una metodología de reducción dinámica basada en el modelo regional climático WRF-ARW forzado con tres escenarios climáticos futuros (SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5) del modelo climático global CESM2, perteneciente al Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6). Los resultados muestran que, en un futuro, V10 disminuya en las temporadas de invierno y primavera, pero aumente en verano y otoño, principalmente en las regiones tropicales hasta los 30 °N según todos SSPs. Anualmente, se espera un incremento máximo de V10 en la región más tropical. Se proyectan aumentos significativos en verano y otoño para la WPD a lo largo del siglo XXI en ambos periodos futuros analizados. Sin embargo, en invierno para MC hay discrepancias entre los SSPs, pero para EC se proyecta un aumento notable principalmente para SSP5-8.5.

CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA Y ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LA ESTACIÓN DE TUDELA DE DUERO (VALLADOLID)

PHENOLOGICAL CHARACTERIZATION AND TRENDS ANALYSIS OF THE TUDELA DE DUERO SITE (VALLADOLID)

Ramiro Romero Fresneda ⁽¹⁾, Teresa Gallego Abaroa ⁽¹⁾, Lourdes Martínez Núñez ⁽¹⁾, Juan Antonio de Cara García ⁽¹⁾, Luis Pascual Repiso ⁽²⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, c/Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España

⁽²⁾ Colaborador de la red fenológica de AEMET en Tudela de Duero.

romerof@aemet.es, tgallgoa@aemet.es, lmartinezn@aemet.es, jacaragp@gmail.com, luis.pascual.r@gmail.com

SUMMARY

Phenology, as a science positioned between ecology and climatology, is an important tool for studies applied to the agricultural and environmental sectors. Phenological data can characterize the climate (including microclimates) of a territory, its variability and trends, atmospheric and soil-climatic environmental gradients, as well as the population genetic variability of biological species in relation to their geographic distribution area. Phenological data from Tudela de Duero station has been used to perform a simple descriptive statistics analysis to ecoclimatically characterize the station, define a typical phenological spring ("nature's calendar"), and search for trends in the occurrence dates of events. This work presents a summary of the results of these studies.

Las especies biológicas están adaptadas evolutivamente al clima y se acomodan en su ciclo biológico anual al curso meteorológico de forma que los eventos fenológicos suceden en un lugar todos los años por la misma época, pero no exactamente en la misma fecha. Existen mecanismos bioquímicos-fisiológicos asociados al fotoperiodo que permiten reconocer la época del año, pero el tiempo meteorológico modula la ocurrencia de estas manifestaciones de la naturaleza. Las fases fenológicas suceden antes y más rápidamente en primavera cuanto mayores son las temperaturas y la insolación (normalmente siempre que estén satisfechas las necesidades de acumulación de frío invernal). Las acumulaciones de grados-día sobre un umbral indican la integral térmica del curso de temperaturas y son características de cada especie (o subespecie o variedad).

Los eventos fenológicos en un lugar se manifiestan según un orden típico, el calendario natural, de forma que de la observación fenológica de los sucesivos eventos se pueden extraer conclusiones acerca del curso meteorológico pasado y de las posibles fechas de ocurrencia de eventos fenológicos en el futuro inmediato. El calendario natural es la sucesión de las fechas de ocurrencia de ciertos eventos indicadores (medianas de cada serie) que están relacionados, entre otros factores, con la acumulación de grados-día por encima de ciertos umbrales de temperatura.

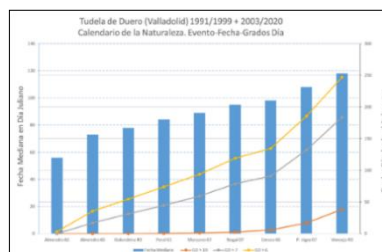


Figura 1- Fecha mediana en día juliano en que sucede un evento (barras azules), acumulación de grados-día sobre ciertos umbrales (línea roja para 10 °C, gris para 7 °C y amarilla para 6 °C).

Se han calculado las acumulaciones desde el día 1 de enero por encima de los umbrales de 6, 7 y 10 °C (Figura 1) asociadas a las fechas de los eventos del calendario. Se muestra la sucesión de algunos eventos fáciles de reconocer y observables en toda la España ibérico-balear: 61 (comienzo de la floración, alrededor del 10 % de flores abiertas), 65 (floración al 50 % o plena floración), 07 (comienzo de la apertura de yemas, primeros ápices foliares visibles), R3 (fecha en la que se detecta el asentamiento de algún individuo de la especie).

Se ha analizado la tendencia de las series temporales del periodo estudiado (fechas de los eventos fenológicos en día juliano en relación al paso de los años). Para ello se ha calculado el coeficiente de determinación R^2 (%) que indica la correlación entre datos fenológicos y el paso de los años. Además, se ha calculado una recta de regresión, ajustada por el método de mínimos cuadrados, en la que se señala la pendiente (m) y su desviación típica (expresadas en días/decenio), así como el p-valor asociado al estadístico t (probabilidad de obtener para la pendiente m, suponiendo ausencia de correlación, un valor tan alejado de 0 como el observado). Aunque la búsqueda de tendencias deberá ser objeto de un estudio más profundo (en muchas especies con series más largas que las disponibles actualmente) se muestran algunos de los resultados del presente trabajo.



Figura 2 - Rectas de regresión y coeficientes de determinación para el estadio 07 del manzano (izquierda) y del chopo negro (derecha)

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos para el estudio del inicio de la brotación de las hojas (07) de *Malus domestica* (manzano) y de *Populus nigra* (chopo negro o álamo negro). Ambos eventos muestran una ligera tendencia al retraso con una R^2 de 12,20 % (ligera) y un p-valor de 0,07, en el caso del manzano y una R^2 del 12,54 % (ligera) y un p-valor de 0,07, en el caso del chopo o álamo negro.



Figura 3 - Rectas de regresión y coeficientes de determinación para el estadio R3 obtenidas a partir de 15 años de datos, abejaruco (izquierda) y ruiñeñor (derecha).

El estudio de los datos de la llegada (R3) de dos aves reproductoras estivales se presenta en la Figura 3. Los resultados mostraron que *Merops apiaster* (abejaruco) presenta una ligera correlación negativa (tendencia al adelanto) con un R^2 de 12,76 % con un p-valor de 0,19. Asimismo, *Luscinia megarhynchos* (ruiñeñor) muestra una buena correlación de tendencia al adelanto con una R^2 de 81,64 % con un p-valor de 0,00. Las fechas de los eventos de primavera responden bien a ciertas acumulaciones de grados-día por lo que son buenos indicadores del calendario natural (lo que unido a las predicciones meteorológicas facilita la toma de decisiones en el sector agrícola). No se han encontrado tendencias significativas en las series de datos. En trabajos siguientes se plantea analizar la posible relación en los vegetales de los datos fenológicos de la primavera con las necesidades de frío invernal, así como la búsqueda de la mejor correlación de cada evento con distintos umbrales de temperaturas para evaluar el efecto de la intensidad y duración del frío.

REFERENCIAS

- Allué, J.L. (1990): *Atlas fitoclimático de España, taxonomías*. Publicaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Bernis, F. (1966): *Migración en aves, tratado teórico y práctico*. Publicaciones de la Sociedad Española de Ornitología, Madrid, 309 pp.
- Chazarra, A. et al. (2018): *Mapas climáticos de España (1981-2010) y ETo (1996-2016)*. Publicaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Font, I. (2000): *Climatología de España y Portugal*. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca.
- González Bernáldez, F. (1981): *Ecología y paisaje*. H. Blume ediciones.
- Rivas Martínez, S. (2009): *Sistema de clasificación bioclimática mundial, mapa bioclimático de Europa*. Centro de Investigaciones Fitosociológicas, UCM. https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm
- Shouthern, H.N. (1938): *The spring migration of the Willow Warbler over Europe*. British Birds, 32, 202-206.

CLIMATE INITIATIVE FOR IBERIAN MOUNTAIN AREAS (CIMAS): VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS DE MONTAÑA CON MODELIZACIÓN REGIONAL DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL

CLIMATE INITIATIVE FOR IBERIAN MOUNTAIN AREAS (CIMAS): IMPROVING OUR UNDERSTANDING OF CLIMATE VARIABILITY OVER MOUNTAIN AREAS USING HIGH RESOLUTION MODELLING.

Emilio Greciano Zamorano ^(1,3), Jesús Fidel González Rouco⁽¹⁾, Cristina Vegas Cañas⁽¹⁾, Félix García Pereira⁽¹⁾, Jorge Navarro Montesinos⁽²⁾, Elena García Bustamante⁽²⁾, Ernesto Rodríguez Camino⁽³⁾, Esteban Rodríguez Guisado⁽³⁾

⁽¹⁾ Dpt. Earth Physics and Astrophysics. IGEO (UCM-CSIC). Universidad Complutense de Madrid, España, emiliogr@ucm.es

⁽²⁾ Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España

⁽³⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), España

SUMMARY

Mountain areas are particularly sensitive to global warming as they usually present a complex distribution of climates and ecosystems and feedbacks tend to amplify the effects of climate change. CIMAs is a joint effort aiming at improving our understanding of climate variability over mountain regions in Iberia. A pilot area has been selected over the Sierra de Guadarrama (Spanish Central range, about 50 km from Madrid) aiming at studying climate variability through very high (1 km) resolution simulations, exploring models' ability to capture relevant processes at that scale. ERA Interim, ERA5 and different WRF nested simulations, spanning the last three decades and reaching 1 km resolution, have been compared to a dense network of in situ observations. Results show a clear improvement with increasing resolution for temperature, but some altitude-related biases for precipitation. In this sense, some sensitivity tests to changing convection parameterizations and to convection permitting configurations have been assessed.

Las zonas de montaña presentan una compleja distribución de climas y ecosistemas, que tienden a sufrir en mayor medida las consecuencias del cambio climático por las retroalimentaciones positivas que amplifican los efectos del calentamiento global. Además, la gran variabilidad espacial de los gradientes de temperatura y la heterogeneidad en la ocurrencia, cantidad y distribución de las precipitaciones y la cubierta de nieve son especialmente relevantes para los recursos hídricos y subrayan la necesidad de disponer de observaciones a gran altitud y de modelización de alta resolución sobre terrenos complejos. Sin embargo, las duras condiciones meteorológicas y la compleja orografía asociada a este entorno que, como parte del Mediterráneo, ha sido señalado como *hot-spot* climático, dificultan la toma de datos en montaña y plantean retos para los modelos climáticos regionales.

CIMAs representa un esfuerzo conjunto entre AEMET y la UCM destinado a mejorar nuestra comprensión de la variabilidad y el cambio climático en zonas de montaña de la Península Ibérica. Se ha seleccionado como zona de estudio el Sistema Central, y dentro de éste la Sierra de Guadarrama como área piloto, para la realización de simulaciones de muy alta resolución (1 km) en una fase inicial y la evaluación de estas utilizando datos disponibles gracias a diferentes instituciones. Las simulaciones se han comparado con un conjunto de estaciones que están situadas tanto en altura, como en regiones más bajas situadas a ambos lados de la sierra.

ERA Interim y ERA5 se han utilizado para generar diferentes simulaciones del modelo regional WRF, que abarcan las tres últimas décadas y alcanzan la resolución de 1 km. Los resultados muestran una mejor representación de la temperatura con el aumento de la resolución, pero algunos bias para la precipitación relacionados con la altitud. En relación con esto, se han realizado test de sensibilidad para diferentes parametrizaciones de la convección y para configuraciones que permiten el desarrollo de la convección (*convection permitting*).

GRANIZO GIGANTE EN ESPAÑA, ¿FUE EL CAMBIO CLIMÁTICO?

GIANT HAIL IN SPAIN, WAS IT CLIMATE CHANGE?

Carlos Calvo-Sancho⁽¹⁾, Ana Montoro-Mendoza⁽¹⁾, Juan Jesús González-Alemán⁽²⁾, Javier Díaz-Fernández^(1,3), Pedro Bolgiani⁽³⁾, José Ignacio Farrán⁽¹⁾, Yolanda Luna⁽²⁾, Yago Martín⁽⁴⁾, María Luisa Martín⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Matemática Aplicada, Escuela de Ingeniería Informática, Universidad de Valladolid, Segovia, carlos.calvo.sancho@uva.es

⁽²⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

⁽³⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Facultad de Física, Universidad Complutense de Madrid, Madrid

⁽⁴⁾ Departamento de Geografía, Facultad de Historia y Filosofía, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

SUMMARY

Large hailstorms remain Europe's primary severe weather threat, classified by size as large (5-7 cm), very large (7-9 cm), and giant (> 10 cm). Spain has recorded only 5 giant hail events, 3 in the last two years. A giant hailstorm hit Girona on August 30, 2022, with hail reaching a record 12 cm, causing significant damage and the first hail-related fatality in Europe in 20 years. The synoptic setup included a quasi-omega blocking pattern and a depression over France, inducing a short-wave trough in the northeastern Iberian Peninsula. This, along with a thermal low and Mediterranean marine heatwave, favored vorticity advection and moisture influx. The study attributes the giant hail event to anthropogenic climate change and a marine heatwave, analyzing it with the pseudo-global warming approach. The WRF-ARW model showed under preindustrial or non-heatwave conditions, the hail event would have been less severe. This method could help attribute such events to climate change.

Las tormentas de granizo grande son, y serán en el futuro, la principal amenaza relacionada con tiempo severo en Europa. En función del tamaño del granizo, una tormenta de granizo puede ser grande (5-7 cm), muy grande (7-9 cm) y gigante (> 10 cm). En España, se tiene constancia de únicamente 5 eventos de granizo gigante; siendo 3 en los últimos dos años.

El 30 de agosto de 2022, una tormenta de granizo gigante ocurrió en la provincia de Girona. Se registró el mayor tamaño de granizo en los registros nacionales (12 cm). La tormenta de granizo afectó a una amplia zona del Alto Ampurdán, provocando un alto impacto socioeconómico en la comarca con importantes daños en tejados, coches y campos de cultivo. Asimismo, la tormenta de granizo gigante causó 67 heridos y una víctima, la primera registrada por un evento de granizo en Europa en los últimos 20 años.

La situación sinóptica que gobernó el evento consistió en un bloqueo cuasi-omega en el Mediterráneo occidental con una pequeña depresión aislada en niveles altos sobre el centro-orient de Francia, induciendo el desarrollo de una vaguada de onda corta en el extremo noreste peninsular. La conjunción de esta configuración junto a la típica baja térmica y la ola de calor marina en el mediterráneo (anomalías muy altas de temperatura superficie del mar), favoreció la advección de vorticidad y un alto aporte de humedad en niveles bajos.

Este estudio constituye la primera atribución al cambio climático antropogénico y también a una ola de calor marina de un evento de granizo gigante. Se ha analizado el efecto del cambio climático en un ambiente convectivo favorable de granizo, donde el crecimiento del granizo estuvo favorecido. Se ha aplicado la técnica *pseudo-global warming approach*. Se han usado tres modelos climáticos del CMIP6 (EC-EARTH3, CESM-WACCM y MRI-ESM2-0) para calcular el incremento del cambio climático (Presente-Preindustrial). Dicho incremento es calculado para todas las variables de pronóstico y añadido al reanálisis ERA5. Dichas variables perturbadas son posteriormente usadas como condiciones iniciales y de contorno. Para cuantificar la influencia de la ola de calor marina en el evento, se ha reemplazado la temperatura de superficie del mar del evento por la climatología de ERA5 del período 1940-2021.

El modelo numérico de área limitada WRF-ARW ha sido utilizado para simular el evento. Una simulación de control se llevó a cabo usando las condiciones iniciales de ERA5 sin perturbar para compararla con una simulación de clima preindustrial y una simulación con la SST climatológica. Los resultados indican que el ambiente, tanto

en un clima preindustrial como en una situación sin ola de calor marina, hubiera sido menos propicio a los riesgos convectivos con una reducción significativa en los parámetros termodinámicos estudiados. Si se considera el clima preindustrial, el evento de granizo habría sido menos grave que en el clima actual. La metodología aplicada abre la posibilidad de atribuir estos fenómenos al cambio climático antropogénico.

CÓMO INFLUYE EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

HOW ANTHROPOGENIC CLIMATE CHANGE INFLUENCES WILDFIRE BEHAVIOUR IN THE IBERIAN PENINSULA

Martín Senande-Rivera⁽¹⁾, Damián Insua-Costa⁽²⁾, Gonzalo Míguez-Macho⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo de Física Non Lineal (GFNL), Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain, martin.senande.rivera@usc.es, gonzalo.miguez@usc.es

⁽²⁾ Hydro-Climate Extremes Lab (H-CEL), Ghent University, Ghent, Belgium, damian.insuacosta@ugent.be

SUMMARY

Climate change affects wildfire spread both by increasing fuel dryness and by causing changes in vegetation. However, the direct effect of global warming on wildfires is hard to quantify due to the multiple non-climatic factors involved in their ignition and spread. By combining wildfire observations with the latest generation of climate models, we show that in more than half of the large wildfires (area > 500 ha) that took place in the Iberian Peninsula between 2001 and 2021 there is a significant increase in the rate of spread with respect to what it would have been in the pre-industrial period, attributable to global warming. The influence of enhanced vegetation growth on the increase in the rate of spread since the pre-industrial period could potentially be even higher than that of the temperature increase. We also show that other parameters associated with wildfire behaviour, such as heat release or flame length, also show the same climate change-induced amplification effect.

Wildfires are an important component of the Earth system continuously interacting with other components such as the atmosphere, vegetation or humans (Bowman et al., 2020; Bowman et al., 2009; Flannigan et al., 2009). Global increases in fire activity were linked to ongoing climate change (Jolly et al., 2015; Abatzoglou et al., 2018; Ellis et al., 2022; Liu et al., 2022; Jones et al., 2022), but the complex interactions between the effects of climate, vegetation and humans on fire activity involve that these changes are spatially and temporally heterogeneous (Williams and Abatzoglou, 2016).

By using wildfire observations and outputs from different general circulation models, we quantified the influence of climate change on the rate of spread of wildfires that took place in the Iberian Peninsula between 2001 and 2021. A general increase of the rate of spread in between 2.0% and 8.3% on average was found since the pre-industrial period attributable to the reduction in fuel moisture associated with a warmer atmosphere. This growth in the rate of spread is significant in more than 50% of the events. Further increases in the rate of spread (~12.7%) are expected by the end of the 21st century according to an intermediate-emissions scenario. We find similar increases for heat release and fire intensity indexes, implying that the fire-atmosphere coupling may be intensifying, which may lead to more erratic fire spread. Climate change and atmospheric CO₂ fertilization are also enhancing vegetation growth (Allen et al., 2024; Pausas and Keeley, 2021; Wu et al., 2015; Zhu et al., 2016), whose influence on wildfire behaviour could potentially be even higher than that of the temperature increase.

REFERENCIAS

- Abatzoglou, J. T. et al. (2018): *Global patterns of interannual climate–fire relationships*. Glob. Change Biol. 24, 5164–5175.
- Allen, R. J. et al. (2024): *Enhanced future vegetation growth with elevated carbon dioxide concentrations could increase fire activity*. Commun. Earth Environ. 5, 1–15.
- Bowman, D. M. et al. (2009): *Fire in the Earth system*. Science 324, 481–484.
- Bowman, D. M. et al. (2020): *Vegetation fires in the Anthropocene*. Nat. Rev. Earth Environ. 1, 500–515.
- Ellis, T. M. et al. (2022): *Global increase in wildfire risk due to climate-driven declines in fuel moisture*. Glob. Change Biol. 28, 1544–1559.
- Flannigan, M. D. et al. (2009): *Implications of changing climate for global wildland fire*. Int. J. Wildland Fire 18, 483–507.
- Jolly, W. M. et al. (2015): *Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013*. Nat. Commun. 6, 7537.
- Jones, M. W. et al. (2022): *Global and regional trends and drivers of fire under climate change*. Rev. Geophys. 60, e2020RG000726.

- Liu, Z. et al. (2022): *A global view of observed changes in fire weather extremes: uncertainties and attribution to climate change*. Clim. Change 173, 14.
- Pausas, J. G., Keeley, J. E. (2021): *Wildfires and global change*. Front. Ecol. Environ. 19, 387–395.
- Williams, A. P., Abatzoglou, J. T. (2016): *Recent advances and remaining uncertainties in resolving past and future climate effects on global fire activity*. Curr. Clim. Change Rep. 2, 1–14.
- Wu, M. et al. (2015): *Sensitivity of burned area in Europe to climate change, atmospheric CO₂ levels, and demography: A comparison of two fire-vegetation models*. J. Geophys. Res. Biogeosciences 120, 2256–2272.
- Zhu, Z. et al. (2016): *Greening of the Earth and its drivers*. Nat. Clim. Change 6, 791–795.

IMPACTO DE LA VARIABILIDAD SOLAR EN LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE BAJAS LATITUDES

IMPACT OF SOLAR VARIABILITY ON LOW LATITUDE ATMOSPHERIC CIRCULATION

Alejandro Lomas González⁽¹⁾, Ricardo Torrijo Murciano⁽²⁾

⁽¹⁾ Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado, meteolomas@gmail.com

⁽²⁾ AEMET, C/Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, rtorrijom@aemet.es

SUMMARY

Ocean/atmosphere coupling and solar activity variations have an impact on the vertical thermal structure in tropical and subtropical areas, a fact that can potentially generate changes in atmospheric circulations that impact the radiative balance in those latitudes. Based on previous research (Possible modulation of anticyclonic circulations by variations in solar activity, XXXV Jornadas Científicas de la AME, 2018) and progress since then in the knowledge of the influence of the sun on the atmospheric circulation at low latitudes, we verify and update the hypotheses by contrasting them with new data from the current solar cycle.

La energía emitida por el Sol es fundamental para interpretar el comportamiento del tiempo y el clima. No obstante, los estudios de la relación entre la actividad solar y su posible influencia no son habituales por la dificultad para encontrar una relación causal entre las variaciones de la actividad solar conocidas y los cambios en los patrones atmosféricos. Según se profundiza en el conocimiento de la observación directa de esa actividad y sus distintos matices, en cada evolución de un ciclo solar, se puede progresar en el planteamiento de hipótesis.

El acoplamiento océano/atmósfera y las variaciones de la actividad solar tienen incidencia en la estructura térmica vertical en las zonas tropicales y subtropicales, hecho que potencialmente puede generar cambios en las circulaciones atmosféricas que repercutan en el balance radiativo de esas latitudes. Apoyándonos en anteriores investigaciones (Posible modulación de las circulaciones anticiclónicas por las variaciones de la actividad solar, XXXV Jornadas Científicas de la AME, 2018) y progresos desde entonces en el conocimiento de la influencia del sol en la circulación atmosférica en latitudes bajas, verificamos y actualizamos las hipótesis contrastándolas con los nuevos datos del corriente ciclo 25 solar.

La idea es profundizar en la naturaleza de esos cambios, dilucidando las consecuencias de esas interacciones en las propias circulaciones tropicales y subtropicales. Para ello utilizamos datos del reanálisis de NCEP/NCAR de variables como el flujo solar, vientos y temperaturas atmosféricas y oceánicas. La zona privilegiada para desarrollar las hipótesis es la zona ENSO zonas 4 (160°-210°E) y 3 (210°-270°E), ambas situadas entre los 5° de latitudes Sur y Norte. Teniendo en cuenta la geografía tropical es fácil extender esa zona a otras longitudes favorecidos por el hecho de que casi toda la superficie global en torno al Ecuador es oceánica, y alejada de la interacción de la estación monzónica. Además, entre los 30°N y los 30°S se extiende la mitad de la superficie terrestre, se produce la mayor entrada de energía solar y los patrones básicos de circulación atmosférica son relativamente simples: zona de convergencia intertropical y anticiclones.

Apoyándonos en estos análisis y en las publicaciones sobre el tema que se han hecho estos últimos años, se profundiza en las hipótesis que indagan en las distintas interrelaciones entre la actividad solar, las variaciones de los vientos en capas bajas y la distribución de temperaturas en los distintos niveles atmosféricos tropicales. Las repercusiones de esa modificación parecen afectar a los distintos componentes de las células de Hadley y Walker, especialmente a los alisios, hecho que puede modificar no solo los patrones meteorológicos de la circulación general sino también el balance energético de la Tierra. Además de la zona preferente de El Niño Southern Oscillation extendimos también el estudio a la zona marítima que se extiende entre los 50 y 280°E y los 10°N y 25°S.

En la edición de 2018 de las Jornadas de la AME, expusimos la aparente relación entre la mayor o menor actividad solar dentro del ciclo de 11 años con la mayor o menor frecuencia de fenómenos cálidos El Niño o fríos de La Niña, con un desfase de un año entre la señal solar y el fenómeno tropical. Al mínimo solar de 2020 le siguió un triple evento de La Niña, lo que parece ir en ese sentido.

Leamon en 2021 sugirió una relación entre el fin de cada ciclo solar y la transición de los El Niño a los La Niña, y en general una correlación entre ambas variables en los ciclos con datos adecuados, los últimos cinco. Misios en 2019 muestra evidencias observacionales de que el ciclo solar de 11 años afecta a la célula de Walker, debilitándola 1 a 2 años después de su máximo. Yong-Fu Lin en 2021 aplicando análisis estadísticos a productos

de reanálisis encuentra que el ciclo solar contribuye a la modulación de ENSO en el Pacífico Central, generando más El Niño (La Niña) durante la activa (inactiva) fase del ciclo.

REFERENCIAS

- Leamon R.J. et al. (2021): *Termination of Solar Cycles and Correlated Tropospheric Variability*. Advancing Earth and Space Sciences, doi: 10.1029/2020EA001223
- Lin, Y-F, et al. (2021): The Footprint of the 11-Year Solar Cycle in Northeastern Pacific SSTs and its influence on the Central Pacific El Niño. *Geophys. Res. Lett.* 48(5), doi: 10.1029/2020GL091369
- Lomas, A., Torrijo, R. (2018): *Posible modulación de las circulaciones anticiclónicas por las variaciones de la actividad solar*, <https://pub.ame-web.org/index.php/JRD/article/view/1548>
- Misios, S. et al. (2019): *Slowdown of the Walker circulation at solar cycle maximum*. Proceedings of the National Academy of Sciences, doi: 10.1073/pnas.1815060116

FACTORES DE LA VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LAS MESETAS DE ANGOLA Y NAMIBIA

DRIVERS OF SEASONAL RAINFALL VARIABILITY OVER THE ANGOLAN AND NAMIBIAN PLATEAUS

Carlos A. Pereira⁽¹⁾, João P. Martins^(1,2), Andreas H. Fink⁽³⁾, Alexandre M. Ramos⁽³⁾, Joaquim G. Pinto⁽³⁾

⁽¹⁾ Portuguese Institute for the Sea and Atmosphere (IPMA), Rua C do Aeroporto, 1749-077 Lisbon, Portugal, carlos.pereira@ipma.pt

⁽²⁾ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), Robert-Schuman-Platz 3, 53175 Bonn, Germany, joao.martins@ecmwf.int

⁽³⁾ Karlsruhe Institute of Technology Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany, andreas.fink@kit.edu, Joaquim.pinto@kit.edu, alexander.ramos@kit.edu

SUMMARY

Most of southwestern African economies rely on rudimentary agriculture, highly dependent on precipitation, due to the lack of a better land management and technology these regions are deeply vulnerable to climate variability and change. This work focused on using reanalysis, mixed ground and satellite-based rainfall products and observations from local weather-stations to perform a climatological analysis focussing on atmospheric circulation, moisture transport and their relationship with rainfall anomalies over the Angolan and Namibian Plateaus. Results show a stronger (weaker) Zambezi low level jet (LLJ) magnitudes associated with above (below) normal rainfalls over the region. The Angola Low in its tropical phase is associated with deeper moisture convergence, leading to higher amounts of precipitable water within the air column, enhancing precipitation. The major moisture source of rainfall is the Indian Ocean, advected to the region mostly via the Zambezi LLJ.

Austral summer rainfall occurring across SW Africa originates in low-level transport of water vapour, mainly from three sources: Atlantic Ocean, Indian Ocean, and equatorial Africa (Barimalala et al., 2021; Munday & Washington, 2017; Rapolaki et al., 2020). Over the Indian Ocean, easterly low-level moisture fluxes are generally influenced by the Mascarene anticyclone. From the Atlantic Ocean, westerly humidity fluxes onto southern Africa are related to a semipermanent low-pressure system centred near the Angola-Namibian border (named Angola Low, or AL) and St. Helena high pressure (Figure 1). The convergence of Indian and Atlantic Ocean low-level moisture fluxes enhances convective processes associated with the ITCZ over the subcontinent, which is placed south of the equator during this time of year, promoting cloud formation and precipitation (Barimalala et al., 2018, 2021; Barry & Chorley, 2003; Huntley et al., 2019). The predominance of an easterly wind regime over the subcontinent allows moisture transport towards continental southern Africa. However, by dynamical adjustments, Madagascar island topographic barriers shift this easterly flow southwards, generating a cyclonic feature over the Mozambique Channel, named Mozambique Channel Trough (or MCT). This cyclonic system occurs mostly in austral summer and is usually placed south of the Mozambique Channel (Barimalala et al., 2020).

This work focused on using reanalysis, mixed ground and satellite-based rainfall products and in-situ observations focussing on a climatological analysis on atmospheric circulation, moisture transport and their relationship with rainfall anomalies over the Angolan and Namibian Plateaus. Results clearly show that a stronger (weaker) Zambezi low level jet (LLJ) magnitudes associated with above (below) normal rainfalls over the main Angolan and Namibian plateaus. The Zambezi LLJ fluxes are moderately controlled by Mozambique Channel Trough and Angola Low intensities, while the Limpopo LLJ intensities have very low influence from the MCT and AL, respectively. The AL in its tropical phase is associated with deeper moisture convergence and stronger vertical velocities, enhancing precipitation over the region. Given the current lack of observations and projected climate change, further research and investments are urgently needed in the region regarding the expansion of the surface data network. EU-funded projects such as FRESAN (Strengthening of the Nutritional Resilience and Food Security in Angola) aims to improve the lack of in-situ observations by installing weather stations, rain gauges and

other facilities to develop agriculture and food production over regions severely affected by humanitarian crisis (Carvalho et al., 2017; Lourenco et al., 2023).

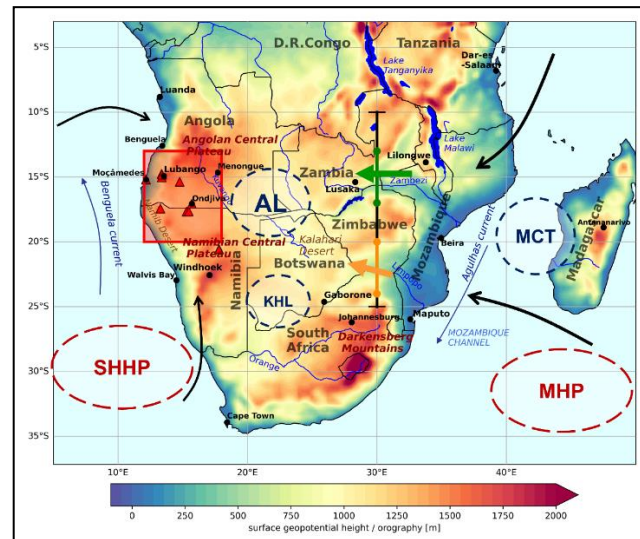


Figure 1 - Surface geopotential height (or orography) over southern African subcontinent (shading colours), retrieved from ERA5. Red triangles located in SW Africa represent the exact location of 10 SASSCAL weather stations. Values of zonal IVT for Z-LLJ and L-LLJ were retrieved with respect to green [13-17°S] and orange [20-24°S] sections, respectively. Green and orange arrows Thick black arrows represent the main routes of water vapour transport towards the subcontinent. Important synoptic and mesoscale features are represented with the acronyms AL (Angola Low), MCT (Mozambique Channel Trough), KHL (Kalahari Heat Low), SHHP (St. Helena High Pressure) and MHP (Mascarene High Pressure).

REFERENCES

- Barimalala, R. et al. (2018): *Madagascar Influence on the South Indian Ocean Convergence Zone, the Mozambique Channel Trough and Southern African Rainfall*. Geophys. Res. Lett., 45(20), 11,380-11, 389. <https://doi.org/10.1029/2018GL079964>
- Barimalala, R., et al. (2020): *Variability in the Mozambique Channel trough and impacts on southeast African rainfall*. J. Climate, 33(2), 749-765. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0267.1>
- Barimalala, R. et al. (2021): *The influence of southeastern African river valley jets on regional rainfall*. Clim. Dyn., 57(9-10), 2905-2920. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05846-1>
- Barry, R., Chorley, R. (2003): *Atmosphere, Weather and Climate* (Routledge, Vol. 8). Routledge.
- Carvalho, S. C. P., Santos, F. D., Pulquério, M. (2017): *Climate change scenarios for Angola: an analysis of precipitation and temperature projections using four RCMs*. Int. J. Climatol., 37(8), 3398-3412. <https://doi.org/10.1002/joc.4925>
- Huntley, B. J. et al. (2019). *Biodiversity of Angola: Science & conservation: A modern synthesis* (p. 549). Springer Nature.
- Lourenco, M., Woodborne, S., Fitchett, J. M. (2023): *Drought history and vegetation response in the Angolan Highlands*. Theor. Appl. Climatol., 151(1-2), 115-131. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04281-4>
- Munday, C., Washington, R. (2017): *Circulation controls on southern African precipitation in coupled models: The role of the Angola Low*. J. Geophys. Res., 122(2), 861-877. <https://doi.org/10.1002/2016JD025736>
- Rapolaki, R. S. et al. (2020): *Moisture sources associated with heavy rainfall over the Limpopo River Basin, southern Africa*. Clim. Dyn., 55(5-6), 1473-1487. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05336-w>

CLIMATOLOGÍA DE VIENTOS LIGEROS SOBRE EUROPA A PARTIR DEL REANÁLISIS ERA5 (1979-2018)

LOW-WIND CLIMATOLOGY OVER EUROPE BASED ON ERA5 (1979-2018) REANALYSIS

Claudia Gutiérrez⁽¹⁾, Maria Ofelia Molina⁽²⁾, María Ortega⁽³⁾, Noelia López-Franca⁽³⁾,
Enrique Sánchez⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Dept Física y Matemáticas, UAH; Fac. Biología, Ciencias Ambientales y Química, Alcalá
de Henares; claudia.gutierrez@uah.es

⁽²⁾ Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa,
Portugal; mosanchez@ciencias.ulisboa.pt

⁽³⁾ Inst. Ciencias Ambientales, UCLM; Av. Carlos III s/n; Toledo; maria.ortega@uclm.es,
noelia.lopezfranca@uclm.es

⁽⁴⁾ Fac. CC Ambientales y Bioquímica, UCLM; Av. Carlos III s/n; Toledo;
e.sanchez@uclm.es

SUMMARY

Low-wind characterization from climatic and meteorological perspectives is a challenging research area, as there is no objective definition for these atmospheric conditions, locally and over large regions. A definition based on light-breeze Beaufort wind scale threshold (3.3 m/s) with hourly data obtained from 0.25° ERA5 reanalysis for the 1979-2018 period is used to analyze their main climatic features over the whole European region, for both land and oceanic regions, once a validation with the limited amount of observational data is first made. Around 3500 low-wind hours/year are obtained, averaged over the 40-year period. Spatial patterns related to orography, oceanic areas and north-to-south gradients can be seen. Seasonal low-wind variability ranges around 20-25%, with important interannual variability. Consecutive low-wind hourly spells episodes last 5-10 days over land areas, with a mean spell length of around 20 hours, and more than 200 episodes per year.

Desde una perspectiva climática, el viento ha sido estudiado con mucho menos detalle que otras magnitudes: temperatura, precipitación, balances de energía y humedad, o la circulación atmosférica. El viento presenta múltiples aspectos de interés desde una visión de horas o días, pero también en escalas temporales mucho más largas (estaciones, anuales), como parte del sistema climático: generación de energía eólica, caracterización de vientos regionales, tendencias en la circulación atmosférica, o efectos en la contaminación atmosférica. Dado su alto interés, se han desarrollado diversos productos en forma de atlas de viento (Davis et al., 2023).

El viento presenta una enorme variabilidad espacial y temporal en cualquier escala, lo que supone un reto y una dificultad para su descripción precisa y robusta. En comparación con la temperatura o la precipitación, existe una carencia enorme de bases de datos observacionales y, por tanto, una limitada capacidad para obtener una descripción precisa de sus principales características climáticas (Dunn et al., 2016). Para intentar compensar dichas limitaciones se emplean reanálisis, que resuelven las ecuaciones de la dinámica atmosférica en malla regular asimilando las observaciones disponibles. Diversos estudios han mostrado resultados satisfactorios frente a las observaciones de viento disponibles (Ramon et al., 2017; Molina et al., 2021). Europa es una región especialmente interesante para estudiar el viento debido a su orografía compleja, zonas costeras y variadas condiciones en la dinámica atmosférica (Dörenkämper et al., 2020). Sobre la península ibérica se han estudiado las características climáticas del viento (Azorín-Molina et al., 2014) y sus tendencias a largo plazo. Además de las estadísticas habituales (medias, variabilidad, tendencias), el estudio de condiciones extremas, o bien las colas de las distribuciones, resulta cada vez de más relevancia en los estudios climáticos. En relación al viento, cuando se analizan sus condiciones extremas, existen menos trabajos que sobre las otras estadísticas y en su mayor parte enfocados a vientos altos, como los huracanes u otras condiciones de vientos intensos. En cambio, las condiciones de bajo viento han sido menos estudiadas, a pesar de su enorme interés potencial, por ejemplo, para el recurso eólico o la caracterización climática de estos eventos. No existe una definición consensuada para determinar condiciones de vientos bajos, calmas del viento, o sequías eólicas, desde una perspectiva energética.

Este trabajo propone el uso del umbral de 3.3 m/s (brisa ligera), basado en la escala de vientos de Beaufort (WMO, 2018). Corresponde a su categoría 2, que varía desde 0 (calmas) a 12 (huracanes). Además de su caracterización climática, también se analizará estadísticamente su persistencia, empleando datos horarios de la velocidad del viento obtenidos mediante el reanálisis ERA5 para el periodo 1979-2018, sobre todo el continente Europeo, con una resolución espacial de 0.25°.

Los principales resultados obtenidos hasta el momento, con un foco específico en los resultados sobre la Península Ibérica, se indican a continuación, basados en el trabajo de Gutierrez et al. (2024) recién publicado:

- El promedio anual muestra 3500 h/año tanto en las observaciones como en las celdillas ERA5 en la mayoría de las estaciones, es decir, en torno al 40% de las horas del año.
- La variabilidad temporal es similar en las observaciones y celdillas de reanálisis, con en torno a 200 h por la noche, a 150 h por el día, y unos 1100 h para cada una de las cuatro estaciones del año.
- El mapa del percentil 10 de la velocidad del viento obtenido con el reanálisis, como una primera aproximación de condiciones de bajo viento (876 h) presenta una correlación muy alta con el de viento medio (0.98), con un 79% de celdillas por debajo de 3.3 m/s. El mapa de horas/año por debajo de 3.3 m/s muestra más de 4300 h/año (mitad de las horas) sobre la mayor parte de las áreas continentales, mientras que sobre las zonas oceánicas, y en particular sobre el Atlántico, se obtienen menos de 500 h/año.
- La variabilidad temporal del viento ligero sobre grandes subregiones continentales y oceánicas muestra ligeros máximos en verano respecto al resto del año. En la Península Ibérica los valores medios oscilan entre 1500 h en invierno y 1700 h en verano, en promedio. Las zonas oceánicas muestran valores claramente inferiores, en torno a 500 h/estación en el Mediterráneo, y menos en las costas de Portugal o el Mar del Norte.
- El estudio de los episodios consecutivos de bajo viento muestra eventos más largos de hasta 30 días cuando se emplea dato diario y hasta 10-20 días con dato horario, por ejemplo, en la Península Ibérica. La longitud media está en torno a 15 a 30 h/año, con 200 a 300 eventos anualmente.

Este trabajo pretende ser la base de diversos análisis futuros, entre los que cabe indicar los siguientes: analizar *ensembles* de modelos regionales de clima, como EuroCORDEX, para ver su capacidad para describir estas condiciones, para a continuación estudiar los escenarios de cambio climático y los cambios que pueden producir. También la caracterización de las condiciones más extremas de vientos bajos, es decir, condiciones de calma de viento (o incluso sequías eólicas), y estudiar las relaciones con patrones atmosféricos que los determinen, así como su conexión con procesos y mecanismos de generación eólica.

REFERENCIAS

- Azorin-Molina, C. et al. (2014): *Homogenization and assessment of observed near-surface wind speed trends over Spain and Portugal, 1961–2011*. J. Climate, 27 (10), 3692–3712. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00652.1>
- Davis, N. N. et al. (2023): *The Global Wind Atlas: A high-resolution dataset of climatologies and associated web-based application*. Bull. Amer. Met. Soc., 104(8), E1507–E1525. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0075.1>
- Dörenkämper, M., et al. (2020): *The making of the new european wind atlas—part 2: Production and evaluation*. Geosci. Model Dev. Disc., 1–37. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-5079-2020>
- Dunn, R.J.H. et al. (2016): *Expanding HadISD: quality-controlled, sub-daily station data from 1931*. Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems 5(2), 473–491. <https://doi.org/10.5194/gi-5-473-2016>
- Gutierrez, C., Molina, M., Ortega, M., López-Franca, N., Sánchez, E. (2024): *Low-wind climatology (1979–2028) over Europe from ERA5 reanalysis*. Clim. Dyn., in press.
- Hersbach, H., et al. (2020): *The ERA5 global reanalysis*. Q. J. R. Met. Soc. 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Molina, M.O., Gutiérrez, C., Sánchez, E. (2021): *Comparison of ERA5 surface wind speed climatologies over Europe with observations from the HadISD dataset*. Int. J. Climatol. 41, 4864–4878. <https://doi.org/10.1002/joc.7103>
- Ramon, J., et al. (2019): *What global reanalysis best represents near-surface winds?* Q. J. R. Met. Soc. 145 (724), 3236–3251. <https://doi.org/10.1002/qj.3616>
- WMO (2018): *Guide to instruments and methods of observation. vol I - measurement of meteorological variables*. Tech.Rep., World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/records/item/41650-guide-to-instruments-and-methods-of-observation>

EVALUACIÓN DEL IMPACTO CLIMÁTICO EN EL RECURSO EÓLICO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

ASSESSMENT OF CLIMATE IMPACT ON WIND RESOURCES IN THE IBERIAN PENINSULA

Alonso García-Miguel⁽¹⁾, Carlos Calvo-Sancho⁽²⁾, Javier Díaz-Fernández^(2,3), Ricardo Castedo⁽¹⁾, José J. Ortega⁽¹⁾, María Yolanda Luna⁽⁴⁾, Ana Morata⁽⁴⁾, María Luisa Martín^(2,5)

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería Geológica y Minería. Escuela de Minas e Ingeniería de la Energía. Universidad Politécnica de Madrid, Ríos Rosas 21, Madrid, alogarmi01@gmail.com

⁽²⁾ Departamento de Matemática Aplicada. Escuela de Ingeniería Informática. Universidad de Valladolid

⁽³⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Facultad de CC. Físicas, Universidad Complutense de Madrid

⁽⁴⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

⁽⁵⁾ Instituto de Matemática Interdisciplinar. Universidad Complutense de Madrid

SUMMARY

The wind resource in the Iberian Peninsula has been analyzed by means of wind climate projections. For this purpose, the SSP5-8.5 scenario of the MRI-ESM2.0 global numerical climate model has been selected. The wind speed and direction variables are seasonally grouped, and, from them, both the electric power production and the wind power intensity have been estimated along the time record, considering two periods: the historical (1950 - 2014) and the future (2015-2100). The latest generation Siemens-Gamesa SG 7.0-170 wind turbine has been used as a reference in the evolution of the electrical power. Among others, the winter results show a future higher electrical production with respect to the selected historical period in almost all the Iberian Peninsula, although there is a decreasing trend in production throughout the century. The rest of the seasonal results indicate a generalized drop in electrical energy due to a decrease in the wind resource throughout the Peninsula throughout the century, especially in autumn.

En este trabajo, el recurso eólico se ha analizado en la Península Ibérica mediante proyecciones climáticas de viento. Para ello, se ha seleccionado el escenario SSP5-8.5 del modelo numérico climático global MRI-ESM2.0. Las variables velocidad y dirección del viento son agrupadas estacionalmente y, a partir de ellas, se han estimado tanto la producción de energía eléctrica como la intensidad de la energía eólica a lo largo del registro temporal, considerándose dos períodos: el histórico (1950 – 2014) y el futuro (2015-2100).

El modelo numérico climático global MRI-ESM2.0 se ha seleccionado para el estudio de la evolución del recurso eólico en Iberia. Dentro de los escenarios posibles, se ha seleccionado el escenario SSP5-8.5.

Para identificar las posibles tendencias significativas de intensidad de energía eólica se ha utilizado el test no paramétrico de Mann-Kendall y, para evaluar estadísticamente las diferencias significativas entre la intensidad de energía eólica de diferentes períodos de tiempo se ha aplicado el test no paramétrica de Mann-Whitney en cada punto de malla del dominio. Se ha utilizado como referencia en la evolución de la potencia eléctrica el aerogenerador de última generación SG 7.0-170 de Siemens-Gamesa.

Los resultados invernales muestran una futura mayor producción eléctrica respecto al periodo histórico seleccionado en casi toda la Península Ibérica, aunque existe tendencia decreciente de la producción a lo largo del siglo. El resto de los resultados estacionales indican una caída generalizada de la energía eléctrica debido a una disminución del recurso eólico en toda la Península a lo largo del siglo, especialmente en otoño, con pérdidas significativas de más de 2 MW de producción eléctrica en muchas zonas portuguesas de la costa occidental peninsular (Fig. 1).

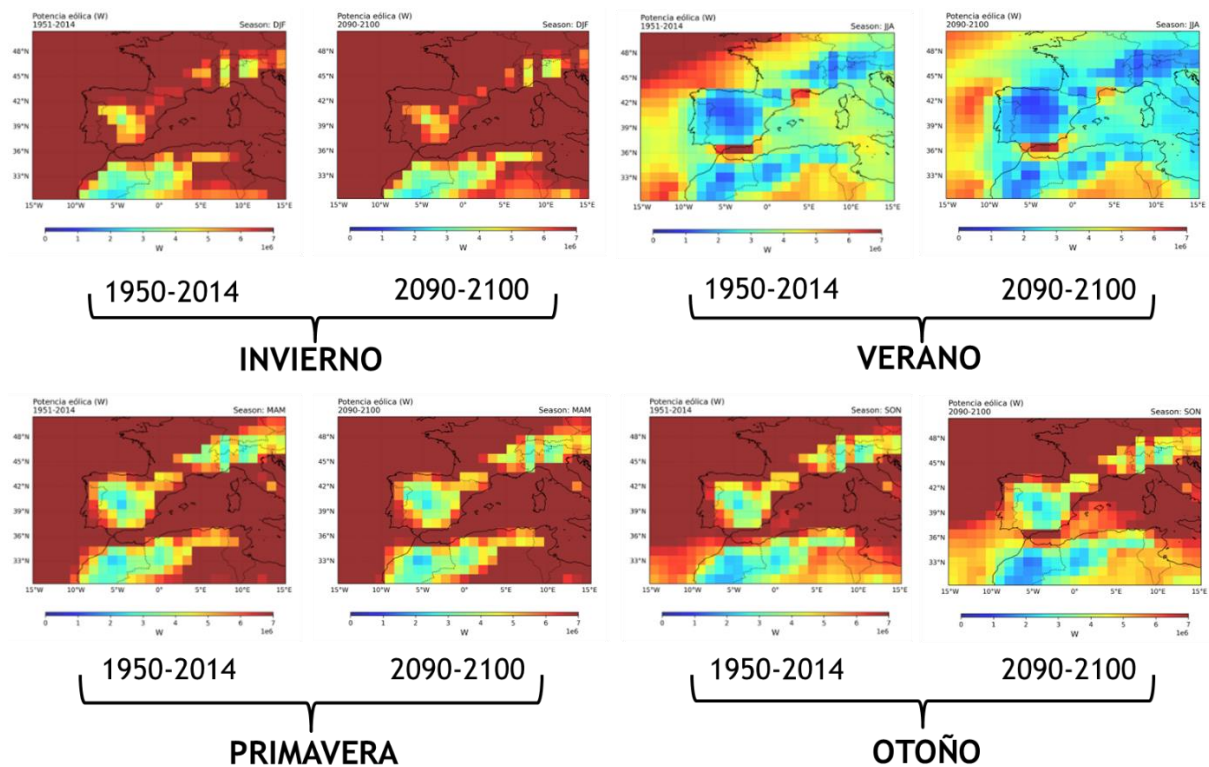


Figura 1 - Producción eólica estacional utilizando el aerogenerador SG 7.0-170.

REFERENCIAS

- Alvarez-Herranz, A. et al. (2017): *Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels*, Energy Policy, 105, 386-397, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.009>.
- Akinsanola, A. A. et al. (2021): *Projected changes in wind speed and wind energy potential over West Africa in CMIP6 models*, Environ. Res. Letters, 16 (4), doi: 10.1088/1748-9326/abed7a.
- Gernaat, D. E. H. J. et al. (2021): *Climate change impacts on renewable energy supply*, Nat. Clim. Chang., (2), 119-125, doi: 10.1038/s41558-020-00949-9.
- Holton, J. R., Hakim, G. J. (2006): *An Introduction to Dynamic Meteorology*.
- IPCC (2020): *The IPCC and the Sixth Assessment cycle*. Accedido: 17 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/05/2020-AC6_en.pdf

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO EN AMBIENTES FAVORABLES PARA EL DESARROLLO DE TRANSICIONES TROPICALES EN EL ÁTLANTICO NORTE

ANTHROPOGENIC CLIMATE CHANGE INFLUENCE ON FAVORABLE ENVIRONMENTS FOR TROPICAL TRANSITIONS DEVELOPMENT IN THE NORTH ATLANTIC BASIN

A. Montoro-Mendoza⁽¹⁾, C. Calvo-Sancho⁽¹⁾, J.J. González-Alemán⁽²⁾, J. Díaz-Fernández^(1,3), P. Bolgiani⁽³⁾, M. Sastre⁽³⁾, M.L. Martín^(1,4)

⁽¹⁾ Departamento de Matemática Aplicada. Escuela de Ingeniería Informática. Universidad de Valladolid. [P.º de Belén 15, Valladolid](#). ana.montoro@uva.es

⁽²⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid.

⁽³⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Universidad Complutense de Madrid. [Plaza de las Ciencias 1, Madrid](#).

⁽⁴⁾ Instituto de Matemática Interdisciplinar. Universidad Complutense de Madrid. Plaza de las Ciencias 3, Madrid.

SUMMARY

Recently, changes in the intensity and frequency of tropical cyclogenesis related to Anthropogenic Climate Change (ACC) have been observed, although uncertainties persist regarding this matter. Most tropical cyclones affecting Europe originate from tropical transitions and develop in autumn. This study examines changes in favorable environments for tropical transition development in this season in the eastern North Atlantic basin. Climatologies of variables related to tropical cyclogenesis have been computed and compared for different periods, considering the ACC effect. The SSP5–8.5 scenario from the EC-Earth3 climate model has been used. The results reveal a tropicalization of the environment in response to ACC. This is a matter of concern since tropical cyclones are notorious for being among the deadliest and most economically devastating global disasters, exposing areas such as Western Europe.

Aunque existe mucha incertidumbre, recientemente se han observado cambios en la intensidad y frecuencia de la ciclogénesis tropical relacionados con el Cambio Climático Antropogénico (ACC, por sus siglas en inglés). La mayoría de los ciclones tropicales que afectan a Europa se originan a partir de una transición tropical y se desarrollan en otoño. Este estudio analiza los cambios en los ambientes favorables para el desarrollo de transiciones tropicales en dicha estación en la cuenca del Atlántico Norte oriental. Se han calculado y comparado climatologías de diferentes periodos de aquellas variables relacionadas con ciclogénesis tropical y, concretamente, con transiciones tropicales, teniendo en cuenta el efecto del ACC. Para ello, se ha utilizado el modelo climático EC-Earth3, considerando el escenario SSP5–8.5. Los resultados obtenidos revelan una tropicalización del ambiente en respuesta al ACC, lo cual indica que la zona del Atlántico Norte oriental se volverá más propensa al desarrollo de transiciones tropicales en el futuro. Este hecho es motivo de preocupación, ya que los ciclones tropicales son famosos por encontrarse entre los desastres globales más letales y devastadores económicamente, poniendo en riesgo zonas como Europa occidental.

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS NEVADAS EXTREMAS PROVOCADAS POR LA BORRASCA FILOMENA

INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON EXTREME SNOWFALL CAUSED BY STORM FILOMENA

Damián Insua-Costa^(1,2), Marc Lemus-Cánovas^(2,3), Juan J. González-Alemán⁽⁴⁾, Martín Senande-Rivera⁽²⁾, María del Carmen Llasat⁽⁵⁾, Gonzalo Miguez-Macho⁽²⁾, Diego G. Miralles⁽¹⁾

⁽¹⁾ Hydro-Climate Extremes Lab, Universidad de Gante, Gante, Bélgica.

damian.insuacosta@ugent.be, damian.insua@usc.es

⁽²⁾ CRETUS, Grupo de Física No Lineal, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España

⁽³⁾ Andorra Research + Innovation, Andorra la Vella, Andorra

⁽⁴⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid, España

⁽⁵⁾ GAMA, Departamento de Física Aplicada, Universitat de Barcelona, Barcelona, España

SUMMARY

Storm Filomena caused a historic snowfall event in Spain. Here we show that anthropogenic climate change significantly altered the amounts of snowfall during the event. Warming intensified snowfall in the north, while only a few kilometres to the south and especially in lowland areas had the opposite influence (i.e., weakening), revealing a very uneven response.

La atribución de fenómenos extremos, como olas de calor o lluvias torrenciales, al cambio climático antropogénico (CCA), se ha convertido en una línea de investigación cada vez más importante en los últimos años. Sin embargo, la posible influencia del CCA en eventos extremos de nieve permanece en gran medida inexplorada. Aquí nos centramos en el estudio del evento excepcional de nevadas provocado por la borrasca Filomena en enero de 2021. En primer lugar, utilizando datos observacionales y una técnica de análogos de flujo, mostramos que el patrón sinóptico característico que condujo al episodio no ha sufrido cambios significativos en su frecuencia a lo largo de las últimas décadas. Basándonos en esto, asumimos un patrón dinámico fijo y nos centramos en el estudio de la influencia del CCA en la termodinámica del evento utilizando un modelo atmosférico y un enfoque de atribución de tipo "storyline". Nuestras simulaciones indican que, en las zonas septentrionales de gran altitud, el CCA intensificó las nevadas hasta un +40% en comparación con las condiciones preindustriales, mientras que sólo unos pocos kilómetros al sur (y especialmente en las zonas bajas) el CCA debilitó las nevadas hasta un -80%. Además, mostramos que si Filomena se produjera a finales del siglo XXI, esta respuesta contrastada se vería potenciada. Los resultados también demuestran que el cambio de debilitamiento a intensificación está bien definido por un umbral crítico en la temperatura, de acuerdo con la respuesta observada de las nevadas al calentamiento a escala climática. Nuestros hallazgos ponen de relieve el gran pero desigual impacto del calentamiento global sobre este tipo de tormentas de nieve.

OCEANS FOR FUTURE (OFF). ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LA PREDICTIBILIDAD DE LAS TEMPERATURAS ESTIVALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

OCEANS FOR FUTURE (OFF). ANALYSIS OF CHANGES IN THE PREDICTABILITY OF SUMMER TEMPERATURES IN THE IBERIAN PENINSULA

Sofía Fernández Álvarez⁽¹⁾, Belén Rodríguez-Fonseca⁽¹⁾⁽²⁾, Irene Polo⁽¹⁾

⁽¹⁾ Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Plaza de las Ciencias 1, Madrid, España, sofife02@ucm.es

⁽³⁾ Instituto de Geociencias IGEO, CSIC UCM, C/ Dr. Severo Ochoa 7, Madrid, España

SUMMARY

Oceans are able to store heat and release it to the atmosphere altering it. This feature gives predictability to the system. Nevertheless, oceans are storing too much heat and it is still unknown how the atmosphere will respond to this change. OFF project aims to build a decision making tool to identify the regions with potential predictability from ocean conditions, based on an assessment of ocean driven teleconnections impacting on Mediterranean and North African climate in future scenarios. To this aim, observations and models under historical and future conditions will be analyzed, with applications on energy, health and marine ecosystems. This work shows how teleconnections affect meteorological variables such as temperature and precipitation in the Iberian Peninsula, one of the most affected areas by climate change in Europe.

Debido al rápido aumento de las temperaturas, las muertes relacionadas con el calor aumentaron un 68% entre 2000-04 y 2017-21 (teniendo en cuenta que hay un sesgo por COVID-19) (Romanello, 2022). Por otra parte, el cambio climático está afectando a la propagación de enfermedades infecciosas, aumentando el riesgo mayor riesgo de enfermedades transmitidas por vectores (Romanello, 2022). Hay que extremar la vigilancia y el control de vectores en los años y regiones con anomalías positivas de temperatura. Por ejemplo, la incidencia del Virus del Nilo, está correlacionada con la temperatura, las precipitaciones, la vegetación y la presencia de masas de agua o de diferentes tipos de uso del suelo (Brugueras et al. 2020, Camacho Sánchez et al 2023 y Giesen et al. 2023).

Por otra parte, para disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera es necesario hacer una transición hacia las energías renovables, por lo que es especialmente interesante analizar el recurso eólico disponible (IPCC, 2023). Asimismo, los ecosistemas marinos se están viendo gravemente afectados por el aumento de las temperaturas, lo que a su vez afecta a los sistemas humanos, especialmente los que dependen de actividades como la pesca (IPCC, 2023).

Esto motiva a que el proyecto OFF tenga como objetivo construir una herramienta de toma de decisiones para identificar las regiones con predictibilidad potencial a partir de las condiciones oceánicas, basándose en una evaluación de las teleconexiones impulsadas por Temperaturas de la Superficie del Mar (TSM) anómalas con impacto en el clima mediterráneo y del norte de África. Para tal fin, se van a utilizar observaciones y modelos en condiciones históricas y futuras. Se busca analizar el impacto de las teleconexiones en variables relacionadas con la energía, la salud y los ecosistemas marinos, para luego comunicarlo a la sociedad.

Para conseguir hacer este análisis, seguimos la metodología presentada en la Figura 1. Primero intentamos predecir las variables meteorológicas que más afectan a los sectores a analizar (salud, energía, ecosistemas) a través de las teleconexiones gracias a herramientas como Spy4Cast y AI4Cast, ambas creadas en el grupo TROPA-UCM. Spy4Cast es un paquete de estadística multivariante que permite preprocesar los datos, hacer análisis de covarianza máxima y crosvalidación de tipo “leave one-year out”, y generar predicciones tipo “hindcast”, analizando la pericia de las mismas. Se trata de un modelo que emplea análisis de Covarianza Máxima, que nos permite dar una explicación física mediante la identificación de los modos de variabilidad entre las variables a predecir y las predictoras (TSM anómala) . Esto se complementa con AI4Cast, basado en inteligencia artificial y, en particular, redes neuronales convolucionales. Utilizamos múltiples bases de datos, incluida la herramienta ESMValTool (Righi et al., 2020) que nos permite acceder a los modelos del CMIP fácilmente. Mediante estas técnicas se pretende identificar las regiones en las que la información del océano puede ser empleada para predecir las variables meteorológicas, lo que permite predecir, mediante relaciones funcionales con las variables esenciales, la relación con la salud, la energía o los ecosistemas marinos.

En este trabajo se presenta el ejemplo realizado para el caso de la variabilidad de la temperatura y sus índices de extremos asociados en la península ibérica, tomando los océanos tropicales como predictores y analizando el cambio que se espera en escenarios futuros.

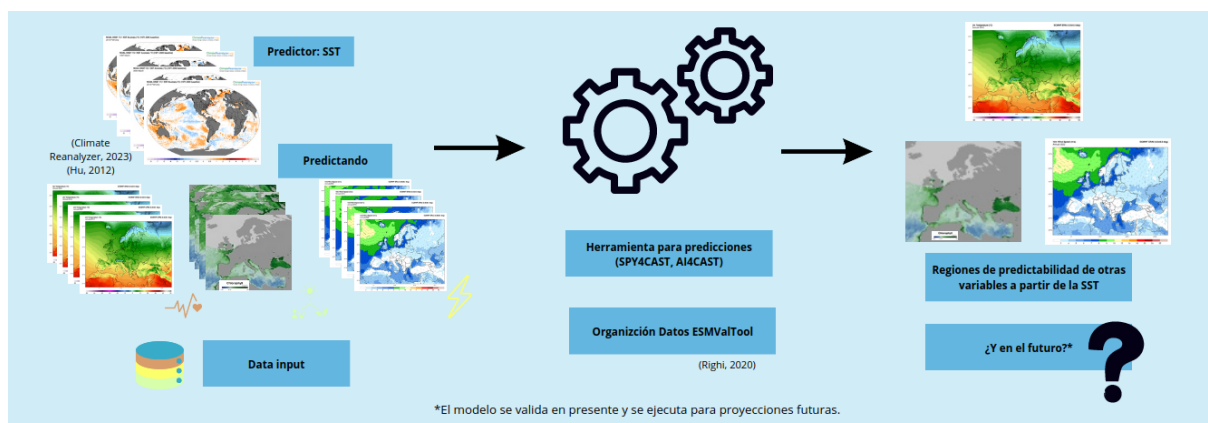


Figura 1 - Metodología OFF

REFERENCIAS

- Ali, E. et al. (2022): Cross-Chapter Paper 4: *Mediterranean Region*. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2233–2272, doi:10.1017/9781009325844.021.
- Brugueras, S. et al. (2020): *Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: A systematic review*. Env. Res., 191, 110038.
- Camacho Sánchez, Y., Bermúdez Tamayo, C. (2023): *Tendencia del virus del nilo occidental en relación con los cambios ambientales observados*. OSMAN.
- Climate Reanalyzer (n.d.) (2024): *"Daily Temperature, SST, & Sea Ice"* Climate Change Institute, University of Maine. Retrieved [02, 02, 2024], from <https://climatereanalyzer.org/>
- Giesen, C. et al. (2023): *A systematic review of environmental factors related to WNV circulation in European and Mediterranean countries*. One Health, 16, 100478.
- Hu, C., Lee, Z., Franz, B.A. (2012): *Chlorophyll-a algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance difference*. J. Geophys. Res., 117, C01011, doi:10.1029/2011JC007395.
- IPCC (2023): *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Moyano, E., Paniagua, Á., Lafuente, R. (2009): *Políticas ambientales, cambio climático y opinión pública en escenarios regionales. El caso de Andalucía*. Revista internacional de Sociología, 67(3), 681-699.
- Righi, M. et al. (2020): *Earth System model evaluation tool (ESMValTool) v2. 0—technical overview*. Geoscientific Model Development, 13(3), 1179-1199.
- Romanello, M. et al. (2022): *The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels*. The Lancet, 400(10363), 1619-1654.

CLIMATOLOGIA DE SUPERFÍCIE DO ÍNDICE HOT DRY WINDY (HDW) SOBRE PORTUGAL CONTINENTAL. ANÁLISE DE CASOS DE ESTUDO

SURFACE CLIMATOLOGY OF THE HOT DRY WINDY (HDW) INDEX. CASE STUDIES ANALYSIS

Pedro Serpa⁽¹⁾, Lourdes Bugalho⁽¹⁾, Ricardo Ramos⁽¹⁾, Pedro Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), Portugal, lourdes.bugalho@gmail.com

SUMMARY

The HDW index was implemented by IPMA in 2023 as an experimental product. Given its novelty, in order to build up knowledge and gain sensitivity over the index temporal and spatial variability the index climatology was computed for the period 1990-2022 and the results analyzed. As a complement of this analysis the index was evaluated during forest fire events in Portugal. This work will present the HDW index surface climatology and its behavior during the two biggest forest fires that occur in Portugal Mainland in 2023: the Sarzedas and Odemira forest fires. The climatology was computed using ERA5 reanalysis data. The case studies were performed using hourly data from the ECMWF model, 9 km resolution, and the AROME, 2.5 km resolutions, for comparison purposes. The HDW behavior during these events were analyzed at the surface and at pressure levels.

O índice HDW resulta do produto entre o valor do déficit de pressão de vapor (VPD – Vapour pressure-deficit, em hPa) com a intensidade do vento horizontal (U, em m/s) de acordo com a expressão:

$$HDW = VPD \times U \quad (1)$$

Em Portugal Continental, os valores mais elevados do índice verificam-se nos meses de verão, nas regiões do interior centro e sul, principalmente nos meses de julho e agosto devido ao ar predominantemente quente e seco que afeta o território continental nesta época do ano. Como o índice HDW depende do déficit de pressão de vapor e da intensidade do vento, este apresenta não só um ciclo anual bem definido como também um ciclo diário. Nos meses de verão, os valores máximos diários ocorrem, tipicamente, entre as 12 e as 18 UTC, altura do dia em que a humidade relativa é menor e a intensidade do vento é maior (Figura 1).

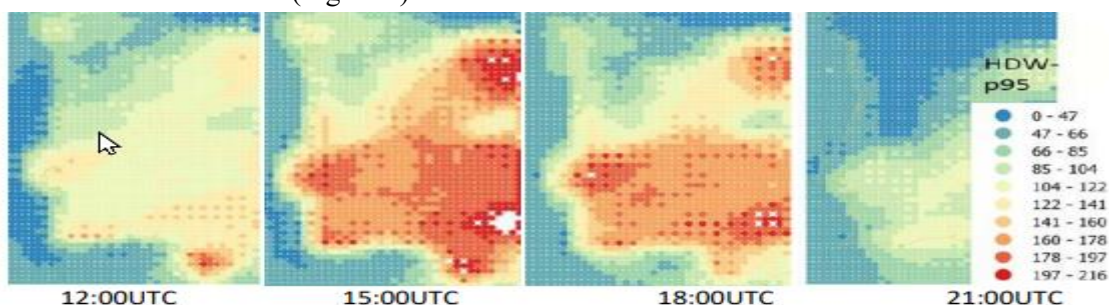


Figura 1 - Percentil 95 do HDW no mês de Agosto para as 12 UTC, 15 UTC, 18 UTC e 21 UTC.

Também foram analisadas as séries do índice HDW, no período climatológico, para os locais de estudo. De realçar os valores máximos mensais dos valores diários verificados no mês de outubro de 2017 em ambos os locais, sendo que esse mês, no dia 15 de outubro de 2017, foi marcado por grandes incêndios que ocorreram sobretudo na região centro do país.

A análise do comportamento do índice HDW durante eventos de incêndio florestal foi feita para os dois maiores incêndios florestais do ano de 2023 em Portugal Continental: o incêndio de Sarzedas e o incêndio de Odemira. Os resultados mostram que quando o incêndio se iniciou os valores do HDW eram superiores ao valor do percentil 95, sendo superiores ao percentil 98 no incêndio de Odemira, durante o período da tarde. Na análise dos perfis verticais do HDW, verifica-se que, nos primeiros dias de ambos os incêndios, o máximo que se observa entre os 975 e os 925 hPa (Figura 2) corresponde à intensificação do vento nesta camada, uma vez que o perfil vertical do DVP varia pouco em altitude.

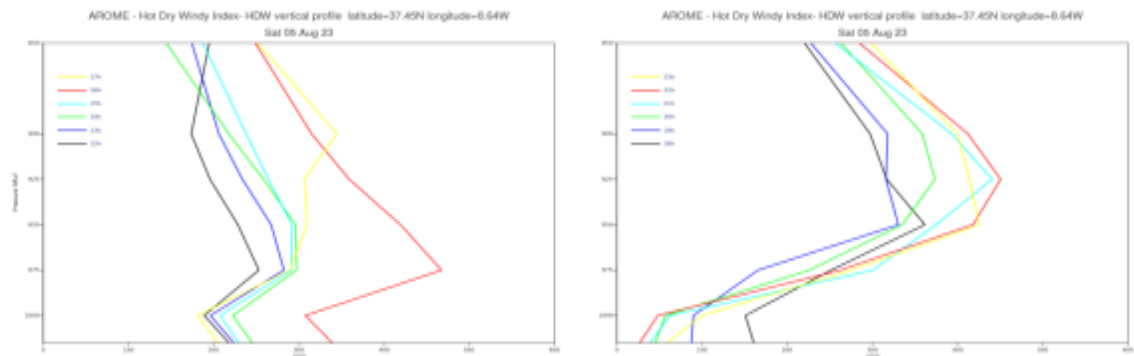


Figura 2 - Perfis verticais para o dia 5 de Agosto em Odemira entre as 12 UTC e as 17 UTC (imagem à esquerda) e entre as 18 UTC e as 23 UTC (imagem à direita).

SOBRE EL PAPEL CLAVE DEL CALENTAMIENTO ANTROPOGÉNICO EN EL DESENCADENAMIENTO DE EVENTOS CONVECTIVOS EXTREMOS: EL CASO DEL DESTRUCTIVO DERECHO MEDITERRÁNEO EN 2022

ON THE KEY ROLE OF ANTHROPOGENIC WARMING IN TRIGGERING EXTREME CONVECTIVE EVENTS: THE CASE OF THE DESTRUCTIVE MEDITERRANEAN DERECHO IN 2022

Juan Jesús González-Alemán⁽¹⁾, Damian Insua-Costa⁽²⁾, Eric Bazile⁽³⁾, Sergi González-Herrero⁽⁴⁾, Mario Marcello Miglietta⁽⁵⁾, Pieter Groenemeijer⁽⁶⁾, Markus G. Donat⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Spanish State Meteorological Agency, Department of Development and Applications, Madrid, Spain. jgonzaleza@aemet.es

⁽²⁾ University of Santiago de Compostela, Non-Linear Physics Group, Santiago de Compostela, Spain

⁽³⁾ CNRM, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, Toulouse, France

⁽⁴⁾ WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland

⁽⁵⁾ CNR-ISAC, Padua, Italy

⁽⁶⁾ European Severe Storms Laboratory

⁽⁷⁾ Barcelona Supercomputing Center (BSC), Barcelona, Spain

SUMMARY

A record-breaking marine heatwave and anthropogenic climate change have substantially contributed to the development of an extremely anomalous and vigorous convective windstorm in August 2022 over the Mediterranean Sea.

A derecho is a widespread, long-lived, straight-line windstorm that is associated with a fast-moving group of severe thunderstorms known as a mesoscale convective system.

During 18 August 2022, a highly intense and organized convective storm, classified as a derecho, developed over the western Mediterranean Sea affecting Corsica, northern Italy and Austria, with wind gusts up to 62 m/s and giant hail (~11 cm). There were 12 fatalities and 106 people injured. This event received much attention in the media for its extraordinary impact and the rareness over the Mediterranean Sea. The derecho developed over an extreme marine heatwave that persisted during the whole summer. Therefore, the hypothesis of a relationship between the extreme atmospheric event and the extreme marine heatwave rapidly arose, and thus, a possible link with anthropogenic climate change.

This convective event can be considered as extreme from the affected locations point of view (in terms of winds) but also is between one of the most powerful derechos ever recorded in the USA and Europe. Also, the event developed over an extreme marine heatwave that was mainly affecting the western Mediterranean Sea during summer 2022.

Here, by performing model simulations with both the NCAR Model for Prediction Across Scales and the Météo-France nonhydrostatic operational AROME model and using an storyline approach, we find a relationship between the marine heatwave, the actual anthropogenic climate change conditions, and the development of this extremely rare and severe convective event. We also find a future worrying increase in intensity, size and duration of such an event with future climate change conditions.

RECONSTRUCCIÓN DE LA SERIE HISTÓRICA DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ESPAÑA DESDE 1869 A PARTIR DE DATOS EN REJILLA

RECONSTRUCTION OF THE HISTORICAL SERIES OF AVERAGE MONTHLY TEMPERATURE IN SPAIN SINCE 1869 BASED ON GRIDDED DATA

Andrés Chazarra Bernabé⁽¹⁾, Belinda Lorenzo Mariño⁽¹⁾, José Ángel Núñez Mora⁽²⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, Servicios Centrales, C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, achazarrab@aemet.es, blorenzom@aemet.es

⁽²⁾ Agencia Estatal de Meteorología, Delegación Territorial en la Comunitat Valenciana, Botánico Cavanilles 3, Valencia, España, jnunezm@aemet.es

SUMMARY

In the present work, the average monthly temperature series in Spain since 1869 obtained from gridded data is analysed. Although the quality of the series is lower during the 19th century and the beginning of the 20th century, it is interesting for evaluating the historical evolution of temperature in the whole territory. Finally, the results are compared with those obtained from the ERA5 reanalysis and from various global data sets, such as HadCRUT.

En la unidad de Vigilancia y Análisis del Clima de la Agencia Estatal de Meteorología se han generado recientemente rejillas mensuales de alta resolución (1 x 1 km) de temperatura media, media de las máximas y media de las mínimas en el territorio español desde el comienzo de las observaciones.

En trabajos anteriores se han publicado los resultados desde 1916, fecha en la que se considera que la cantidad y la calidad de las observaciones históricas de temperatura en España es lo suficientemente alta como para generar series fiables de temperatura media en la España continental. Aunque el número y la calidad de las observaciones en fechas anteriores disminuyen drásticamente, existen datos en rejilla desde 1869. En este trabajo se analizan los resultados obtenidos al prolongar hacia atrás el estudio hasta 1869. Si bien la calidad de las rejillas mensuales correspondientes al siglo XIX y comienzos del XX no es comparable a la de épocas más recientes, y no son por tanto adecuadas para estudiar la variabilidad del clima en puntos de rejilla durante todo el periodo, tienen un indudable interés para evaluar la evolución histórica de la temperatura en el conjunto del territorio, teniendo siempre presente la limitada fiabilidad de los datos antiguos.

En el presente trabajo se analiza la serie histórica de temperatura media mensual en la España peninsular desde 1869 obtenida a partir de las rejillas y se comparan los resultados con los obtenidos a partir del reanálisis ERA5 y de los conjuntos de datos globales HadCRUT, NOAA GlobalTemp y GISTEMP.

RESPUESTA DEL ATLÁNTICO TROPICAL NORTE A ENSO: INFLUENCIA DE LA RESOLUCIÓN ESPACIAL DE LOS MODELOS

TROPICAL NORTH ATLANTIC RESPONSE TO ENSO: SENSITIVITY TO MODEL SPATIAL RESOLUTION

Jorge López-Parages⁽¹⁾, Laurent Terray⁽¹⁾

⁽¹⁾ CECI, Université de Toulouse, CERFACS/CNRS, Toulouse, France, parages@uma.es

SUMMARY

Although the ENSO teleconnection with the tropical North Atlantic (TNA) sea surface temperatures (SSTs) is one of the most robust ENSO teleconnections, the processes behind the genesis of the initial SST anomalies over the eastern TNA are not completely understood. This study points to the coastal upwelling off northwest Africa as a major contribution of these initial ENSO-related SST anomalies. This role of the upwelling is, however, reproduced differently in ocean–atmosphere coupled models with different spatial resolutions. As a consequence, the choice of a model significantly affects the scope and predictability of the ENSO impact on the TNA. This novel result should be taken into account in future analyses before making categorical statements regarding this teleconnection.

In this study, the ENSO teleconnection with the tropical North Atlantic (TNA) sea surface temperatures (SSTs) in boreal spring is analyzed in ocean–atmosphere coupled global circulation models. To assess the role played by horizontal resolution of models on this teleconnection, we used a multimodel dataset that is the first to combine models with both low and high resolution. The TNA response to ENSO projects onto the most significant SST mode of the tropical Atlantic at interannual time scales, the Atlantic meridional mode (AMM). Its evolution is primarily driven by the wind–evaporation–SST (WES) feedback, which in turn is based on the development of an initial SST gradient. This study examines and quantifies the relative contribution of a dynamic-related (upwelling) and a thermodynamic-related (evaporation) process in triggering this gradient in the case of the ENSO–TNA teleconnection. While no major contribution is found with the evaporation, a consistent contribution from the coastal upwelling off northwest Africa is identified. This contribution is enhanced in high-resolution models and highlights the close link between the upwelling in winter and the development of the AMM in spring. It is further shown that high-resolution models present a thinner and more realistic ocean mixed layer within the upwelling area, which enhances the effect of surface winds on upwelling and SSTs. As a consequence, high-resolution models are more sensitive than low-resolution models to surface wind errors, thereby they do not ensure improved reliability or predictability of the TNA SST response to ENSO.

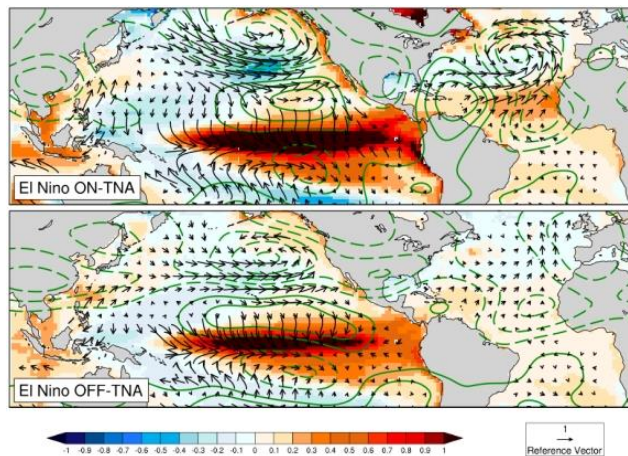


Figure 1 – SST (shaded), surface winds (vector) and streamfunction at 300 hPa (contours) in January-February when the TNA SST response to ENSO is overestimated (top panel) and underestimated (bottom panel) in CGCMs.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA, TELECONEXIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SIERRA DE GUADARRAMA

CLIMATE VARIABILITY, TELECONNECTIONS AND CLIMATE CHANGE OF SIERRA DE GUADARRAMA

Luis Durán⁽¹⁾, Álvaro González-Cervera⁽²⁾, Belén Rodríguez-Fonseca⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

⁽²⁾ Instituto de Geociencias IGEO (CSIC-UCM), Madrid, España

SUMMARY

This analysis examines the relationship between large-scale teleconnection patterns and climate variability at a local level using a set of long time series. The data is derived from previously validated in-situ observations and reconstructed from reanalysis. The study demonstrates that the region has experienced significant warming since the early 20th century, which has impacted the main meteorological variables and the duration of the snowpack. The increase in the fraction of precipitation falling as rain instead of snow has been observed due to changes in the seasonal cycle. This knowledge of the potential redistribution of seasonal runoff, changes in rain intensities and temperatures, is expected to be useful for defining adaptation strategies to new scenarios.

Las regiones montañosas, caracterizadas por su lejanía, su aislamiento de los grandes centros urbanos y su elevada altitud, constituyen escenarios ideales para la realización de estudios climatológicos y sobre el cambio climático. Estas regiones ofrecen condiciones únicas que facilitan el estudio de la variabilidad climática, las tendencias a largo plazo y los fenómenos climatológicos extremos. Las observaciones meteorológicas de larga duración en regiones montañosas son muy valiosas, ya que son la mejor forma de conocer las características climatológicas particulares de las regiones con una orografía tan compleja. En este sentido, el reciente informe IPCC-AR6 destacó la insuficiencia de redes densas en zonas montañosas

Una excepción es el esfuerzo de monitorización meteorológica realizado en la Sierra de Guadarrama durante décadas. Por un lado, están las observaciones que la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, <http://www.aemet.es>) realiza desde 1946 en el observatorio del "Puerto de Navacerrada", a 1.888 metros sobre el nivel del mar. Por otro lado, están los esfuerzos realizados por el Parque Nacional Sierra de Guadarrama que lleva realizando observaciones en alta montaña desde el año 1998. La actual Red Meteorológica del Parque Nacional Sierra de Guadarrama (RMPNSG), pasó de ser una red pionera en sus inicios (Durán et al., 2017) hasta convertirse en la actualidad en un ejemplo de red colaborativa entre diversos centros de investigación y universidades (<https://www.parquenacionalsierraguadarrama.es/naturaleza/clima/302-sistema-observacion-meteo>).

Aunque las series temporales disponibles son excepcionalmente largas, aun así, han sido extendidas desde el año 1900 utilizando un método regionalización del reanálisis ERA20C utilizando un método basado en análogos (Zorita y Von Storch, 1999). Este método se basa en la premisa de que las condiciones atmosféricas a gran escala tienden a producir patrones meteorológicos locales comparables, lo que permite predecir las condiciones locales para un día sin observaciones en superficie.

Las series climáticas híbridas fruto de la reconstrucción y la observación han sufrido un análisis de coherencia y han mostrado respetar los rasgos estadísticos originales de las series observadas. Estas series han permitido analizar las características climáticas, tendencias y variabilidad de la región de la Sierra de Guadarrama. Se ha hecho hincapié en las variables relacionadas con la cubierta nival y la precipitación en forma de nieve. Este estudio ha contribuido notablemente a disponer de una comprensión más profunda de la variabilidad climática, de los patrones de teleconexión y del cambio climático y sus impactos en esta importante zona montañosa.

REFERENCIAS

- Duran, L., Rodríguez-Muñoz, I., Sanchez, E. (2017): *The Peñalara Mountain meteorological network (1999-2014): Description, preliminary results and lessons learned*. Atmosphere, 8(10), 203. doi.org/10.3390/atmos8100203
- Zorita, E., Von Storch, H. (1999): *The analog method as a simple statistical downscaling technique: Comparison with more complicated methods*. J. Climate, 12(8), 2474-2489. doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012%3C2474:TAMAAS%3E2.0.CO;2

ESTUDIO DE LAS TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN Y SEQUÍAS EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR DESDE 1961

A STUDY OF PRECIPITATION AND DROUGHT TRENDS IN THE GUADALQUIVIR BASIN SINCE 1961

José Antonio López Díaz
AEMET, España, jlopezd@aemet.es

SUMMARY

Monthly precipitation mean areal totals for the Guadalquivir basin since 1961 have been searched for trends in 30 year periods and for periods ending in 2023, both in precipitation and drought based on the SPI index. For the yearly totals the complete series show a significant decreasing trend (p -value 1%) since 1961 of 28.6 mm/10 years, but the subseries going to the end and starting at ten year intervals (table 2) show no more significant trends, but all with negative sign. The subseries 2001-2023 has by far the lowest signed trend value (-78.5 mm/10 y). Figure 1 shows that the years since 2010 accumulate a considerable amount of first and second quintile years, with 2023 being the second lowest precipitation value, the lowest being 2005. The contrast between the humid 20 first year and the dry 20 last is also quite evident from the figure.

Se ha hecho un estudio de las tendencias de la precipitación media areal de la cuenca hidrológica del Guadalquivir en el periodo 1961-2023 y de las sequía definida a partir del SPI con base trianual. Los datos han sido elaborados por el área de climatología y aplicaciones operativas de la AEMET (Romero Fresneda, R. et al). La metodología para el estudio de tendencias de la sequía es similar a la aplicada en López Díaz, J.A (2023, a), donde se analiza la significación de la frecuencia de ocurrencia de las sequías y de sus tendencias, tanto para las series de totales precipitación como las series tras sustraer sus tendencias. Aquí se presentan resultados para las tendencias en totales de precipitación.

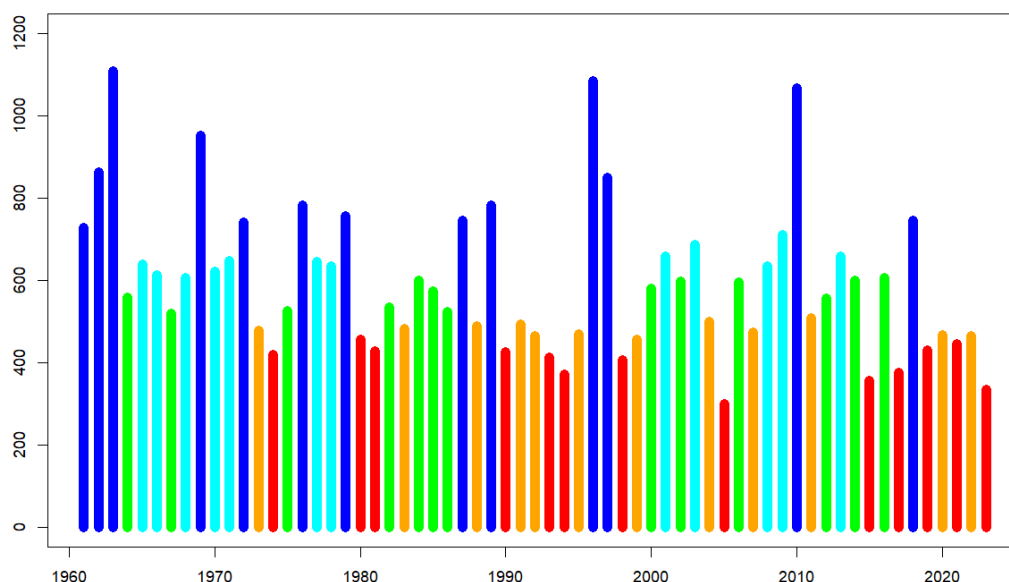


Figura 1- Serie de las precipitaciones anuales areales medias (mm) en la cuenca del Guadalquivir (colores según el quintil)

En la Tabla I se muestran la media, quintiles y extremos de la serie de precipitación media areal anual de la cuenca en 1961-2023. Aunque la media son casi 600 mm es remarcable la fuerte oscilación entre los extremos de la serie, el mínimo es del orden de la mitad de la media y el máximo del doble de la media.

Tabla I

Media	Mín	Q20	Q40	Q50	Q60	Q80	Máx
591	300	457	518	574	607	721	1109

En la Figura 1, gráfico temporal de las medias areales anuales, es apreciable la acumulación relativa de años húmedos en el primer decenio y, en clara contraposición, años secos desde 2010. Estos últimos años acumulan 5 años en el primer quintil, y otros tres en el segundo, siendo solo superados en su carácter seco por el decenio de los 90 del pasado siglo.

El resultado del análisis de las tendencias en las subseries que finalizan en 2023, pero con año inicial entre 1961 y 2021 por saltos de 10 años, se recoge en la Tabla II. La serie completa tiene una tendencia de -28.6 mm/10 años, que representa casi un 5% de la media de descenso cada 10 años en promedio, y es estadísticamente significativa con un 1% de p-valor. La siguiente subserie 1971-2023 ya no es estadísticamente significativa en cuanto a tendencia, lo que refleja el carácter excepcionalmente húmedo de los años sesenta del siglo pasado. La última subserie analizada, 2001-2023, tiene una tendencia decreciente muy grande en valor absoluto en comparación con las otras subseries, lo que en parte se explica por su menor longitud, pero aún teniendo esto en cuenta destaca claramente. Esta tendencia supone un 14.1% de la media cada 10 años, -78.5 mm/10 años, pero no llega al 5% de nivel de significación aunque se acerca (9% de p-valor).

Tabla II

Año inicial	1961	1971	1981	1991	2001
Tendencia (mm/10 a)	-28.6	-13.9	-9.4	-23.2	-78.5
Tend.Rel. (/10 a)	-4.8	-2.4	-1.7	-4.2	-14.1
P-valor	1%	20%	60%	70%	9%

REFERENCIAS

Romero Fresneda, R. et al (2020): Comportamiento de las precipitaciones en España y periodos de sequía (periodo 1961-2018). Nota técnica 32 de AEMET.

López Díaz, J. A. (2023a): Un estudio estadístico de la frecuencia de la sequía y su tendencia en España. Revista Tiempo y Clima, Vol. 5 Núm. 81.

López Díaz, J. A. (2023b): Relación entre la tendencia de la precipitación anual y la tendencia en la ocurrencia de sequía. Revista Tiempo y Clima, Vol. 5 Núm. 81.

SESIÓN: PROCESOS FÍSICOS

DESCIFRANDO LAS FUENTES DE HUMEDAD PARA LA PRECIPITACIÓN EN RÍOS ATMOSFÉRICOS

UNRAVELING THE SOURCES OF MOISTURE FOR PRECIPITATION IN ATMOSPHERIC RIVERS

Alfredo Crespo-Otero⁽¹⁾, Damián Insua-Costa⁽²⁾, Gonzalo Míguez-Macho⁽¹⁾

⁽¹⁾ CRETUS, Non-Linear Physics Group, Universidade de Santiago de Compostela, Galicia, España, alfredocrespo.otero@usc.es

⁽²⁾ Hydro-Climates Extremes Lab (H-Cel), Ghent University, Gante, Bélgica

SUMMARY

Atmospheric rivers (ARs) are bands of enhanced moisture in the atmosphere which transport large volumes of water vapor, and they are mainly located in subtropical and mid-latitude oceanic areas. When they make landfall, the huge amounts of water vapor they carry are forced upwards and, as a consequence, intense or even heavy precipitation may occur, potentially leading to floods and damage. The scientific community is particularly interested in the origin of the moisture in them, with ongoing debates about whether tropical or extratropical regions contribute more significantly. To fill this gap, we use a Lagrangian moisture tracking technique validated using the WRF model with water vapor tracers (WRF-WVTs) to compute moisture sources for precipitation in selected AR cases. Preliminary results show diverse sources, including oceanic and continental regions, with notable variability across events. Unexpectedly, tropical moisture appears less significant than previously thought, although its role remains crucial in the early stages of AR formation.

Los ríos atmosféricos son filamentos de humedad concentrada en la atmósfera, ubicados principalmente en zonas subtropicales y latitudes medias sobre extensas áreas oceánicas. Estas estructuras son capaces de transportar enormes volúmenes de vapor de agua, a menudo comparables a los flujos de los ríos más grandes del planeta. Cuando se aproximan a tierra e interaccionan con la topografía terrestre, el vapor de agua es forzado a ascender, con lo que condensa, y esto resulta en precipitaciones intensas o incluso extremas. Tales eventos pueden causar inundaciones y severos daños, lo que evidencia el impacto significativo de los ríos atmosféricos en nuestra vida cotidiana y señala la necesidad de comprender más profundamente sus características físicas.

Una propiedad crítica de los ríos atmosféricos que ha capturado la atención de la comunidad científica es el origen de la humedad que transportan y que finalmente regresa a la superficie en forma de precipitación. Aunque estudios recientes han avanzado en la identificación y cuantificación de las fuentes de humedad utilizando modelos distintos y variados, persiste la incertidumbre sobre si las contribuciones más significativas provienen de regiones tropicales o extratropicales. Esta ambigüedad se refleja incluso en la definición de río atmosférico en el Glosario de Meteorología.

Abordar esta cuestión exige desarrollar una climatología detallada de las fuentes de humedad para la precipitación asociada a ríos atmosféricos. Aunque la variedad de modelos de transporte de humedad ofrece distintas perspectivas con las que afrontar este problema, a menudo conducen a resultados no compatibles entre sí. En nuestro estudio, adoptamos una técnica Lagrangiana de seguimiento de la humedad basada en el modelo de dispersión de partículas FLEXPART, validada mediante el modelo WRF con trazadores de humedad (WRF-WVTs), considerado una de las herramientas más precisas para la caracterización del transporte de humedad. Esto nos permite alinear nuestros hallazgos con los obtenidos a través del modelo WRF-WVTs, y simular de manera eficaz una amplia gama de ríos atmosféricos, determinando el origen de la precipitación que generan.

Los resultados preliminares muestran una amplia diversidad en las fuentes de humedad, incluyendo regiones oceánicas y continentales, y evidenciando una notable variabilidad entre distintos eventos. De manera sorprendente, sugieren una contribución menos relevante de la humedad tropical de lo anteriormente considerado. No obstante, un análisis más detallado sobre cómo cambian las fuentes de humedad a lo largo de la evolución de un río atmosférico muestra un papel más destacado de la humedad tropical en las fases iniciales de formación, lo que subraya la complejidad del proceso de adquisición de vapor de agua en los ríos atmosféricos.

ESTUDIO OBSERVACIONAL DE LAS BRISAS DE VALLE EN TERRENO HETEROGÉNEO: CARACTERIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN EL VALLE DE AURE (PIRINEOS)

OBSERVATIONAL STUDY OF VALLEY BREEZES IN HETEROGENEOUS TERRAIN: VERTICAL AND HORIZONTAL CHARACTERIZATION IN THE AURE VALLEY (PYRENEES)

Pablo Ortiz-Corral⁽¹⁾, Carlos Román-Cascón⁽²⁾, Carlos Yagüe⁽¹⁾,
Juan Alberto Jiménez Rincón⁽²⁾, Mariano Sastre⁽¹⁾, Cristina Vegas-Cañas⁽³⁾, Mathilde Jomé⁽⁴⁾,

Fabienne Lohou⁽⁴⁾, Marie Lothon⁽⁴⁾, Jielun Sun⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, pablo01@ucm.es

⁽²⁾ Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, INMAR, CEIMAR, Universidad de Cádiz, Puerto Real, España

⁽³⁾ Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

⁽⁴⁾ Laboratoire d'Aerologie, CNRS, Université de Toulouse, Toulouse, Francia

⁽⁵⁾ NorthWest Research Associates, Boulder, Colorado, Estados Unidos de América

SUMMARY

This research focuses on the observational analysis of nocturnal downvalley flows in a southern French valley near the Pyrenees. Deploying meteorological stations and launching radiosondes, the study investigates the intricate interactions between synoptic conditions and local surface processes. Notably, strong westward synoptic forcing inhibits downvalley flow formation, while moderate synoptic forcing combined with the valley's north-south orientation allows nocturnal flows to develop. The study also delves into atmospheric stability, utilizing Richardson bulk numbers to discern thermal-induced turbulence from dynamically-driven turbulence. The findings underscore the need for comprehensive observational studies considering both synoptic and surface processes, with a particular emphasis on local topography.

Este trabajo se centra en el análisis observacional de los flujos descendentes (downvalley flows) nocturnos en un valle del sur de Francia, cerca de los Pirineos. Se instalaron tres estaciones meteorológicas estratégicamente situadas alrededor del valle en el marco de los proyectos LATMOS-i (1) y WINDABL (2) y en colaboración con el proyecto francés MOSAI(3). Dos de las estaciones se colocaron alineadas con el valle, una en la salida del valle (Site 1) y otra justo al final de este (Site 3). La última se colocó en uno de los laterales del valle (Site 2). La Site 1 es la más completa, contando con medidas en alta frecuencia de las tres componentes del viento (permitiendo el cálculo de flujos eddy-covariance) además de otras variables meteorológicas como flujos radiativos, temperatura, precipitación, presión, humedad y medidas de suelo (Eddy Station). La Site 2 cuenta con medidas de flujos radiativos, temperatura, presión, precipitación y humedad (Automatic Weather Station). Finalmente, la Site 3 es la más simple, ya que cuenta con medidas en alta resolución de las tres componentes del viento, temperatura y presión.

Además de las mediciones cerca de la superficie, se lanzaron varios radiosondeos durante las noches para caracterizar la estructura vertical de estos vientos. Cuando existe un débil forzamiento sinóptico, cerca de la superficie las noches con flujos de valle descendentes se caracterizan por ser vientos del sur (procedentes de los Pirineos) cuya intensidad aumenta progresivamente y producen valores más altos de los parámetros turbulentos que los observados durante el día.

Entre los resultados que se mostrarán, están el análisis de la estructura vertical del flujo descendente, que presenta variaciones significativas a lo largo de la noche, influida por una compleja interacción entre las

condiciones sinópticas y los procesos intrínsecos a la superficie. Los días caracterizados por un fuerte forzamiento sinóptico, típicamente del oeste en la región de estudio, inhiben completamente la formación de flujo de valle descendente. Sin embargo, en días con forzamiento sinóptico moderado a débil, la orientación norte-sur del valle, unida a la presencia de montañas, parece actuar como un escudo contra los vientos sinópticos, permitiendo que el flujo nocturno de valle descendente se forme dentro del mismo.

También se presentará un análisis de la estabilidad atmosférica utilizando el número de Richardson bulk en diferentes capas. Un aspecto clave es ver si se pueden diferenciar las capas con mayor estabilidad estática/inestabilidad dinámica para discernir si la turbulencia se inhibe principalmente a partir de efectos térmicos o se ve generada dinámicamente por la cizalla del viento.

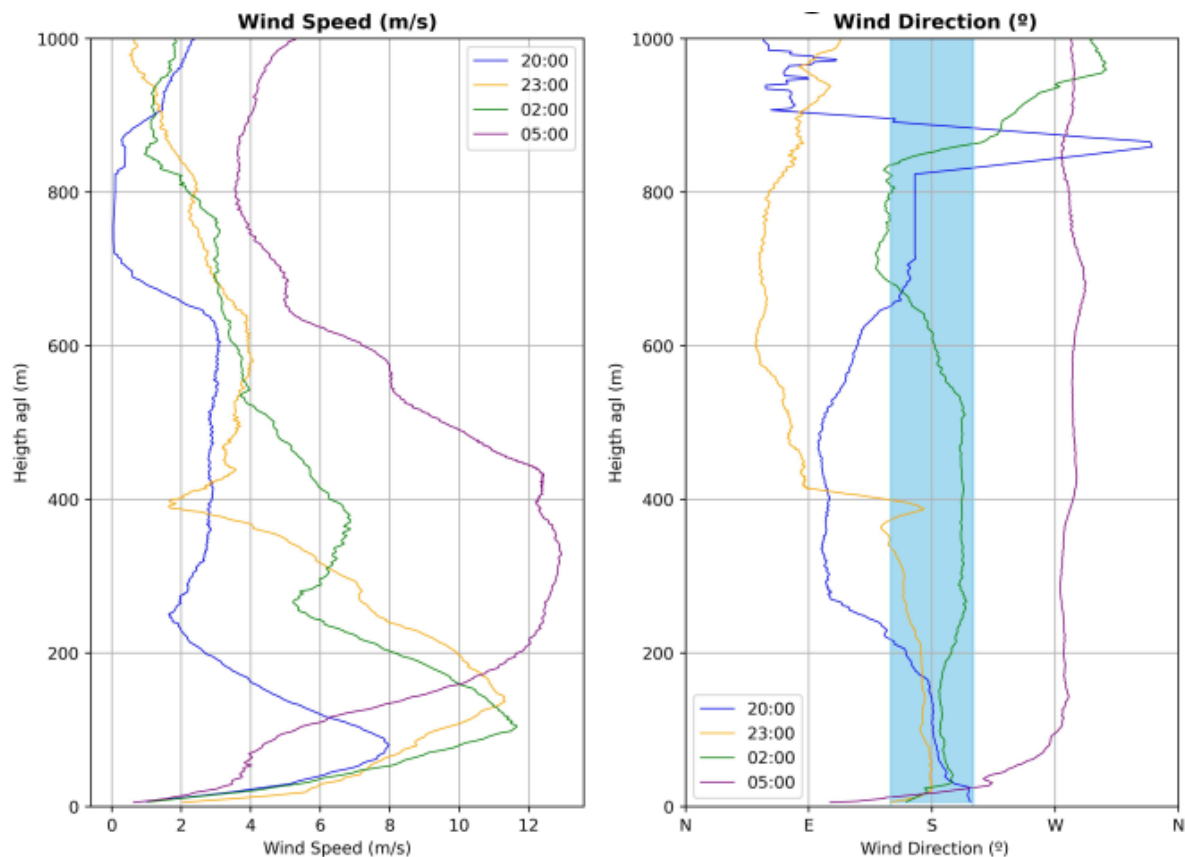


Figura 2 – Perfiles verticales de velocidad de viento (izquierda) y dirección de viento (derecha) correspondientes a los sondeos lanzados la noche del 19 de agosto de 2023 desde Site 1. La zona azul delimita la dirección considerada como flujo de valle descendente.

Este estudio pone en valor la complejidad de los estudios observacionales que tratan de diferenciar los factores que influyen en el comportamiento de los flujos descendentes de valle, haciendo hincapié en la necesidad de considerar tanto las condiciones sinópticas como los procesos de menor escala, en los que la superficie juega un papel decisivo, incluyendo el importante efecto que desempeña la topografía local.

Agradecimientos

(1) LATMOS-i (Land-ATMOSphere interactions in a changing environment: How do they impact on atmospheric-boundary-layer processes at the meso, sub-meso and local scales in mountainous and coastal areas?) (PID2020-115321RB-I00, financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033).

(2) El proyecto WINDABL (PR2022-055) es un proyecto para impulsar la carrera de jóvenes investigadores financiado por la Universidad de Cádiz (España) (Plan Propio).

(3) MOSAI (Model and Observation for Surface-Atmosphere Interactions, <https://mosai.aeris-data.fr/>).

ESTUDIO OBSERVACIONAL Y SIMULACIONES NUMÉRICAS DE BRISAS MARINAS EN LA COSTA DE MÁLAGA

OBSERVATIONAL STUDY AND NUMERICAL SIMULATIONS OF SEA BREEZES ON THE COAST OF MALAGA

Pablo Fernández-Castillo^{(1) (2)}, Carlos Yagüe⁽²⁾, Carlos Román-Cascón⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geociencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad Complutense de Madrid (CSIC-UCM), Madrid, España, pablof16@ucm.es

⁽²⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, carlos@ucm.es

⁽³⁾ Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, INMAR, CEIMAR, Universidad de Cádiz, Puerto Real, Cádiz, España, carlos.roman@uca.es

SUMMARY

Sea breezes are thermally-driven flows that develop on the mesoscale, influencing the thermal regime, diffusion of pollutants and convection triggering at coastal areas. Sea breezes on the coast of Malaga are analysed in this study. Firstly, an observational characterisation of the sea breeze is carried out, analysing observational data from three proximate stations during the summer 2022. The arrival of the sea breeze results in an increase in specific humidity and wind speed, and contributes to moderate the temperature increase at daytime. However, some differences can be identified between the three sites, showing the complexity of the area. Secondly, a sea breeze event of interest is analysed by means of a high-resolution numerical simulation with the WRF model. The output surface wind field shows complex surface wind circulations appearing in the area that can explain the remarkable temperature gradients found in observations. The results show the contribution of high-resolution numerical simulations to the identification of the underlying physical processes.

Las brisas marinas son circulaciones térmicas mesoescalares que se forman debido a la diferencia entre el calentamiento de la superficie terrestre y el de la superficie oceánica, afectando a las regiones costeras. Este fenómeno tiene impactos importantes en las temperaturas y confort térmico de estas regiones, la evolución de la capa límite atmosférica, el recurso eólico mar adentro, la difusión de contaminantes o el disparo de la convección (Arrillaga et al., 2016). Todo ello, junto con el hecho de que una parte importante de la población mundial habita en zonas costeras, resalta la importancia del estudio de las brisas marinas y de sus procesos asociados. En este estudio, se analiza la brisa marina en la costa de Málaga, región que exhibe una orografía compleja, una orientación cambiante de la línea de costa y una importante densidad de edificios que caracteriza al área urbana de la ciudad. A ello se le suma la importante variabilidad de la temperatura superficial del mar debido a los episodios de afloramiento costero, frecuentes en la región. Todos estos elementos interaccionan con las brisas marinas, añadiendo complejidad e interés a su estudio en este sector próximo al Estrecho de Gibraltar. El primer objetivo de este trabajo consiste en realizar un análisis observacional de las brisas marinas en el entorno de la ciudad de Málaga, con datos de tres observatorios oficiales de AEMET durante el verano de 2022. A pesar de la cercanía entre ellos (pocos kilómetros), se han encontrado diferencias en la evolución de la temperatura, humedad y viento en los días de brisa. La llegada de la brisa marina es fácilmente identificable en las localizaciones más cercanas al mar, donde contribuye a una disminución de la temperatura que no se observa en localidades 2-5 km tierra adentro. La brisa marina también da lugar a un aumento en la velocidad del viento y de la humedad específica (Figura 1). El segundo objetivo del trabajo consiste en realizar una simulación numérica en alta resolución (1 km) con el modelo numérico mesoescalar *Weather Research and Forecasting* (WRF) (Skamarock et al., 2019) de un episodio de especial interés, en el cual se observaron diferencias de temperatura de hasta 7 °C entre las localizaciones, con el propósito de identificar los procesos físicos que contribuyeron a ello. Como resultado, se ha identificado un campo de vientos cerca de la superficie complejo que podría explicar estas diferencias de temperatura, poniendo de manifiesto el valor añadido de las simulaciones numéricas de alta resolución en la comprensión de los procesos físicos asociados (Figura 2).

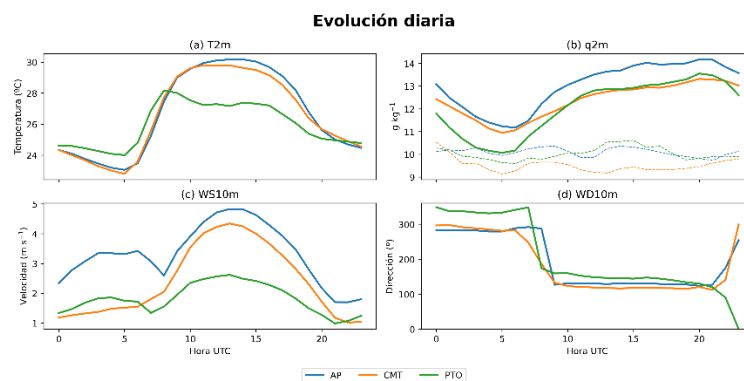


Figura 1 – Evolución diaria, en los días de brisa marina, de: (a) la temperatura en superficie, (b) humedad específica en superficie, (c) velocidad del viento y (d) dirección del viento en superficie en los tres emplazamientos (Málaga-aeropuerto; AP, Málaga-centro meteorológico; CMT y Málaga-puerto; PTO). En (b), se muestra con líneas discontinuas la evolución en los días que no son de brisa.

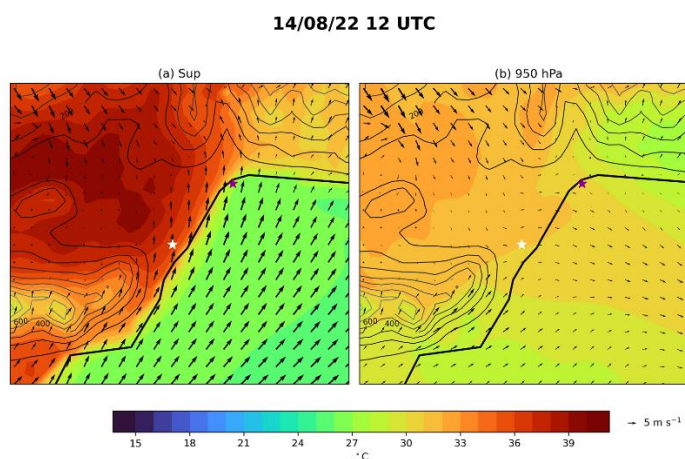


Figura 2 – Campo de temperatura (contornos) y viento (flechas) en (a) superficie y en (b) 950 hPa, simulado por el modelo WRF a las 12 UTC del 14/08/22. Se han representado isolíneas, cada 100 m, de la elevación del terreno del modelo. La estrella blanca corresponde a la localización de AP y la estrella morada, a la localización de PTO.

REFERENCIAS

- Arrillaga, J. A. et al. (2016): *A characterisation of sea-breeze events in the eastern Cantabrian coast (Spain) from observational data and WRF simulations*. Atmos. Res. ,181, 265-280.
- Skamarock, W. C. et al. (2019): *A description of the advanced research WRF model version 4* National Center for Atmospheric Research: Boulder, CO, USA.

Agradecimientos

A la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y a *Copernicus Climate Change Service* por proporcionar los datos que se han empleado en este trabajo.

A NCEP por proporcionar los datos para las condiciones iniciales y de contorno para las simulaciones con WRF.

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco del Proyecto de I+D+i PID2020-115321RB-I00 (LATMOS-i), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

IMPACTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA EN LA TEMPERATURA DEL AIRE CERCA DE LA SUPERFICIE Y EN EL BALANCE DE ENERGÍA SUPERFICIAL: ANÁLISIS CON EL MODELO MESOESCALAR WRF PARA MADRID DESDE 1970 A 2020

IMPACTS OF URBAN EXPANSION ON NEAR-SURFACE AIR TEMPERATURE AND SURFACE ENERGY BALANCE: WRF MESOSCALE MODELLING ANALYSIS FOR MADRID FROM 1970 TO 2020

Juan Carbone⁽¹⁾, Beatriz Sanchez⁽²⁾, Carlos Román-Cascón⁽³⁾, Alberto Martilli⁽²⁾, Dominic Royé⁽⁴⁾, Carlos Yagüe⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dpto. de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, España.

jcarbone@ucm.es

⁽²⁾ Grupo de Modelización Atmosférica, Dpto. Medio Ambiente, CIEMAT, Madrid, España.

⁽³⁾ Dpto. Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, INMAR, CEIMAR, Universidad de Cádiz, Puerto Real, España.

⁽⁴⁾ Fundación para la Investigación del Clima (FIC), Madrid, España.

SUMMARY

The aim of this study is to examine the consequences of Madrid's urban growth on the near-surface air temperature and on the Surface Energy Balance (SEB). We conduct a modelling study using WRF-ARW mesoscale model with the multilayer urban parameterization BEP-BEM, in which the land use and the land cover have been modified according to urban expansion in Madrid and its surroundings from 1970 to 2020. Two scenarios of common meteorological conditions of special interest are selected for this study: a period of intense heatwave in summer season and a short period of strongly stable atmospheric conditions in winter, both in 2020. Results show that in areas where the urban fraction become greater an increase in near-surface air temperature is found for both simulated periods, especially during the night, pointing out that the cooling rate decreases in urban areas. The growing of urban land cover over time also modifies the SEB and turbulent transport in Madrid and surroundings, leading to an increase in temperatures, mainly during nighttime.

La proporción de la población mundial que vive en áreas urbanas ha experimentado un aumento significativo en los últimos 50 años, pasando del 37% al 56%, con proyecciones que indican que esta tendencia continuará, alcanzando el 60% para el año 2030 (Gerland et al., 2022). Este crecimiento en la población urbana genera una mayor demanda de viviendas y servicios públicos, cuyos cambios en la cobertura del suelo y las características de la infraestructura afectan al clima local. Estas áreas urbanas ejercen multitud de interacciones que modifican el intercambio de calor, momento y humedad entre la superficie y la baja atmósfera. Además, redistribuyen el calor de manera distinta a las áreas rurales debido a diferencias en el balance de energía superficial (SEB), lo que resulta en temperaturas más elevadas en estas zonas (Landsberg, 1981). Este fenómeno constituye la causa principal del efecto de isla de calor urbana (UHI) y sigue siendo una de las consecuencias más significativas del aumento de la urbanización, la cual se ve agravada por el calor generado por actividades antropogénicas como el tráfico, la industria, el uso de electrodomésticos, sistemas de ventilación y aire acondicionado especialmente durante el verano (Salamanca et al., 2012).

Este estudio se enfoca en la ciudad de Madrid y sus alrededores (incluyendo el municipio y todas las ciudades satélite circundantes), que han experimentado una fuerte expansión en los últimos 50 años. Entre 1970 y 2020, la población de la región se ha duplicado, y como resultado, la extensión de las superficies construidas ha aumentado en un factor 5 (EEA report, 2006). Para evaluar el impacto del desarrollo urbano en la meteorología local, se emplea el modelo de mesoescala WRF-ARW con el esquema multicapa BEP-BEM diseñado para representar áreas urbanas (Martilli et al., 2002; Salamanca et al., 2010). Se han seleccionado dos periodos representativos: un periodo de intensa ola de calor y un periodo invernal con condiciones atmosféricas estables, ambos observados en 2020. La metodología implica la modificación del uso y cobertura del suelo utilizando mapas realistas del desarrollo urbano de Madrid en 1970 y 2020 (Figura 1).

Este aumento de la urbanización influye en los términos del SEB (Ecuación 1).

$$Q^* = Q_E + Q_H + \Delta Q_s \quad (1)$$

donde Q^* es la radiación neta, Q_E el flujo de calor latente, Q_H el flujo de calor sensible y ΔQ_s el almacenamiento de calor en la superficie.

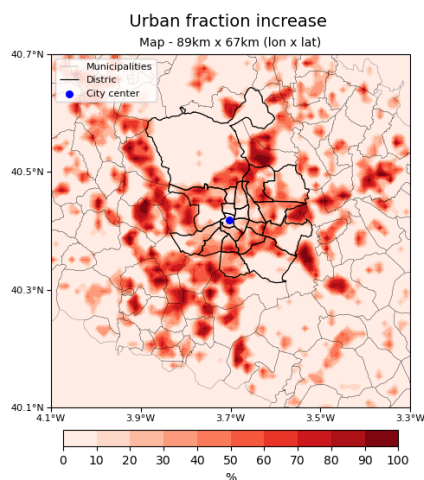


Figura 1 – Diferencia en la fracción urbana (%) en la región de Madrid de 1970 a 2020.

Las zonas urbanas son muy impermeables y tienen menos vegetación, lo que reduce la humedad de suelo y como consecuencia el flujo de calor latente. Además, las características de las superficies urbanas (propiedades de los materiales y la morfología de la ciudad) aumentan el almacenamiento de calor en la superficie, liberándolo durante la noche y exacerbando el aumento de las temperaturas nocturnas. Por lo tanto, la influencia de la expansión urbana en las temperaturas del aire cercanas a la superficie (T_a) es más notable durante la noche, resultando en temperaturas mínimas más altas en áreas altamente urbanizadas. El aumento promedio durante la noche es de 1.5°C, para ambos periodos, con áreas específicas alcanzando hasta 7°C en verano y 6.5°C en invierno.

Se discutirá en detalle las diferencias en los distintos términos del SEB para los periodos simulados de invierno y verano debido al desarrollo urbanístico (Figura 2).

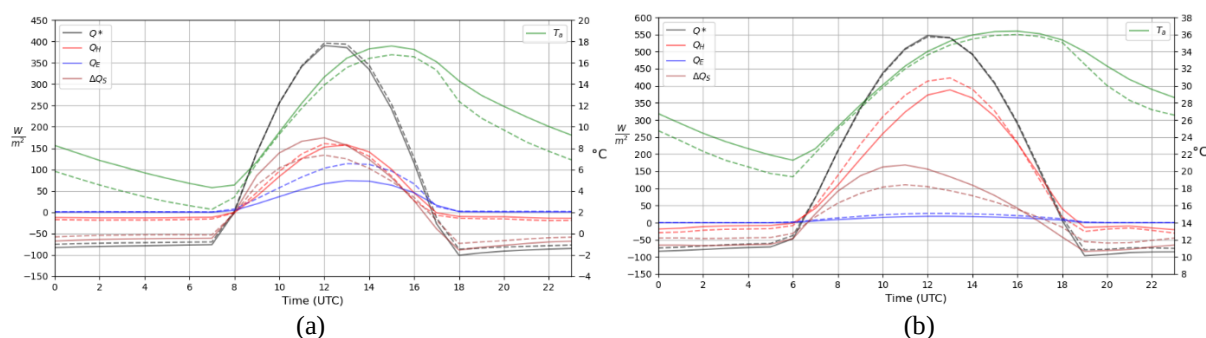


Figura 2 - SEB (líneas discontinuas para 1970 y líneas sólidas para 2020) y T_a (líneas verdes) para el período estable de invierno (a) y el periodo de ola de calor (b). Estos son los promedios de todos los días del periodo para los puntos que han aumentado su fracción urbana entre 1970 y 2020, y se encuentran a una altitud entre 600-700m.

REFERENCIAS

- EEA report (2006): *Urban Sprawl in Europe: The Ignored Challenge*. EEA report No 10/2006, European Environment Agency.
- Gerland, P. et al. (2022): *World Population Prospects 2022: Summary of results*.
- Landsberg, H. (1981): *The urban climate*. Academic press.
- Martilli, A., Clappier, A., Rotach, M.W. (2002): *An Urban Surface Exchange Parameterisation for Mesoscale Models*. Boundary Layer Meteorol., 104, 261–304.
- Salamanca, F. et al. (2010): *A new building energy model coupled with an urban canopy parameterization for urban climate simulations-part I. formulation, verification, and sensitivity analysis of the model*. Theor. Appl. Climatol., 99, 331–344.

Agradecimientos

Trabajo financiado por la Comunidad de Madrid y la Comisión Europea bajo el proyecto AIRTEC-CM (S2018/EMT4329). Se agradece al Ayuntamiento de Madrid los datos de sus estaciones de calidad del aire.

LA EXCEPCIONAL OLA DE FRÍO TRAS LA DEPRESIÓN FILOMENA. ANÁLISIS DEL BALANCE DE ENERGÍA SUPERFICIAL Y DE LOS PROCESOS DE MICROESCALA ASOCIADOS

THE EXCEPTIONAL COLD WAVE SUBSEQUENT TO SNOWSTORM FILOMENA. ANALYSIS OF THE SURFACE ENERGY BALANCE AND ASSOCIATED MICROSCALE PROCESSES

Pablo Fernández-Castillo^{(1) (2)}, Carlos Yagüe⁽²⁾, Carlos Román-Cascón⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geociencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad Complutense de Madrid (CSIC-UCM), Madrid, pablof16@ucm.es

⁽²⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, carlos@ucm.es

⁽³⁾ Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, INMAR, CEIMAR, Universidad de Cádiz, Puerto Real, Spain, carlos.roman@uca.es

SUMMARY

During January 11-18 2021, the interior of Spain was affected by one of its most extreme cold waves in this century. This event followed historical snowstorm Filomena, with snow accumulations of 30-50 cm in the interior of the country. This study aims at analysing the physical processes leading to the extreme cold temperatures close to the surface, analysing the contribution of the different scales, namely the synoptic and microscale. It is found that the cold wave was not driven by cold wave advection, as is usually the case in Iberia. Stable synoptic-scale conditions enhanced the contribution of the microscale. The study of the microscale processes is carried out by means of analysis of in-situ data from a micrometeorological station at a rural area in the Community of Madrid. Results from this part show that surface albedo incremented from 20% to 80%, leading to a reduction in the net radiation available at the surface, subsequently impacting the sensible, latent and ground heat fluxes. The study proves to contribute to the understanding of the physical processes associated.

La depresión Filomena afectó a la península ibérica en enero de 2021, dando lugar a una de las mayores nevadas de las últimas décadas en el interior de España, teniendo en cuenta su extensión, persistencia e intensidad (Agencia Estatal de Meteorología; AEMET, 2021). Cuando Filomena abandonó la península ibérica, se inició una ola de frío del 11 al 18 de enero. Esta ola de frío fue de las más considerables del siglo XXI en España, registrándose récords de temperaturas bajas en varios observatorios oficiales. Los estudios existentes sobre episodios de frío anómalo en la península ibérica en invierno han encontrado que estos episodios normalmente se deben a un importante forzamiento sinóptico que da lugar a una advección de aire frío sobre la península ibérica (p. ej.: García-Burgos et al. (2023)). Sin embargo, la situación sinóptica en la ola de frío posterior a Filomena fue completamente diferente, estando caracterizada por un escaso forzamiento sinóptico e incluso anomalías positivas de temperatura en 850 hPa (Figura 1). Además, teniendo en cuenta los importantes impactos asociados con esta ola de frío, es necesario analizar los mecanismos que favorecieron las temperaturas excepcionalmente bajas. Por ello, los objetivos de este estudio consisten en identificar y analizar los procesos físicos que contribuyeron a la ola de frío, tanto en la escala sinóptica como en la microescala. En el análisis sinóptico, se identifica una dorsal anticiclónica afectando a la península ibérica, propiciando condiciones de estabilidad atmosférica y vientos débiles. Estas condiciones favorecen la formación de inversiones térmicas de subsidencia, con aire muy frío acumulándose en las zonas llanas. Además, con esta situación aumentan la importancia de los procesos de microescala. Éstos estudian mediante el análisis del balance de energía superficial (conocido por SEB en inglés) y de la turbulencia, empleando datos observacionales in-situ de una torre micrometeorológica en El Escorial, Madrid (Herrería-GuMNet).

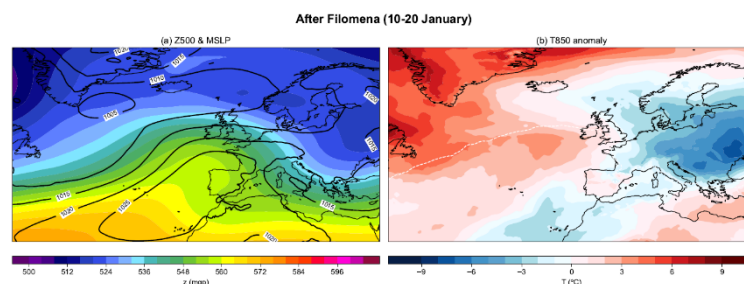


Figura 1 – Condiciones sinópticas en el periodo posterior al paso de Filomena. Mapas compuestos, a lo largo del período 11-18 de enero de 2021, de (a) altura geopotencial en 500 hPa (dam; contornos) y presión en superficie reducida al nivel del mar (hPa; isolíneas) y (b) anomalía de temperatura en 850 hPa con respecto a la climatología 1981-2010. Datos procedentes del reanálisis ERA5 (Hersbach et al., 2023).

Se ha encontrado que el albedo superficial aumentó del 20% al 80% tras la nevada, reduciéndose la cantidad de energía solar absorbida por la superficie y, en consecuencia, el calentamiento de la misma. La escasa turbulencia, analizada mediante la energía cinética turbulenta obtenida mediante un anemómetro sónico, contribuyó a un mayor enfriamiento del aire cerca de la superficie, intensificando las inversiones térmicas superficiales. Los flujos turbulentos (calor sensible, latente y de suelo) también experimentaron cambios significativos con respecto al período anterior a la nevada (Figura 2). Los resultados de este estudio resaltan la importancia de los procesos de microescala en las temperaturas excepcionalmente bajas en este episodio y de contar con datos observacionales, sin los cuales no se podría haber identificado los procesos físicos más relevantes.

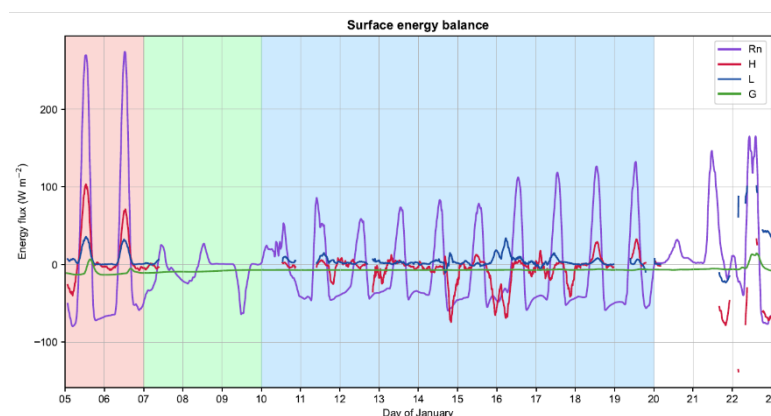


Figura 2 – Evolución de los diferentes términos del balance de energía superficial a lo largo de parte del mes de enero de 2021 en La Herrería: radiación neta (R_n ; línea morada), flujos de calor sensible (H ; línea roja), de calor latente (L ; línea azul) y de calor de suelo (G ; línea verde). A cada variable se le ha aplicado una media móvil trihoraria. El sombreado rojo corresponde a los días previos a la nevada, el verde a los días durante la nevada y, el azul, a los días posteriores a la nevada con nieve en el suelo.

REFERENCIAS

- AEMET (2021): *Informe sobre la borrasca Filomena y la posterior ola de frío*.
 García-Burgos, M. et al. (2023): *Jet configurations leading to extreme winter temperatures over Europe*. J. Geophys. Res. (Atmospheres), 128(24).
 Hersbach, H. et al. (2023): *ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).

Agradecimientos

A la red GuMNet (Guadarrama Monitoring Network), perteneciente al Campus de Excelencia Internacional CEI Moncloa, por haber facilitado los datos de la estación de La Herrería, así como a Patrimonio Nacional por las facilidades dadas en la instalación de la torre meteorológica.

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco del Proyecto de I+D+i PID2020-115321RB-I00 (LATMOS-i), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DURANTE LA COVID 19 COMO CASO DE ESTUDIO PARA LA COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE IMPACTOS EN CALIDAD DEL AIRE

EMISSIONS REDUCTIONS DURING COVID 19 AS A CASE STUDY FOR COMPARING METHODS FOR ESTIMATING IMPACTS ON AIR QUALITY

Coralina Hernández⁽¹⁾, Marta G. Vivanco⁽¹⁾, Mark R. Theobald⁽¹⁾, Juan Luis Garrido⁽¹⁾,
Victoria Gil⁽¹⁾, Carlos Ordóñez⁽²⁾, José Manuel Garrido⁽²⁾, Alejandro Rodríguez⁽¹⁾,
Fernando Martín⁽¹⁾, Marc Guevara⁽³⁾, Hervé Petetin⁽³⁾

⁽¹⁾ Unidad de Modelización Atmosférica, Departamento de Medioambiente, CIEMAT, Avda.
Complutense 40, Madrid, España, coralina.hernandez@ciemat.es

⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid (UCM), Av. Complutense s/n, Madrid, España

⁽³⁾ Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS),
Plaça d'Eusebi Güell, 1-3, Les Corts, Barcelona, España

SUMMARY

Air quality models are useful tools for estimating the effect of emission reductions on pollutant concentrations, especially for hypothetical situations for which there are no observations. However, this lack of observations makes it difficult to evaluate the model response. The reduction of emissions during the COVID-19 outbreak in 2020 provided a case study for which model responses could be evaluated. The impact on air quality of the emission reductions in 2020 estimated by the CHIMERE chemistry and transport mode (CTM) was compared with estimates using methodologies based on observed concentrations. The ability of the different methods (based on observations and CTM) to predict a “business as usual” scenario (2019) was examined and then the methodologies were used to evaluate the impacts on air quality due to the COVID-19 lockdown.

La necesidad de adoptar políticas e implementar medidas efectivas para controlar y reducir la contaminación atmosférica, tanto a nivel internacional como nacional, ha puesto de relieve el potencial de los modelos de calidad del aire como herramientas para estimar los impactos asociados a dichas medidas. La elaboración de los programas nacionales y los planes de calidad del aire que se establecen a nivel local requieren conocer de manera anticipada los impactos que una medida o conjunto de ellas pueden producir en los niveles de calidad del aire. En este sentido, los modelos de química y transporte (CTM, por sus siglas en inglés) se han convertido en una herramienta fundamental para cuantificar las reducciones en los niveles de contaminación bajo diferentes escenarios de medidas de reducción de emisiones. No obstante, la evaluación de la respuesta de estos modelos bajo escenarios ficticios de reducción de emisiones es una labor más complicada, puesto que en tal caso no es posible hacer una comparación con observaciones.

La pandemia de la COVID-19 provocó una disminución generalizada de emisiones contaminantes, debido a la reducción de actividades provocada por la situación de confinamiento y la limitación de la movilidad, por lo que estas circunstancias nos ofrecen información de un escenario real de reducción de emisiones y su impacto en la calidad del aire.

Sin embargo, la interpretación de los impactos de las reducciones de emisiones a partir de los datos observados en este escenario no es una cuestión trivial. Las mediciones en el año 2020 con respecto a años anteriores no solo reflejan los cambios provocados por la reducción de emisiones a consecuencia del confinamiento, sino que también están influenciadas por las condiciones meteorológicas de ese año. En Gkatzelis et al., 2021, se muestra una revisión de distintos tipos de metodologías recogidas en la literatura, basadas en observaciones (BOO, *based-on-observations*) que tienen en cuenta este hecho. Entre ellas, por ejemplo, se encuentran las que hacen uso de modelos de machine learning (como las utilizadas por Petetin et al. (2020) y Ordóñez et al. (2020)), fundamentados en el aprendizaje de datos históricos, considerando como entrada de aprendizaje algunas variables meteorológicas históricas, de manera que el valor que predicen incluye variaciones meteorológicas.

Todos estos métodos BOO realizan una estimación de los valores que se hubiesen producido en un escenario normal de emisiones (conocido como BAU, “business as usual”). De este modo, comparando estas predicciones

para el escenario “BAU” con los valores reales observados en el año 2020, puede obtenerse una estimación del impacto de la reducción de emisiones durante ese año. En este trabajo presentamos distintas metodologías basadas en observaciones (BOO) utilizadas para estimar este impacto. Una de ellas está basada en el promedio de los 5 años anteriores y la otra en un modelo GAM (*Generalized Additive Model*), aplicadas a las estaciones de calidad del aire europeas. Asimismo, para España se consideró una tercera metodología para los valores máximos de la media móvil octohoraria de O₃, basada en el algoritmo GBM (*Gradient Boosting Machine*) (Querol et al., 2021). Estos dos últimos son dos tipos diferentes de modelos de machine learning.

En este estudio mostramos cómo funcionan estas metodologías para un año considerado “normal”, es decir, sin cambios extraordinarios en las emisiones (año “BAU”): 2019. Con esta comparativa es posible evaluar si las estimaciones de estos métodos BOO se aproximaron a los valores que se observaron en 2019 y si los resultados son comparables a los de un modelo de química y transporte. Finalmente, se muestra una comparativa de los impactos de la reducción de emisiones por la COVID-19 en el año 2020 obtenidos mediante las estimaciones de estos modelos y los impactos obtenidos con el modelo de química y transporte CHIMERE (Menut et al., 2013) en España.

REFERENCIAS

- Gkatzelis, G. I. et al. (2021): *The global impacts of COVID-19 lockdowns on urban air pollution: A critical review and recommendations*. Elem. Sci. Anth., 9(1), 00176.
- Menut, L. et al. (2013). *CHIMERE 2013: A model for regional atmospheric composition modelling*. Geosci. Model Dev., 6, 981–1028.
- Ordóñez, C. et al. (2020): *Early spring near-surface ozone in Europe during the COVID-19 shutdown: Meteorological effects outweigh emission changes*. Sci. Total Environ., 747, 141322.
- Petetin, H. et al. (2020): *Meteorology-normalized impact of the COVID-19 lockdown upon NO₂ pollution in Spain*, Atmos. Chem. Phys., 20, 11119–11141
- Querol, X. et al. (2021): *Lessons from the COVID-19 air pollution decrease in Spain: Now what?*. Sci. Total Environ., 779, 146380

METEOROLOGÍA Y CALIDAD DEL AIRE URBANO: AVANCES EN SIMULACIONES A MICROESCALA

METEOROLOGY AND URBAN AIR QUALITY: ADVANCES IN MICROSCALE SIMULATIONS

E. Rivas ^(1, 2), J.L. Santiago ⁽¹⁾, B. Sanchez ⁽¹⁾, F. Martín ⁽¹⁾, A. Martilli ⁽¹⁾, M.G. Vivanco ⁽¹⁾,
M. Theobald ⁽¹⁾, J. L. Garrido ⁽¹⁾, V. Gil ⁽¹⁾, C. Hernández ⁽¹⁾, A. Rodríguez ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Medioambiente, CIEMAT, Avenida Complutense 40, Madrid, España,
esther.rivas@externos.ciemat.es

⁽²⁾ Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado, UPM, C/ Ramiro de Maeztu 7,
Madrid, España

SUMMARY

This work presents an overview of microscale modelling studies in urban environments carried out by the Atmospheric Modelling Unit (UNIMA) from CIEMAT during recent years, which illustrates, on the one hand, the evolution of CFD modelling applied to atmospheric flows and, on the other hand, the connection that exists between meteorological variables at the microscale, such as wind speed and direction, turbulence or solar irradiance and urban air quality.

Meteorología y Calidad de Aire son dos disciplinas interrelacionadas. Muchos fenómenos naturales que afectan a la calidad del aire, como los incendios forestales o las erupciones volcánicas, así como el resultado de emisiones antropogénicas de contaminantes, como los episodios de alta contaminación en las ciudades, se abordan en función de las condiciones meteorológicas en las que se circunscriben. En la interacción atmósfera-estructura urbana intervienen múltiples factores como la forma y disposición de los edificios, su antigüedad, usos y mantenimiento o la presencia de vegetación en parques, plazas, calles o edificios, lo que da lugar a patrones de flujos atmosféricos muy complejos a nivel local. Esto, unido al elevado número de fuentes contaminantes (es sabido que el tráfico es el principal responsable de los problemas de NO₂ en las ciudades), y a la variedad de reacciones químicas que experimentan muchos de estos contaminantes una vez emitidos a la atmósfera, da lugar a distribuciones espaciales con fuertes gradientes de concentración y gran variabilidad temporal. Por lo tanto, medidas puntuales como las estaciones de calidad del aire tienen una representatividad espacial reducida, y no son suficientes para capturar estas distribuciones de contaminantes.

Para cuantificar el alcance de la contaminación atmosférica a nivel local se utilizan modelos de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), que pueden complementarse con datos experimentales. Los modelos CFD resuelven numéricamente las ecuaciones de Navier Stokes que gobiernan la atmósfera urbana en celdas muy pequeñas (del orden del 1 m) bajo determinadas hipótesis físico-químicas, condiciones de contorno y de inicialización. Estas dos últimas, pueden obtenerse de otros modelos (meteorológicos, de transporte químico, de tráfico, de energética de edificios, etc.) o de medidas experimentales (estaciones de medidas, campañas, etc.).

En este trabajo, se presenta una panorámica breve de los estudios de modelización, a nivel de microescala, en entornos urbanos realizados por la Unidad de Modelización Atmosférica (UNIMA), del Departamento de Medioambiente del Ciemat, durante los últimos años y en el marco de diferentes proyectos, que ilustra, por un lado, la evolución que han experimentado los modelos CFD aplicados a la atmósfera urbana (los dominios computacionales cada vez son más extensos y la fenomenología más compleja) y, por otro, la conexión que existe entre variables meteorológicas a microescala como la velocidad y dirección del viento, la turbulencia, la irradiancia solar, etc., y la calidad del aire urbano.

En estos trabajos se simulan los flujos atmosféricos y la dispersión de los contaminantes emitidos por el tráfico para diferentes condiciones meteorológicas. Los resultados muestran la complejidad de dichos flujos observándose canalizaciones a lo largo de algunas calles cuando el viento sopla en determinadas direcciones (no siempre paralelas a las calles), Figura 1, lo que contribuye al transporte de los contaminantes atmosféricos de unas calles a otras, Figura 1, la formación de zonas de estancamiento alrededor de ciertos obstáculos urbanos donde los contaminantes se quedan atrapados, o la formación de vórtices dentro de las calles que impiden la correcta ventilación de las mismas. Todo ello puede originar zonas de alta contaminación que pueden ser muy persistentes. También el arbolado urbano, si bien contribuye a aumentar la eliminación de contaminantes por depósito sobre las hojas, puede afectar al transporte de los contaminantes atmosféricos. Aquí se muestra como éste puede tener

efectos contrapuestos en la calidad del aire que respiran los peatones en función de dónde se localice el tráfico. Si se dispone de una densa disposición de setos y árboles entre acera y calzada, formando una barrera casi continua, se podría proteger eficazmente a los peatones de la contaminación emitida en las calzadas por los vehículos. En cambio, la carencia de esa barrera entre acera y calzada, y manteniendo un dosel denso de árboles cubriendo la calle, dificultaría la ventilación y el transporte vertical de los contaminantes emitidos por los vehículos, haciendo que se acumulen en la calle sin llegar a compensar la eliminación de contaminantes por depósito sobre la superficie vegetal. No obstante, si no hubiera tráfico en las calles con vegetación, un dosel denso sería una protección para contaminación que pudiera venir de otras calles próximas transportado por encima de los edificios. Este tipo de estudios puede contribuir al dimensionado de nuevos espacios verdes, o a redimensionar los ya existentes, considerando la calidad del aire como un parámetro de diseño más.

Las reacciones químicas de los NO_x , por las que se genera y destruye O_3 en la troposfera, modulan los mapas de concentración de NO_2 dentro de las ciudades. Las simulaciones a microescala de la química atmosférica de los NO_x y el O_3 también han sido objeto de investigación. Particularmente, se ha estudiado el impacto de medidas de mejora de la calidad del aire como el uso de pinturas y pavimentos fotocatalíticos (aquellos que en presencia de luz UV oxidan a nitratos los NO_x) en las superficies urbanas, y se ha observado que su eficacia a microescala es prácticamente despreciable. En cambio, sí se ha observado que otras medidas, como la reducción de emisiones (se han estudiado diferentes escenarios de emisiones previstos denle el I Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica, I PNCCA), son efectivas en reducir los niveles de NO_2 ; aunque, a pesar de disminuir la concentración promedio de los barrios estudiados por debajo del valor límite, se observan zonas en las que se seguirían produciéndose superaciones.

Además, los efectos térmicos, como el calentamiento y enfriamiento de las fachadas de los edificios y el suelo de las calles durante los ciclos diarios, desempeñan un papel fundamental en la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Se ha observado que, en general, los efectos térmicos favorecen la ventilación de las calles, por lo que la dispersión de los contaminantes es más efectiva. No obstante, para direcciones de viento oblicuas a la calle, estos efectos pueden desplazar y deformar tanto los vórtices dentro de las calles como para que, en un mismo tramo, se tengan distribuciones de contaminantes muy dispares. También se ha observado que la adopción de medidas de mitigación del calor (así como de ahorro y eficiencia energética), como la aplicación de pinturas altamente reflectantes en las superficies (en este caso en los tejados), mejoran el confort térmico exterior y tienen un impacto moderado en la calidad del aire que respiran los peatones. Este efecto se debe a la formación de pequeñas inversiones térmicas a la altura de los tejados que dificultan la ventilación de las calles. Estos estudios permiten una visión global de las medidas de mitigación.

Finalmente, se muestra cómo las condiciones meteorológicas no sólo influyen en la calidad del aire exterior, sino también del interior. Se ha comprobado que la velocidad y dirección del viento son cruciales a la hora de ventilar una habitación, y cómo fuentes muy locales pueden contribuir significativamente al empeoramiento de la calidad del aire interior cuando la habitación se ventila de forma natural.

Estos ejemplos, además de evidenciar que la meteorología y la calidad del aire urbano van de la mano, cuantifican los impactos recíprocos en escenarios reales a muy alta resolución espacial, lo que demuestra el potencial de los modelos CFD desarrollados para evaluar y planificar la calidad del aire, tanto exterior como interior, en los entornos urbanos.

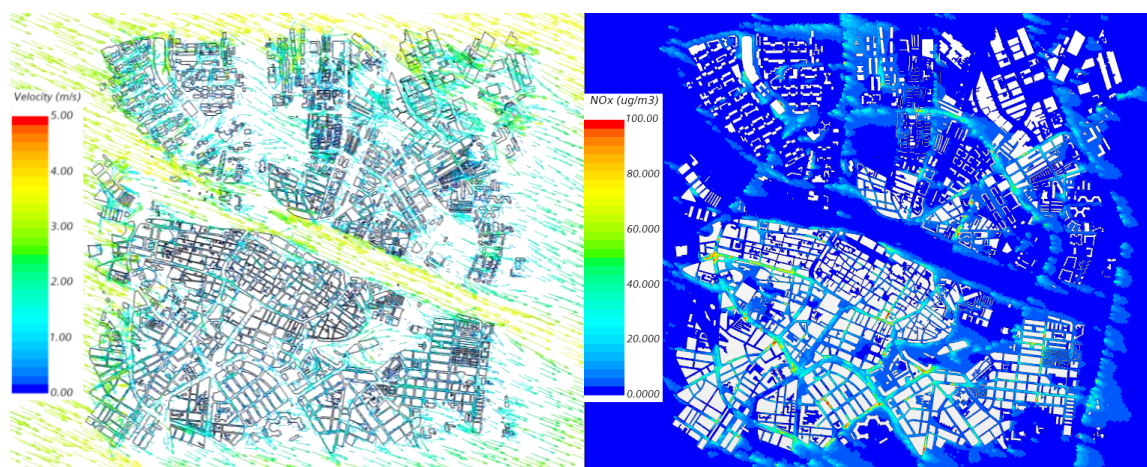


Figura 1 – Canalizaciones del flujo atmosférico y transporte de contaminantes debidos al tráfico en la ciudad de Zaragoza cuando sopla el Cierzo.

SIMULACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LAS MEDIDAS DEL PROGRAMA NACIONAL DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (2023-2030) CON EL MODELO DE QUÍMICA Y TRANSPORTE CHIMERE

SIMULATION OF THE IMPACTS OF THE MEASURES IN THE NATIONAL AIR POLLUTION CONTROL PROGRAMME (2023-2030) WITH THE CHIMERE CHEMISTRY AND TRANSPORT MODEL CHIMERE

Marta G. Vivanco ⁽¹⁾, Victoria Gil ⁽¹⁾, Juan Luis Garrido ⁽¹⁾, Mark R. Theobald ⁽¹⁾, Coralina Hernández ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Unidad de Modelización Atmosférica, Departamento de Medioambiente, CIEMAT, Madrid, España, m.garcia@ciemat.es

SUMMARY

The Spanish National Air Pollution Control Programme includes reductions in emissions of NO_x, SO₂, PM_{2.5}, NH₃ and non-methane volatile organic compounds (NMVOC) up to 2030. The two emission-reduction scenarios proposed in this Programme (WEM: With Existing Measures and WAM: With Additional Measures) were simulated with the chemistry transport model CHIMERE (v2013) at a resolution of approximately 8 km × 8 km for a domain covering the Iberian Peninsula and Balearic Islands. The year 2021 was simulated as a reference scenario, using the reported annual emissions in the Spanish National Emission Inventory and the meteorology from the European Centre (ECMWF IFS) for the same year. Also, the sensibility to other factors, such as the model version, the driving meteorology and the chemical mechanism, was evaluated by using a different version of CHIMERE (v2017), different modelled meteorology (WRF), different meteorological years and a different chemical mechanism (SAPRC-07 instead of MELCHIOR2).

La Actualización del Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica de España (2023-2030) (PNCCA 2023) establece una serie de medidas para reducir las emisiones de NO_x, SO₂, PM_{2.5}, NH₃ y compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), con el objetivo de controlar y regular la contaminación atmosférica y alcanzar los objetivos de reducción de emisiones marcados para España en la Directiva NEC (“national emission ceilings”) de techos nacionales de emisiones de contaminantes. El PNCCA 2023 contempla dos escenarios de reducción de emisiones: uno con las medidas actuales, siguiendo las políticas y regulaciones existentes (escenario con medidas existentes - CM) y otro en el que, además de estas existentes, se incluyen las medidas adicionales establecidas en el primer programa (PNCCA 2019) que aún no han sido implementadas, así como otras nuevas incorporadas a este PNCCA 2023 (escenario con medidas adicionales - CMA).

Usando las emisiones proyectadas para los años 2025 y 2030 en los escenarios CM y CMA, se realizaron simulaciones con el modelo de química y transporte atmosférico CHIMERE. Los resultados fueron utilizados para estimar el impacto que tendrían las medidas consideradas en cada escenario sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos como NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ y O₃, en particular sobre los indicadores definidos en la legislación nacional e internacional vigentes para cada contaminante.

En este estudio se consideró la versión 2013 del modelo CHIMERE con el mecanismo químico MELCHIOR2. Las simulaciones se realizaron a una resolución espacial de 0,08° × 0,08° (aproximadamente 8 km × 8 km) para un dominio que abarca la Península Ibérica y las Islas Baleares, anidado a un dominio europeo de 0,15° × 0,15° de resolución espacial. El año 2021 se simuló como año de referencia (caso base), utilizando datos de las emisiones anuales de la edición 2023 del Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes y datos meteorológicos modelizados para dicho año, del modelo IFS (*Integrated Forecasting System*) del *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), obtenidos del archivo MARS del ECMWF mediante el acceso facilitado por AEMET para proyectos de investigación. Las simulaciones de los años 2025 y 2030 se realizaron con la misma meteorología de 2021 y con las emisiones proyectadas para cada escenario (CM y CMA) en su año correspondiente.

Los resultados de la simulación para el año de referencia fueron combinados con las concentraciones observadas en 2021, realizando para ello un kriging de los residuos (diferencias entre modelo y observación en los

puntos con estaciones de medida) para todos los puntos de la malla de estudio. La malla de residuos fue añadida a la malla de las concentraciones estimadas por el modelo. Para corregir las estimaciones del modelo en los escenarios propuestos en el programa (en los que también se ha considerado la meteorología de 2021), se aplicó el kriging de residuos calculado para 2021 en términos relativos.

Los resultados correspondientes a la simulación del año de referencia (2021) combinados con las concentraciones observadas muestran superaciones del valor objetivo, umbral de información y AOT40 de O₃. Los escenarios CM y CMA para 2030 reducen el número de zonas de calidad del aire con superaciones, pero no las eliminan en todo el conjunto de indicadores de calidad del aire, siendo importante la contribución de concentraciones de fondo de O₃ y otros factores, como los climáticos de la Península Ibérica, con alta radiación solar, que facilitan la producción de ozono.

Por otro lado, con el fin de evaluar la sensibilidad de los resultados del modelo a factores que pueden influir de manera significativa en los resultados obtenidos (la versión del modelo, el modelo meteorológico seleccionado, el año meteorológico o el mecanismo químico utilizado), se han realizado simulaciones adicionales utilizando una versión diferente de CHIMERE (v2017), una meteorología modelizada diferente (WRF), otros años meteorológicos (2016, 2017, 2018, 2044, 2046 y 2050) y un mecanismo químico distinto (SAPRC-07 en lugar de MELCHIOR2).

Para las simulaciones no corregidas (sin combinación con valores observados), la sensibilidad a la meteorología fue alta, con menores impactos relativos de los escenarios para las simulaciones realizadas con WRF. La versión de CHIMERE v2017 estima mayores impactos de las medidas contempladas en el PNCCA 2023 en los indicadores de O₃ y menores impactos para el resto de los contaminantes. En lo referente al mecanismo químico, los impactos fueron bastante similares con ambos mecanismos.

REFERENCIAS

- Menut, B. et al. (2013): *CHIMERE 2013: a model for regional atmospheric composition modeling*. Geosci. Model Dev., 6, 981–1028. doi:10.5194/gmd-6-981-2013
- PNCCA (2023): Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023). *Actualización del Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica 2023-2030*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Secretaría General Técnica. NIPO: 665-23-104-4

Agradecimientos

Agradecemos al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico la información sobre las medidas de reducción y emisiones asociadas contempladas en el PNCCA 2023-2030.

RELACIONES ENTRE EL NDVI Y LOS FLUJOS TURBULENTOS DE CALOR EN UN PASTIZAL MEDITERRÁNEO

RELATIONSHIPS BETWEEN NDVI AND TURBULENT HEAT FLUXES IN A MEDITERRANEAN GRASSLAND

Victor Cicuéndez⁽¹⁾, Juan Carbone⁽¹⁾, Pablo Ortiz-Corral⁽¹⁾, Rosa Inclán⁽²⁾, Carlos Román-Cascón⁽³⁾, Mariano Sastre⁽¹⁾, Carlos Yagüe⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Plaza de Ciencias 1, Madrid, Spain. victcicu@ucm.es, jcarbone@ucm.es, pablo001@ucm.es, msastrem@ucm.es, carlos@ucm.es.

⁽²⁾ Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Avda. Complutense 40, Madrid, Spain. rm.inclan@ciemat.es.

⁽³⁾ Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Av. República Saharahui s/n, Cádiz, Spain. carlos.roman@uca.es

SUMMARY

Vegetation plays a key role on the interaction between the land surface and the atmospheric processes, and its functioning could be monitored through spectral indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained through remote sensing data. The aim of this work is to investigate the relationships between NDVI and the turbulent heat fluxes near the surface in a grassland ecosystem of Central Spain throughout a three-year period (January 2018- August 2020). Results showed that NDVI is strong correlated with sensible and latent fluxes especially during the end of growing period. Thus, including NDVI in could improve atmospheric models.

Vegetation exerts a strong influence on the interaction between the land surface and the atmospheric processes, modifying the relative contribution of sensible and latent heat to the total energy of atmospheric motions (Forzieri et al., 2020). The role of ecosystems in energy partitioning processes must be considered in Land Surface Models to improve the understanding of the land-atmosphere coupling. In this sense, parameters related to vegetation structure such as the Leaf Area Index (LAI) have been used as an indicator of the influence of vegetation on surface energy fluxes (Hoek van Dijke et al., 2020). More recently, Cicuéndez et al. (2023) used the Gross Primary production (GPP) of three contrasted forests to assess their influence on the energy partitioning processes.

Nowadays, remote sensing is an excellent tool to monitor vegetation functioning at different spatial and temporal scales. Spectral indices obtained from remote sensing data, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Tucker, 1979), are strongly related to photosynthesis and vegetation functioning. Thus, the role of vegetation in the energy partitioning processes could be assessed using these spectral indices. Recently, Lan et al. (2020) revealed the importance of considering vegetation dynamics through remote sensing observations to quantify the effect of greening on energy partitioning in China. The overall aim of this work is to investigate the relationships between NDVI and the turbulent heat fluxes near the surface in a grassland ecosystem of Central Spain throughout a three-year period (January 2018- August 2020). The NDVI is obtained from Sentinel-2 of the European Space Agency (ESA) with a high spatial (10 meters) and temporal resolution (5 days). Turbulent heat fluxes were obtained from an Eddy Covariance flux tower which belongs to the GuMNet network (<https://www.ucm.es/gumnet>).

Figure 1 showed the dynamics of the GPP and Soil Water Content (SWC) during the study period. The growing period was delayed on time in 2018 in comparison to 2019 and 2020 and it could be extended during June due to the soil moisture conditions. This fact was determinant for the stronger relationship between NDVI and turbulent heat fluxes during June and July. During 2019 and 2020, the relationship between NDVI and turbulent fluxes began earlier (mid-May).

Results in Figure 2 showed that NDVI was strongly correlated with latent (a) and sensible (b) heat especially for two months (15th of May to 15th of July). These two months coincided when the grassland showed its maximum changes, presenting their maxima of biomass and then drying quickly during the following months due to the lack of soil water availability.

In conclusion, this work showed that NDVI was strongly related to turbulent heat fluxes during the maximum and the end of the growing period of grasslands. It is well-known that it is essential to include the vegetation dynamics to improve the atmospheric and land surface models. This study is a first step to use spectral indices as a proxy to improve these models.

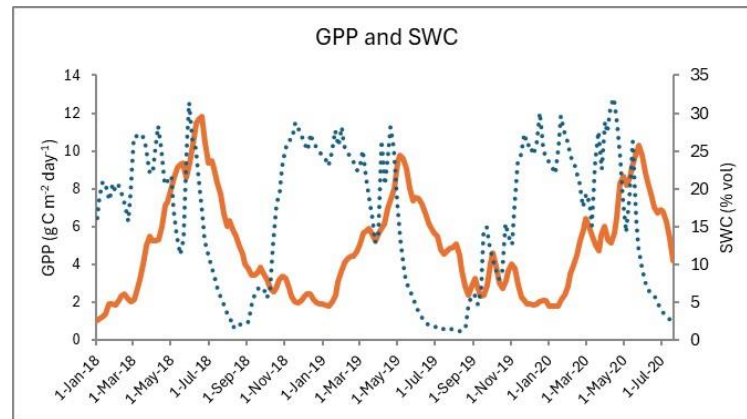


Figure 1 - Temporal evolution of Gross Primary Productivity (GPP) and Soil Water Content (SWC) during the study period: January 2018 to August 2020.

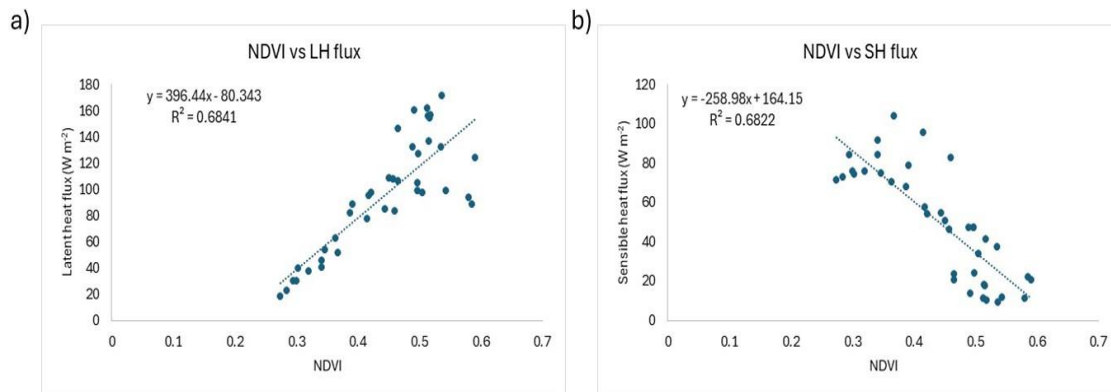


Figure 2 - Linear relationship between NDVI and Latent heat (a) and Sensible Heat (b) fluxes.

REFERENCES

- Cicuéndez, V. et al. (2023): *Dynamic relationships between gross primary production and energy partitioning in three different ecosystems based on eddy covariance time series analysis*. Front. For. Global Change, 6. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1017365>
- Ferguson, C. R., Wood, E. F., Vinukollu, R. K. (2012): *A Global Intercomparison of Modeled and Observed Land–Atmosphere Coupling*. J. Hydrometeorol., 13(3), 749–784. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-0119.1>
- Forzieri, G. et al. (2020): *Increased control of vegetation on global terrestrial energy fluxes*. Nature Climate Change, 10(4), 356–362. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0717-0>
- Hoek van Dijke, A. et al. (2020): *Examining the link between vegetation leaf area and land-atmosphere exchange of water, energy, and carbon fluxes using FLUXNET data*. Biogeosci. Discuss., 1–22. <https://doi.org/10.5194/bg-2020-50>

Acknowledgments

The authors would like to thank GuMNet for the data provided which were necessary for this study. This research was conducted in the framework of the I+D+i Spanish National Project PID2020-115321RB-I00 project (LATMOS-i) funded by the Ministerio de Ciencia e Innovación of Spain MCIN/AEI/10.13039/501100011033. Víctor Cicuéndez was supported by a postdoctoral Juan de la Cierva fellowship (FJC2021-046735-I) funded by the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 and by the European Union <<NextGenerationEU>>/PRTR>>.

SUPERCÉLULAS, GRANIZO GRANDE Y TORNADOS EN ESPAÑA

SUPERCCELLS, LARGE HAIL AND TORNADOES IN SPAIN

Carlos Calvo-Sancho⁽¹⁾, Yago Martín⁽²⁾, Juan Jesús González-Alemán⁽³⁾, Ana Morata⁽³⁾,
María Luisa Martín⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Matemática Aplicada, Escuela de Ingeniería Informática, Universidad de Valladolid, Segovia, España, carlos.calvo.sancho@uva.es

⁽²⁾ Departamento de Geografía, Facultad de Historia y Filosofía, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España, ymargon@upo.es

⁽³⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), jgonzaleza@aemet.es

SUMMARY

Supercell storms, often associated with severe weather conditions like tornadoes, hail, strong winds, and heavy precipitation, have a significant socioeconomic impact. In Spain, the lack of open-data availability has hindered their analysis. Collaborative efforts have created a database covering supercell events from January 2011 to December 2021, identifying 2087 storms, with citizen collaboration. The data show high supercell activity in eastern Spain, particularly in the Mediterranean and northeastern regions. Analyses of synoptic configurations and pre-convective environments have been conducted for supercells with hail ≥ 5 cm and without hail (< 5 cm) during 2011-2020, revealing that most hail-bearing supercells develop in eastern Spain, mainly in July and August, with stronger convective environments compared to non-hail supercells. From 2022, only high socioeconomic impact supercells (large hail ≥ 5 cm and tornadoes) have been recorded. The trend suggests a significant increase in hail events in Spain, possibly linked to anthropogenic climate change.

Las tormentas supercelulares suelen estar asociadas a condiciones de tiempo severo, como tornados, granizo, fuertes rachas de viento y fuertes precipitaciones, provocando un alto impacto socioeconómico en la sociedad. A pesar de los posibles impactos, la falta de datos disponibles en formato *open-data* ha dificultado el análisis y la caracterización de la climatología de supercélulas en España. Este problema se ha abordado mediante un esfuerzo voluntario y colaborativo para la generación de una base de datos de eventos supercelulares desde enero de 2011 hasta diciembre de 2021. Se ha identificado 2087 tormentas con características supercelulares durante los 11 años de período de estudio. De ellas, la colaboración ciudadana ha permitido confirmar el 13.7% de supercélulas identificadas por imágenes de radar PPI. Asimismo, se ha recopilado el tamaño del granizo y/o tornados asociados a cada supercélula (si se ha registrado). Los resultados muestran una distribución espacial con una alta actividad supercelular en la mitad oriental de España, principalmente en las regiones del Mediterráneo y del noreste peninsular.

Gracias a la recopilación de las supercélulas en una base de datos, se ha podido analizar las configuraciones sinópticas y los ambientes pre-convectivos que favorecen el desarrollo de supercélulas con granizo ≥ 5 cm y sin granizo (o granizo < 5 cm) de 262 supercélulas durante el período 2011-2020. Se ha utilizado el reanálisis atmosférico ERA5 en niveles híbridos para estudiar las situaciones sinópticas y los perfiles atmosféricos próximos al punto y hora inicial de cada supercélula. Los resultados muestran que el 88.3% de las supercélulas con granizo se desarrollaron en la mitad oriental de España y $\sim 75\%$ se registraron en los meses de julio y agosto. Los ambientes convectivos de las supercélulas con granizo están caracterizados por unos valores de la mediana de MUCAPE aproximadamente dos veces mayores que las supercélulas sin granizo. Además, las supercélulas con granizo están caracterizadas por una altura de congelamiento mayor, una cizalladura efectiva más marcada y una reducción en la inhibición convectiva.

A partir de 2022 se ha recopilado únicamente las supercélulas con alto impacto socioeconómico, es decir, las supercélulas asociadas con granizo grande (≥ 5 cm) y tornados. En el período 2011-2023 se han recopilado 100 eventos de granizo grande y 30 eventos de tornados supercelulares. Dentro de los 100 eventos de granizo grande, se han registrado 27 eventos granizo ≥ 7 cm y 5 eventos de granizo gigante (≥ 10 cm), siendo 3 en los últimos dos años. La tendencia muestra un aumento significativo del número de días y de eventos de granizo en España, pudiendo ser una causa directa del cambio climático antropogénico. El número de eventos tornádicos supercelulares en España (30 desde 2011) es más reducido en comparación que los eventos de granizo, debido a que las condiciones son más desfavorables. La frecuencia anual de eventos tornádicos es de 2.5 eventos por año. Desde 2011, no se ha registrado ningún tornado EF3 en la España peninsular y las Islas Baleares.

PÓSTERES CORRESPONDIENTES A LAS SESIONES DEL DÍA 13 DE MARZO

ESTUDO CLIMATOLÓGICO DO VENTO EM PORTUGAL E ANÁLISE REGIONAL DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

CLIMATOLOGICAL STUDY OF WIND POTENTIAL IN PORTUGAL AND REGIONAL ANALYSIS OF ENERGY PRODUCTION BY WIND TURBINES

Claudia Victoria Campos Rubio⁽¹⁾, Sergio Pires Leitão⁽²⁾, Lourdes Bugalho⁽³⁾,
Mário Gonzalez Pereira^(1,4)

- ⁽¹⁾ Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB),
Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados,
5000-801 Vila Real, Portugal, claudia.campos.rubio@gmail.com, gpereira@utad.pt
- ⁽²⁾ Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD),
Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal, sleitao@utad.pt
- ⁽³⁾ Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P., Rua C do Aeroporto, 1749-077 Lisboa,
Portugal, lourdes.bugalho@ipma.pt
- ⁽⁴⁾ Instituto Dom Luiz (IDL), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, gpereira@utad.pt

SUMMARY

Portugal's climate allows the country to invest in different forms of renewable energy, namely hydroelectric, solar and wind. This study is focused on wind energy and its main objective is to support management and decision-making in the process of converting wind energy into electricity and help Portugal in its transition to a more sustainable energy system. Specifically, the project's specific objectives are to improve the characterization and understanding of on and offshore wind potential as well as to evaluate the different technologies available on the market. Wind data measured at IPMA meteorological stations and ERA5 reanalysis will be used for a climatological period of 30 years. Power profiles of different turbines will also be used to identify those most suitable for the conditions of each region. The results of the climatological analysis of the wind and the suitability of the turbines in each location, obtained based on data from reanalysis and wind observations, will be presented and discussed.

A procura de formas de energia limpas e renováveis para estimular o crescimento económico sustentável e diminuir a dependência de combustíveis fósseis tem caracterizado a história de Portugal. Uma das opções estratégicas tem sido a energia eólica, havendo a referir investigação científica e utilização do potencial eólico ao longo dos anos (Pacheco, 2018). Este estudo tem como objetivo geral melhorar o conhecimento sobre o potencial eólico em Portugal Continental. O aproveitamento da energia eólica com vista à conversão em energia elétrica depende de vários fatores incluindo o conhecimento do campo do vento (Rubio et al., 2023) e das soluções tecnológicas para a conversão da energia eólica em elétrica. O primeiro objetivo específico do estudo consiste em caracterizar o potencial eólico por meio da análise climatológica do campo do vento, visando identificar sua distribuição espaço temporal. O segundo objetivo específico busca analisar a produção de energia eólica nestes locais a partir de turbinas eólicas disponíveis no mercado e habitualmente utilizadas. Esta análise terá em conta as características específicas de um vasto conjunto de turbinas, do campo do vento e das variáveis eólicas em cada local, visando perceber a capacidade de conversão da energia eólica em eletricidade nestes locais.

Para a realização da análise climatológica do campo do vento este estudo é baseado em bases de dados de velocidade do vento (*Wind Speed*, WS) de grande dimensão espaço temporal e de grande confiança. Esta base de dados é a de WS a 100 metros do ERA5, que é a reanálise de quinta geração do *European Centre for Medium-*

Range Weather Forecasts (ECMWF), para o clima e condições meteorológicas globais nas últimas 8 décadas (Hersbach et al., 2020). Os dados estão disponíveis em rede, com resolução espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ (cerca de 31 km). O ERA5 contém dados a partir de 1940, mas a análise será realizada para períodos de estudo climatológico de 30 anos de duração. O foco será o período 1991 – 2020, tendo em vista que o período de 30 anos é considerado adequado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2017). Para efeito de comparação e de adequação às condições locais será também utilizada a base de dados de WS em estações meteorológicas do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), localizadas na costa, no interior e em regiões montanhosas.

Com base nos resultados da análise anterior, o estudo permitirá identificar o perfil eólico regional, avaliando a probabilidade de ocorrência de determinados valores WS ao longo de diferentes períodos de produção. Essa análise é fundamental para determinar a adequação das turbinas eólicas, uma vez que a variabilidade de potência elétrica de cada turbina está diretamente ligada ao perfil da WS. A informação sobre o perfil de potência das turbinas será recolhida nas fichas técnicas das várias turbinas disponíveis no mercado. A análise de adequação das turbinas consistirá num estudo comparativo da energia produzida por cada turbina em cada local/região.

Serão apresentados e discutidos os resultados obtidos na análise climatológica do vento, incluindo a distribuição espacial e temporal (intra-anual e inter-anual) bem como da energia elétrica potencialmente produzida em cada local por cada uma das turbinas avaliadas. O estudo permitirá ainda comparar resultados obtidos com dados localmente observados, nas estações meteorológicas, habitualmente utilizados em engenharia, e de reanálises, com cobertura uniforme do país e maior resolução espacial, habitualmente utilizados pelos climatologistas. Estes resultados irão contribuir para apoiar a gestão e decisão estratégica com vista ao crescimento da energia eólica em Portugal Continental.

REFERÊNCIAS

- Hersbach, H. et al. (2020): *The ERA5 global reanalysis*. Q. J. R. Meteorol. Soc., 146(730), 1999-2049.
<https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Pacheco, L. M. T. (2018): *Energia eólica em Portugal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa. Instituto Superior de Economia e Gestão. <http://hdl.handle.net/10400.5/18056>.
- Rubio, C.V.C., Bugalho, L., Pereira, M. G. (2023): *Evaluation of Eolic Potential in Portugal*. In *Advances in Meteorology and Geophysics 2023*. Edited by M. G. Pereira, R. Oliveira, P. Navarro, L. Bugalho, 29 – 34. CITAB-Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas, Vila Real, Portugal. ISBN: 978-989-704-543-1.
<https://doi.org/10.60620/he5s-8x66>.
- WMO (2017): WMO guidelines on the calculation of climate normals. WMO Technical Report

Agradecimentos

Este trabalho é apoiado/financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do projeto UIDB/04033/2020.

VENTAJAS DE LA ESCALA INTERNACIONAL DE FUJITA (IF) PARA CALIFICAR LOS DAÑOS POR TORNADOS Y VIENTOS

ADVANTAGES OF THE INTERNATIONAL FUJITA (IF) SCALE FOR RATING TORNADO AND WIND DAMAGE

Delia Gutiérrez Rubio⁽¹⁾, Juan de Dios Soriano Romero⁽²⁾, Pieter Groenemeijer⁽³⁾

⁽¹⁾ AEMET, Sevilla, Spain, dgutierrezr@aemet.es

⁽²⁾ AEMET, Sevilla, Spain, jsorianor@aemet.es

⁽³⁾ ESSL, Wiener Neustadt, Austria, pieter.groenemeijer@essl.org

SUMMARY

The occurrence of a tornado or some other form of convective wind, of small temporal and spatial scope, is not easily detectable by conventional observations or remote sensing systems. Often its existence is only known a posteriori, based on news and testimonies that must be verified, and records of the maximum wind values reached are very rare. However, there is an obvious scientific interest in estimating the wind intensity of these phenomena, both to establish classifications and climatologies, and to improve the prediction of these adverse phenomena. In the case of Spain there is an added interest, as AEMET, as the state's meteorological authority, is often required to assess the occurrence of a tornado or wind gusts exceeding 120 km/h, which are two forms of "Atypical Cyclonic Storm" (TCA) recognized by the Insurance Compensation Consortium (CCS). The International Fujita (IF) Scale presented here offers a universally applicable, consistent and tested scale. A first full version was published on 28 July 2023 by the ESSL in collaboration with partners from weather services, engineering, and forestry.

In order to be able to assess the possible occurrence of a tornado or other form of intense convective winds, it is necessary to collect -optimally through a field visit- the maximum possible information about the damage caused, including its nature, extent and disposition. Following, it is crucial to have tools that allow the maximum gusts reached to be reliably estimated from the observed damages.

Over the last decades, various scales have been developed that attempt to relate the damage occurred with the intensity of the wind reached. First of all, in 1971, Dr. Ted Fujita developed the Fujita (F) scale to provide a method to rate the intensity of tornadoes. The meteorological and engineering communities almost immediately accepted the F-scale, despite some limitations:

- lack of damage indicators,
- no account of construction quality and variability, and
- no definitive correlation between damage and wind speed.

In order to minimize these limitations, some other scales have been developed around the world, namely the Enhanced Fujita (EF) scale, the Torro (T) scale, or national adaptations of the EF-scale. We have experienced difficulties trying to use any of them to account for the real damages that we have encountered in our experience studying tornado and convective wind episodes. In particular, when trying to use the EF-scale, we find that it includes a number of damage indicators that are dependent on American construction techniques and features, not always applicable in Europe. In addition, important types of damage and wind measurements are not considered in the EF-scale.

The International Fujita (IF) Scale presented here is an attempt to extract the best of all these scales and to offer a universally applicable, consistent and tested scale. A first full version of the IF Scale was published on 28 July 2023 by the ESSL in collaboration with partners from weather services, engineering, and forestry.

Main characteristics:

- Instead of referring to building types typical for a specific region, the IF-scale defines categories of Damage Indicators that are universal. Any building can be a damage indicator after being assigned a level of sturdiness.

- The IF-scale retains the original F-scale wind speed estimates. The wind speed range covered by the IF0 through IF5 steps correspond well to the speeds measured in tornadoes by mobile Doppler radar.
- The wind speeds estimated are instantaneous three-dimensional speeds at the height at which the damage occurred. This contrasts with typical horizontal three-second average wind measurements at 10 m AGL used by other scales.
- The scale allows for half steps on the Fujita scale until F3. Possible ratings are IF0, IF0.5, IF1, IF1.5, IF2, IF2.5, IF3, IF4, and IF5. The wind speeds of a given step on the scale are given using rounded values of the approximate instantaneous wind speed.
- The IF-scale heavily borrows from experience in regions that have adapted the EF-scale locally, such as the Japanese and Canadian adaptations, and adds additional damage indicators such as for trees, road and rail vehicles, and many other objects.

REFERENCES

- Doswell, C.A. et al. (2003): *A Guide to F-Scale Damage Assessment*. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE <https://training.weather.gov/wdtd/courses/damage-surveying/lesson2/FinalNWSF-scaleAssessmentGuide.pdf>
- Fujita, T.T. (1971): *Proposed characterizations of tornadoes and hurricanes by area and intensity*, SMRP Research Rep. 91, The University of Chicago, Chicago, IL. 15 pp.
- Groenemeijer P. et al. (2023): *The International Fujita (IF) Scale for tornado and wind damage assessments*. European Severe Storms Laboratory. https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/IF-scale_v1.0d.pdf
- Japan Meteorological Agency (2015): *Guidelines for the Japanese Enhanced Fujita Scale* https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/kaisetsu/guideline_en.pdf
- Mahieu, P., Wesolek, E. (2016): *Tornado Rating in Europe with the EF-scale*. KERAUNOS – Tornadoes and Severe Storms French Observatory. <https://www.keraunos.org/tornado-rating-in-europe-with-the-enhanced-fujita-scale.pdf>
- McDonald, J.R. et al. (2004): *A Recommendation for an ENHANCED FUJITA SCALE (EF-Scale)*. WIND SCIENCE AND ENGINEERING CENTER, Texas Tech University <https://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/ef-ttu.pdf>
- Meaden, G.T. (1975-76): *Tornadoes in Britain: their intensities and distribution in time and space*. J. Meteorology, 1, 242-251 (based on a lecture to the Royal Meteorological Society in 1975).

ESTUDIO DE CAMPO DE LOS TORNADOS DEL 14/12/2022 EN ROTA Y JEREZ. ANÁLISIS DE LOS DAÑOS CON LA NUEVA ESCALA IF (INTERNATIONAL FUJITA SCALE)

FIELD STUDY OF THE 12/14/2022 TORNADOS IN ROTA AND JEREZ. DAMAGE ANALYSIS WITH THE NEW IF SCALE (INTERNATIONAL FUJITA SCALE)

Juan de Dios Soriano Romero⁽¹⁾, Delia Gutiérrez Rubio⁽¹⁾

⁽¹⁾ AEMET, Sevilla, jsorianor@aemet.es, dgutierrezr@aemet.es

SUMMARY

Extreme wind phenomena, such as tornadoes and downbursts, are generally of convective origin and limited spatial and temporal scope, and therefore very difficult to identify and characterize with instruments' measurements only. It is necessary to carry out field studies, following an adequate methodology that allow us to distinguish the type of phenomenon and estimate its intensity, as well as generating products that can be stored in databases and facilitate subsequent studies. This work shows the field study carried out for the tornadoes on December 14th, 2022 in Rota and Jerez de la Frontera as an example of the use of a complete and appropriate methodology. The damage has been reanalyzed using the new International Fujita Scale, which can provide significant advantages for estimating wind from observed damage in Spain.

Los episodios más extremos de viento suelen ser de carácter local y origen convectivo. Ya sean tornados, reventones, frentes de racha, etc, su reducido tamaño y su alcance limitado en el espacio y el tiempo hacen generalmente imposible el registro con instrumentos de los valores máximos de viento y mucho menos su distribución espacial, por lo que para su caracterización resulta esencial la realización de un estudio de campo sobre el terreno. Llevar a cabo esta caracterización es muy importante para el establecimiento de bases de datos y climatologías que permitan un mejor conocimiento de estos fenómenos y faciliten la realización de predicciones con el fin de proteger vidas y bienes. En el caso de España también lo es por la obligación de AEMET como Autoridad Meteorológica de realizar informes para el Consorcio de Compensación de Seguros sobre la posible ocurrencia de *Tempestad Ciclónica Atípica* en alguna de sus formas.

Para la realización de estudios de campo se antoja esencial seguir una metodología de trabajo que permita la obtención de los resultados deseados, esto es, distinguir claramente la causa de los daños (tornado, reventón, etc) y estimar la intensidad del fenómeno. También es deseable que el estudio de campo culmine con la generación de unos productos que permitan la integración en bases de datos y la realización de estudios y análisis posteriores.

Una parte importante del estudio de campo consiste en la estimación de la intensidad del viento. Para ello se utilizan escalas basadas en los daños observados. Existen diversas escalas para la estimación de daños por viento: Fujita, Torro, etc. que han evolucionado con el tiempo y han sido adaptadas en cierto modo para algunos países o zonas. Ninguna de ellas tenía hasta la fecha plena aplicabilidad en España, tanto por la ausencia de algunos de los indicadores de daño típicos de nuestro país como por la relativa falta de precisión en los grados inferiores de la escala, los que con mayor frecuencia se dan en nuestro ámbito geográfico. Recientemente se ha desarrollado la escala IF (International Fujita Scale) (Groenemeijer *et al.*, 2023) que pretende tener aplicabilidad universal y que dobla los primeros grados de intensidad, por lo que puede ser especialmente útil para el análisis de los casos de tornado en España.

En este trabajo se muestra un ejemplo de estudio de campo en un episodio de tornado de finales de 2022. El 14 de diciembre de dicho año, al paso de una célula convectiva desarrollada, se produjeron daños importantes por viento en Rota y Jerez de la Frontera (Cádiz). Rápidamente se difundieron por medios y redes imágenes de los daños, así como informaciones varias que atribuían los mismos a uno o más tornados. La importancia y extensión de los daños demandaba un estudio pormenorizado del evento. La previsible petición de un informe por parte del Consorcio de Compensación de Seguros y la afectación a zonas urbanas, donde suele perderse rápidamente el rastro de los daños, aconsejaban una visita lo más urgente posible. Ésta se realizó la mañana del día 16, siguiendo la metodología establecida en Rodríguez *et al.* (2020). Dicha metodología incluye varias fases, desde la recopilación previa de información, pasando por un análisis inicial meteorológico, la realización de la visita en sí, incluyendo inspección de daños y entrevistas con testigos, hasta la elaboración final de productos como un resumen del estudio y sus conclusiones, así como mapas y tablas con los daños geolocalizados y la intensidad del viento estimada a partir de los mismos.

El estudio de campo realizado en su día permitió concluir que los daños observados habían sido producidos por tornados, identificándose unas trayectorias de unos 2 km en Rota y 12 km en Jerez, estimándose una intensidad equivalente a EF2 en la escala mejorada de Fujita, aunque no se pudo utilizar esa única escala para la valoración de los mismos, tomándose aspectos de otras como su adaptación a Japón (JEF). Con la publicación de la nueva escala IF (International Fujita Scale) se ha realizado un reanálisis de los daños que ha permitido una estimación más completa del viento. Así, en este trabajo se muestra el estudio de campo realizado en todas sus fases, realizando la estimación de daños con la escala IF y generando de nuevo los productos del estudio de campo teniendo en cuenta el reanálisis de daños con la nueva escala.

REFERENCIAS

- Doswell, C. A. et al. (2003): *A Guide to F-Scale Damage Assessment*. U.S. Department of Commerce.
<https://training.weather.gov/wdtd/courses/damage-surveying/lesson2/FinalNWSF-scaleAssessmentGuide.pdf>
- Groenemeijer et al. (2023): *The International Fujita (IF) Scale for tornado and wind damage assessments*. European Severe Storms Laboratory. https://www.essl.org/cms/wp-content/uploads/IF-scale_v1.0d.pdf
- JMA, Japanese Meteorological Agency (2015): *Guidelines for the Japanese Enhanced Fujita Scale*
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/kaisetsu/guideline_en.pdf
- Rodríguez, O. et al. (2020): *A methodology to conduct wind damage field surveys for high-impact weather events of convective origin*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 20, 1513–1531, <https://doi.org/10.5194/nhess-20-1513-2020>.

FENÓMENOS DE TELECONEXIÓN ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA EN ALBACETE Y MURCIA

TELECONNECTION PATTERNS ASSOCIATED WITH TEMPERATURE AND RAINFALL VARIABILITY IN ALBACETE AND MURCIA REGIONS

Ángel Sánchez Lorente⁽¹⁾, David Santuy Muñoz⁽¹⁾, Antonio Jesús Robles Fernández⁽¹⁾, Iván Alfaro Rodríguez⁽¹⁾, Víctor López Gómez⁽¹⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Plaza de las Ciencias 1, Madrid, España, angesa15@ucm.es

SUMMARY

After a previous work about weather and climate extremes in Albacete and Murcia regions, now we study the effects of different teleconnections on the variability of temperature and precipitation in these specific regions, whose agriculture-oriented sector is fundamental to the local economy. For the study, temperature and precipitation indices are selected, to study possible teleconnections through correlation methods, using sea surface temperature and sea level pressure data. Furthermore, using 500 hPa geopotential height data, we have classified the atmospheric situations in four weather regimes using cluster methodology, and the sea surface temperature teleconnections with these weather regimes have been analyzed, searching for possible predictability. Some of the teleconnections found along this work involve the El Niño-Southern Oscillation, Pacific Decadal Oscillation and North Atlantic Oscillation.

La situación geográfica de España, así como su vasta orografía, permiten una gran diversidad climática dentro de sus fronteras. Además, la circulación general de los extratropicos sirve de puente a la hora de establecer vínculos climáticos a lo largo del globo: las conocidas como teleconexiones climáticas. Tras un trabajo previo sobre la variabilidad de los extremos meteorológicos en el sureste peninsular, se estudian las posibles causas de los diferentes comportamientos de temperatura y precipitación en estas regiones. El análisis se centra en Albacete y Murcia, por la importancia que tienen las condiciones meteorológicas en el desarrollo económico de las mismas, fundamentada principalmente en el sector agrario.

En este trabajo se hace un análisis de distintos índices de temperatura y precipitación. Estudiando el origen del comportamiento de los eventos extremos, así como el régimen de precipitación anual en ambos enclaves. La búsqueda de teleconexiones y fuentes se efectúa a partir de correlaciones con datos (e índices) de las anomalías en la temperatura de la superficie del mar (SST), presión a nivel del mar (SLP) y geopotencial en 500 hPa.

Los datos utilizados en este trabajo son, para el caso de la temperatura, la base de datos STEAD (Serrano-Notivoli, et al., 2019), cubriendo desde 1901 hasta 2014. En cuanto a la precipitación, los datos son extraídos de SPAIN02_v5.0 (Herrera, et al., 2016), cubriendo el periodo 1971-2015. Para la evaluación de las distintas teleconexiones se han usado, por un lado, datos mensuales de SST global en el periodo 1870-2018, procedentes de HadISST (Titchner, H. A., & Rayner, N. A., 2014), por otro lado, datos diarios de geopotencial en 500 hPa en la región europea a partir de los datos del reanálisis ERA5 (Hersbach, et al., 2020) abarcando del 1970 al 2015, y por último, datos mensuales de SLP (ERA-20C) (Muñoz-Sabater, et al., 2021) procedentes del reanálisis del ECMWF en el periodo 1900-2010. Las regiones del sureste peninsular consideradas son las circundantes a ambas capitales de provincia, motores económicos principales, evitando zonas singulares de orografía y cercanía a la costa que pudieran alterar los resultados. Referente a Albacete, (39.33°N-38.80°N, 2.22°W-1.43°W); y a Murcia (38.08°N-37.75°N, 1.40°W-0.93°W).

Se han realizado mapas de regresión de los índices extremos sobre las anomalías de la SST, con el fin de analizar su posible predictibilidad. Mediante filtrado se han separado las frecuencias interanuales (<10 años) de las multidecadales (>10 años). Se identifican por un lado los patrones oceánicos con mayor relación con los cambios en los extremos de las regiones estudiadas en el sureste peninsular. Asimismo, se realizan mapas de regresión de algunos índices de SST (Niño 3.4, PDO, Mediterráneo...) sobre los campos de los índices de temperatura y precipitación utilizados anteriormente y calculados en este caso para cada punto de la malla disponible para España, filtrando en las frecuencias de interés.

También se ha realizado un análisis clúster para agrupar las distintas situaciones de anomalía geopotencial a 500 hPa en 4 regímenes de tiempo (WR). Para ello, se ha seguido el criterio del ECMWF tomando el periodo de

borrascas, de octubre a abril en el periodo 1984-2014. Una vez obtenida la frecuencia de cada clúster, se correlaciona con la SST anómala global (interanual y multidecadal) para estudiar su teleconexión con los distintos WR, tanto para el mismo año como para el desfase de un año, con la intención de estudiar una posible predictibilidad. Por último, se estudia la anomalía de precipitación diaria y temperatura máxima en cada clúster, así como el porcentaje de días que se superan el percentil 80 de ambas variables.

Con todo, se observa que la SST del Mediterráneo presenta una estrecha relación con los índices de temperaturas de verano para las regiones de interés, en frecuencias interanuales. Se aprecia una correlación inversa entre la SST del Pacífico Ecuatorial y las temperaturas máximas. En cuanto a la precipitación, las mayores relaciones con la SST se encuentran en el Pacífico, con la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Figura 1) y con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), para las frecuencias multidecadales e interanuales, respectivamente. Además, se encuentra una alta relación con la SLP en el Atlántico Norte y, en concreto, con la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), al igual que con su reflejo en la SST. En relación al análisis clúster, se obtienen los 4 WR que contempla el ECMWF para el mismo periodo (NAO+, NAO-, Dorsal Atlántica y Bloqueo Escandinavo). Se observa además una correlación significativa de NAO- y Dorsal Atlántica con situaciones de Niño en el Pacífico, mientras que los dos WR restantes se correlacionan con periodos Niña. De esta manera observamos, con cierta generalidad, en el sureste español, un aumento de la precipitación y una disminución de la temperatura máxima en periodos Niño, y lo contrario en periodos Niña.

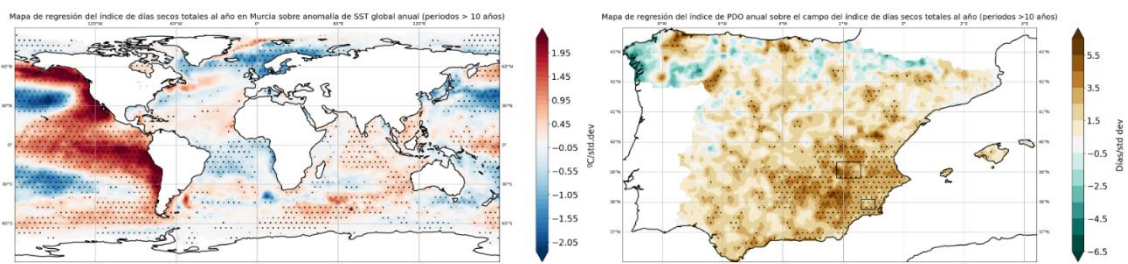


Figura 1- Mapa de regresión del índice de días secos totales al año en Murcia sobre el campo de anomalía de SST global anual (izquierda) y mapa de regresión del índice PDO anual sobre el campo de días secos totales al año (derecha), filtrando para periodos de más de 10 años. Los puntos indican las regiones significativas con un nivel de confianza del 95% y del 90% respectivamente.

REFERENCIAS

- Herrera, S. et al. (2012): *Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02)*. Int. J. Climatol., 321, 74-85.
- Hersbach, H. et al. (2020). *The ERA5 global reanalysis*. Q. J. R. Meteorol. Soc., 146(730), 1999-2049.
- Muñoz-Sabater, J. et al. (2021): *ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications*. Earth Syst. Sci. Data, 13(9), 4349-4383.
- Serrano-Notivol, R., Beguería, S., de Luis, M. (2019): *STEAD: a high-resolution daily gridded temperature dataset for Spain*. Earth Syst. Sci. Data, 11(3), 1171-1188.
- Titchner, H. A., Rayner, N. A. (2014): *The Met Office Hadley Centre sea ice and sea surface temperature data set, version 2: 1. Sea ice concentrations*. J. Geophys. Res. (Atmospheres), 119(6), 2864-2889.

Agradecimientos

Este estudio se enmarca en las actividades de investigación realizadas dentro de la asignatura 'Análisis de Datos en Meteorología' del Máster en Meteorología y Geofísica (UCM), así como en el proyecto de investigación TED2021-130106B-I00 (OFF: Oceans for Future) financiado por MCIN/AEI. El estudio ha sido realizado con el apoyo de las investigadoras María Belén Rodríguez de Fonseca e Irene Polo Sánchez.

TENDENCIAS OPUESTAS DE LA PRECIPITACIÓN EN EUROPA: UNA ATRIBUCIÓN A PARTIR DE LAS ANOMALÍAS DEL TRANSPORTE DE HUMEDAD

CONTRASTING PRECIPITATION TRENDS IN EUROPE: AN ATTRIBUTION FROM MOISTURE TRANSPORT ANOMALIES

Rogert Sorí⁽¹⁾, Jakob Ernst⁽¹⁾, Milica Stojanovic⁽¹⁾, Luis Gimeno-Sotelo⁽¹⁾, Raquel Nieto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Campus As Lagoas s/n, Ourense, Spain, rogert.sori@uvigo.es

SUMMARY

Precipitation trends in Europe have revealed opposing trends between different regions. The causes have been attributed to the influence of teleconnection patterns and the increasing influence of persistent high-pressure systems. In this paper we investigate these changes from another perspective, taking into account the variability of atmospheric moisture transport from the climatological sources of moisture in each region. To carry out this study, regions with statistically significant trends of opposite sign were determined using precipitation data from various products. For each region, its oceanic and terrestrial moisture sources that contributed to precipitation were determined. The results confirm the agreement in the representation of positive precipitation trends in southeastern Europe and the western half of the Iberian Peninsula, as well as negative trend values in some parts of central and western Europe. The North Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea acted as the most important sources.

Según varios estudios, las precipitaciones sobre Europa han revelado tendencias opuestas entre varias regiones. Las causas se han atribuido a la influencia de los patrones de teleconexión y a la mayor influencia de los sistemas persistentes de altas presiones. El primer objetivo de este trabajo es identificar las regiones con tendencias opuestas de precipitación sobre Europa. Para ello, se determinaron las regiones donde las tendencias de tres bases de datos (EOBS, Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitación (MSWEP), y ERA5) coinciden en signo en el periodo 1980-2018, asegurando así una mayor certeza del resultado teniendo en cuenta las incertidumbres inherentes a las bases de datos. Utilizando un modelo lagrangiano y los datos del reanálisis ERA-Interim, se realizó un seguimiento hacia atrás en el tiempo cada 6 horas hasta 15 días de las parcelas de aire que precipitaron sobre cada región. De este modo, se obtuvieron las fuentes climatológicas oceánicas y terrestres de humedad que contribuyeron a la precipitación sobre estas regiones. Los resultados confirman la concordancia en la representación de las tendencias positivas de la precipitación en el sureste de Europa y la mitad occidental de la Península Ibérica. Con respecto a las fuentes de humedad, en partes de Europa Central y Occidental se observan valores de tendencia negativos en las contribuciones. La principal fuente de humedad para Europa Oriental fue el Océano Atlántico Norte, mientras que en Europa Central y Oriental las precipitaciones proceden de la humedad transportada por masas de aire desde el Atlántico, pero también desde el Mar Mediterráneo y la propia región terrestre. La cuantificación de la contribución de cada fuente mostró una alta correlación con la precipitación sobre las regiones objetivo, y coinciden con la tendencia de la contribución. Estos resultados se evaluaron teniendo en cuenta también las anomalías del flujo de humedad, y para el caso de las anomalías positivas de precipitación sobre el sureste de Europa, el aumento del transporte de humedad desde el Mar Mediterráneo es dominante y coincide con el aumento de la temperatura de la superficie del mar, la salinidad y la evaporación en esta fuente.

TRANSPORTE ANÓMALO DE HUMEDAD RELACIONADO CON LA LLEGADA DE CICLONES EXTRATROPICALES A LA PENÍNSULA IBÉRICA

ANOMALOUS MOISTURE TRANSPORT RELATED TO LANDFALLING EXTRATROPICAL CYCLONES OVER THE IBERIAN PENINSULA

Patricia Coll-Hidalgo⁽¹⁾, Albenis Pérez-Alarcón^(1,2), José C. Fernández-Alvarez^(1,2), Raquel Nieto⁽¹⁾, Luis Gimeno⁽¹⁾

- (1) Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Edificio Campus da Auga (Campus Sur) Rúa Canella da Costa da Vela 12, Ourense, España patricia.coll@uvigo.es, albenis.perez.alarcon@uvigo.es, jose.carlos.fernandez.alvarez@uvigo.es, nieto@uvigo.es, l.gimeno@uvigo.es
- (2) Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba

SUMMARY

The Iberian Peninsula (IP) is often affected by extreme extratropical cyclone (EC)-related hydrometeorological events. The anomalous moisture uptake (AMU) related to landfalling ECs over the IP between 1985-2014 is analyzed through a Lagrangian approach. We performed our analysis in terms of hydrological years and their classification into extremely wet, wet and normal. The results show that wet and extremely wet hydrological years exhibit higher values of days under cyclonic influence. Annual EC-related positive AMU for wet and normal periods exhibits higher values near the landfall region, in agreement with the local convergence of water vapour along the pathways. Principally, the annual wet period was characterized by a displacement of the AMU inner lower central North Atlantic, Western Mediterranean and Cantabrian Sea.

Extratropical cyclones (ECs) are a major phenomenon characterising mid-latitude weather and regional climatic conditions. The ECs formed or developed over the North Atlantic play a determinant role in the hydrological cycle of regions such as Western Europe. The Iberian Peninsula (IP) is often affected by extreme cyclone-related hydrometeorological events. For the period 1985-2014, FLEXPART-WRF simulations forced with ERA5 were used to investigate the anomalous moisture uptake (AMU) related to landfalling ECs over the IP. The landfall was assumed when any point within the radius of the EC matched with an IP land mask grid. We performed our analysis in terms of hydrological years and their classification into extremely wet, wet and normal, following four quantile precipitation criteria (40%, 60%, 80%). Our results highlight a larger number of days in which the IP was under the cyclonic influence (EC centre or radial area over land) for both wet and extremely wet hydrological years. The analysis of the cyclone features for an entire life cycle of up to 7 days revealed that the maximum winds varied between 60 and 72.5 m/s; meanwhile, for a lifetime greater than 48 h, the radius ranged between 550 and 600 km, with smaller dimensions for normal hydrological years. In addition, during wet and normal hydrological years the evolution of the central mean sea level pressure shows two minimums reaching between 50 and 100 hours, more deepened for wet period cyclones. Strictly for the cyclone landfall time-steps, annual EC-related positive AMU for wet and normal periods exhibits higher values near the landfall region, in agreement with the local convergence of water vapour along the pathways. Nevertheless, the widespread evaporative pattern over the North Atlantic, extended to the western coast, denotes the importance of these moisture sources for EC-related precipitation. Principally, the annual wet period was characterized by a displacement of the AMU inner lower central North Atlantic, Western Mediterranean and Cantabrian Sea.

ANÁLISIS DE ÍNDICES EXTREMOS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LAS REGIONES DE ALBACETE Y MURCIA

ANALYSIS OF EXTREME INDICES OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN THE REGIONS OF ALBACETE AND MURCIA

Víctor López Gómez⁽¹⁾, Iván Alfaro Rodríguez⁽¹⁾, Antonio Jesús Robles Fernández⁽¹⁾, David Santuy Muñoz⁽¹⁾, Ángel Sánchez Lorente⁽¹⁾

(1) Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Plaza de las Ciencias 1, Madrid, Spain, viclop09@ucm.es

SUMMARY

The South-East of Spain conforms an extended area susceptible of suffering great temperature and rainfall extreme episodes, e.g, summer heatwaves, or autumn torrential rainfall feeded by a warm Mediterranean Sea. These events are translated, directly, in a stress factor for the inhabitants, and indirectly, in the economical activities. This study focuses on Albacete and Murcia regions, where the economy is based, among others, on agriculture activities, which are very dependent on climate conditions. Different extreme temperature and rainfall IPCC indices are analyzed: warmest maximum (minimum) temperature (TXx, TNx) and warm days (nights) (TX90p, TN90p) for the former; and wettest day (RX1day), consecutive dry days (CDD), and extreme rainfall days, for the latter. The results show an increase in temperature extreme events (values and frequency) in both regions, nonetheless, precipitation extremes exhibit a non-clear tendency which must be further studied.

La península Ibérica, debido a su situación geográfica, constituye una zona con gran riesgo ante los eventos extremos. En el sureste español, dentro de su tendencia hacia un clima semiárido más acusado, se emplazan eventos de olas de calor cada vez más frecuentes y de más intensidad, así como episodios de precipitación extrema característicos de la cuenca mediterránea. Sendas eventualidades suponen una alteración de las condiciones de vida, así como de la actividad económica de la zona. Tanto la provincia de Albacete, como la Región de Murcia, recogen gran parte de su actividad económica en el sector agrario. Según el INE (Instituto Nacional de Estadística), la primera presentó en 2023 un 9.02% de su distribución porcentual de activos correspondiente a la agricultura, mientras que la segunda un 11.03%, frente a la media del 3.7% de España. Este tipo de desarrollo es, indudablemente, sensible a las condiciones meteorológicas y climáticas que le acontecen, las cuales apenas han sido tratadas con exhaustividad regional en la literatura científica. Este trabajo estudia la evolución histórica (S.XX-S.XXI) de distintos índices de extremos del IPCC para temperatura y precipitación en estos dos enclaves de interés.

En este estudio se hace un análisis de índices extremos definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021). Sobre temperatura se han analizado los siguientes: temperatura máxima (mínima) más elevada alcanzada (TXx, TNx); y porcentaje de días con temperaturas máximas (temperaturas mínimas) por encima del percentil 90, TX90p (TN90p), todos estos definidos para el periodo estival (junio, julio y agosto) y calculados los percentiles respecto al periodo de referencia 1981-2010. Por otro lado, en cuanto a índices de precipitación, se ha considerado el acumulado máximo diario (RX1day) y el número de días secos consecutivos (CDD), ambos anuales. Además, fuera de los índices establecidos por el IPCC, se ha estudiado el número de días al año con acumulados mayores a 20mm. Este umbral se ha considerado de interés a la vista de las series históricas.

Los datos utilizados en este trabajo han sido los siguientes. Primeramente, para el caso de la temperatura, se ha hecho uso de la reconstrucción STEAD (*Spanish Temperature at Daily Scale*), la cual cubre el periodo desde 1901 hasta 2014 (Serrano-Notivol et al., 2019). En cuanto a la precipitación, los datos son extraídos de la base SPAIN02_v5.0. Cubre el periodo de 1971 a 2015 (Herrera et al., 2016). Las regiones consideradas son las circundantes a ambas capitales de provincia, motores económicos principales, evitando zonas singulares de orografía y cercanía a la costa que pudieran alterar los resultados. Referente a Albacete, (39.33°N-38.80°N, 2.22°W-1.43°W); y a Murcia, (38.08°N-37.75°N, 1.40°W-0.93°W).

El análisis de extremos se efectúa de forma similar para los índices de temperatura y precipitación en ambas regiones, ajustando las distribuciones de extremos por bloques (funciones GEV). En el caso de la temperatura, el

periodo escogido es de 1934 a 2014, dividido en dos subperiodos: 1934-1974 y 1975-2014. Así, se observa la evolución del índice durante el periodo escogido, la evolución de las curvas de retorno (valores de retorno de eventos extremos en función del tiempo) con los dos subperiodos y, finalmente, un mapa de compuestos de la zona sureste peninsular, para ver la diferencia entre los dos subperiodos tratados. Por otro lado, para los índices de precipitación, al disponer de un periodo de datos más reducido (1971-2015), no se realiza una separación en subperiodos.

Haciendo uso de la metodología previamente mencionada, se obtiene que TX_x ha aumentado del orden de 2 °C respecto a ambos periodos en las dos regiones. El índice TN_x no presenta una tendencia clara pero sí un aumento de los valores de retorno. En cuanto a la TX_{90p} se observa un aumento de cerca del 10% en el número de días cálidos de verano tanto en Albacete como en Murcia. Para el caso de la TN_{90p} se obtiene que en Albacete no ha variado el porcentaje de noches cálidas, mientras que en Murcia éstas han aumentado un 11%. Esto en conjunto da cuenta tanto del aumento de los valores extremos de calor como de su duración en el periodo estival. En lo referente a los extremos de precipitación, el índice RX_{1day} refleja lo susceptible que es esta zona de la península a eventos de lluvias torrenciales, sobre todo en otoño y más acentuado en Murcia. En cuanto a los índices CDD y de precipitación diaria por encima de 20 mm, no se pueden sacar conclusiones claras acerca de la evolución temporal, ya que el periodo estudiado no es demasiado grande. Sin embargo, destaca como ambas regiones presentan un número elevado del máximo de días secos consecutivos al año y pocos días al año con precipitación por encima de 20 mm. Con todo esto, se puede apreciar una intensificación de los eventos extremos de temperaturas durante el verano en las zonas estudiadas; por otro lado, los extremos de precipitaciones no muestran variaciones claras a lo largo del periodo de estudio.

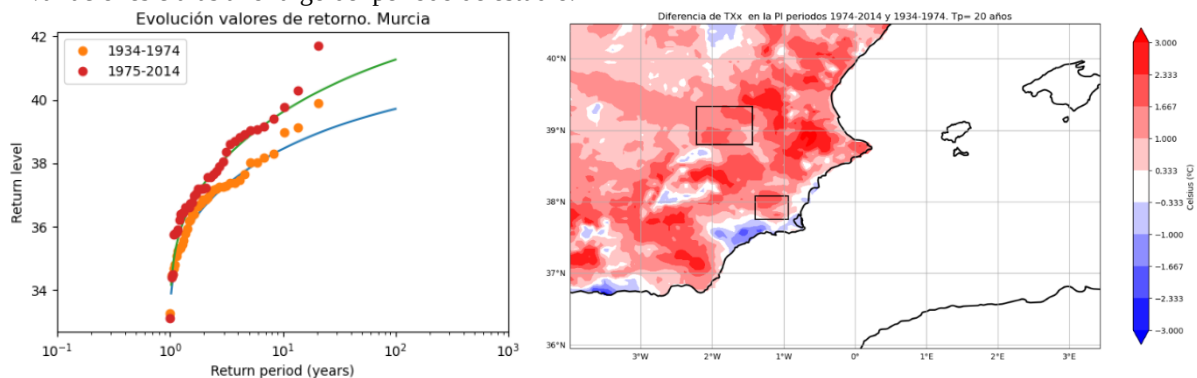


Figura 1- Curvas de valor TX_x y periodo de retorno (izquierda) y diferencia de valor de retorno ($T=20$ años) del índice TX_x para ambos periodos mencionados (derecha).

REFERENCIAS

- Herrera, S., Fernández, J., Gutiérrez, J. M. (2016): *Update of the Spain02 gridded observational dataset for EURO-CORDEX evaluation: assessing the effect of the interpolation methodology*. Int. J. Climatol., 36(2), 900-908.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021): *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Serrano-Notivol, R., Beguería, S., de Luis, M. (2019): *STEAD: a high-resolution daily gridded temperature dataset for Spain*. Earth Syst. Sci. Data, 11(3), 1171-1188.

Agradecimientos

Este estudio se enmarca en las actividades de investigación realizadas dentro de la asignatura 'Análisis de Datos en Meteorología' del Máster en Meteorología y Geofísica (UCM), así como en el proyecto de investigación TED2021-130106B-I00 (OFF: Oceans for Future) financiado por MCIN/AEI. El estudio ha sido realizado con el apoyo de las investigadoras María Belén Rodríguez de Fonseca e Irene Polo Sánchez.

IMPACTOS SOBRE EL OZONO Y DEPÓSITO DE NITROGENO DE LOS CAMBIOS EN CLIMA Y EMISIONES PREVISTOS PARA 2050

IMPACTS ON OZONE AND NITROGEN DEPOSITION OF CHANGES IN CLIMATE AND AIR POLLUTANT EMISSIONS PROJECTED FOR 2050

Mark R. Theobald⁽¹⁾, Marta G. Vivanco⁽¹⁾, Victoria Gil⁽¹⁾, Coralina Hernández Trujillo⁽¹⁾, Juan Luis Garrido⁽¹⁾, Victoria Bermejo-Bermejo⁽²⁾, Ignacio González Fernández⁽²⁾, Rocío Alonso⁽²⁾, Augustin Colette⁽³⁾, Florian Couvidat⁽³⁾, Camilla Andersson⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Unidad de Modelización Atmosférica, Dpto. de Medioambiente, CIEMAT, Madrid, España, mark.theobald@ciemat.es

⁽²⁾ Unidad de Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica, Dpto. de Medioambiente, CIEMAT, Madrid, España

⁽³⁾ National Institute for Industrial Environment and Risks (INERIS), Verneuil-en-Halatte, Francia

⁽⁴⁾ Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI), 60176 Norrköping, Suecia

SUMMARY

In this study, the impacts of projected changes (2000-2050) in climate only and changes in climate plus reductions of anthropogenic emissions of air pollutants and their precursors on ozone (O₃) and nitrogen (N) deposition were estimated using the CHIMERE air quality model for the Iberian Peninsula and Balearic Islands. The results suggest that changes in climate only will increase AOT40 (indicator for impacts of O₃ on vegetation), representing a climate penalty, but decrease N deposition. The combination of changes in climate and emissions is expected to reduce the impacts of both O₃ and N deposition, with the emission reductions of O₃ precursors cancelling out the climate penalty for AOT40.

El ozono (O₃) troposférico y el depósito de nitrógeno (N) atmosférico afectan a los ecosistemas vegetales. El O₃ es un gas que se forma en la atmósfera a partir de otros gases, principalmente óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV), que son emitidos en las actividades humanas relacionadas con el transporte y la generación de energía, aunque también por procesos naturales. La elevada capacidad oxidante del ozono afecta al funcionamiento vegetal, a nivel celular y de comunidad, repercutiendo en su crecimiento y producción vegetal, y debilitando su capacidad para combatir otros estreses bióticos y abióticos. Por su parte, los compuestos reactivos de nitrógeno (NO_x, amoníaco, etc.) sufren complejos procesos químicos y físicos hasta su depósito en ecosistemas acuáticos y terrestres. Un exceso de depósito de nitrógeno conlleva problemas de acidificación de los ecosistemas, y especialmente, de eutrofización (aporte excesivo de nutrientes), afectando a los ciclos biogeoquímicos y a la biodiversidad de los ecosistemas. Las condiciones del clima mediterráneo, con elevadas temperaturas y radiación solar, favorecen la formación fotoquímica de O₃ en la atmósfera, de forma que, en la mayor parte de la península Ibérica, se sobrepasan de forma crónica los umbrales establecidos en las directivas europeas de Calidad del Aire y en la Convención del Aire de Naciones Unidas para la protección de los ecosistemas terrestres. Las cargas críticas de depósito de nitrógeno atmosférico también se exceden en estas zonas. Para estimar como cambiarían los niveles de O₃ y depósito de N bajo distintos escenarios del clima y emisiones antropogénicas se aplicó el modelo de calidad del aire CHIMERE para un periodo histórico (1996-2005) y un periodo futuro cercano (2046-2055).

Se empleó el modelo CHIMERE (Menut et al., 2013) con una resolución espacial de 0,1° (aprox. 10 km × 10 km) en un dominio que cubre la Península Ibérica y las Islas Baleares. Los datos meteorológicos utilizados para llevar a cabo las simulaciones de CHIMERE proceden del modelo WRF (Skamarock et al., 2008) a 10 km × 10 km, que a su vez fue acoplado al modelo del sistema terrestre IPSL-CM5A (Dufresne et al., 2013). Las emisiones antropogénicas de contaminantes atmosféricos y sus precursores se tomaron del inventario global ECLIPSE V6b. Las emisiones biogénicas de los COV fueron calculadas por el modelo CHIMERE, mediante la parametrización MEGAN (Guenther et al., 2006). El dominio peninsular fue anidado a un dominio europeo, a 50 km × 50 km, con condiciones de contorno tomadas del modelo global LMDz-INCA (Hauglustaine et al., 2004). Se analizaron dos escenarios de clima y emisiones antropogénicas: 1) considerando sólo cambios en el clima para el escenario IPCC

RCP8.5 y 2) considerando cambios conjuntos de clima y emisiones de contaminantes, con el escenario climático IPCC RCP8.5 y la reducción de emisiones antropogénicas esperada en 2050 con las actuales políticas europeas (escenario “Current Legislation Emissions”, CLE 2050). Para analizar los impactos de los distintos escenarios (y las diferencias con respecto al periodo histórico) se calcularon el AOT40, un índice que considera los valores de O₃ acumulados por encima de 40 ppb durante un periodo de 6 meses, y el depósito de N acumulado anual.

Cuando se consideran únicamente cambios en el clima, se prevé un incremento generalizado de AOT40 (salvo en el norte y el oeste de la Península), destacando especialmente el SE peninsular, relacionado con el aumento de la temperatura del escenario RCP8.5 (penalización climática del O₃) (Figura 1). Cuando además de los cambios en el clima, se reducen las emisiones, las simulaciones señalan una reducción general del AOT40, más acentuada en oeste peninsular. Esta reducción de O₃ se relaciona con los descensos de emisiones de NO_x previstos para 2050. En cuanto al depósito de N, el escenario con cambios solo en el clima produce un descenso ligero en toda la Península, salvo en el norte, coincidiendo con la zona donde hay una previsión de aumento de precipitación en el escenario RCP8.5. Sin embargo, cuando además se reducen las emisiones, se estima un importante descenso generalizado del depósito de N superior al 20%.

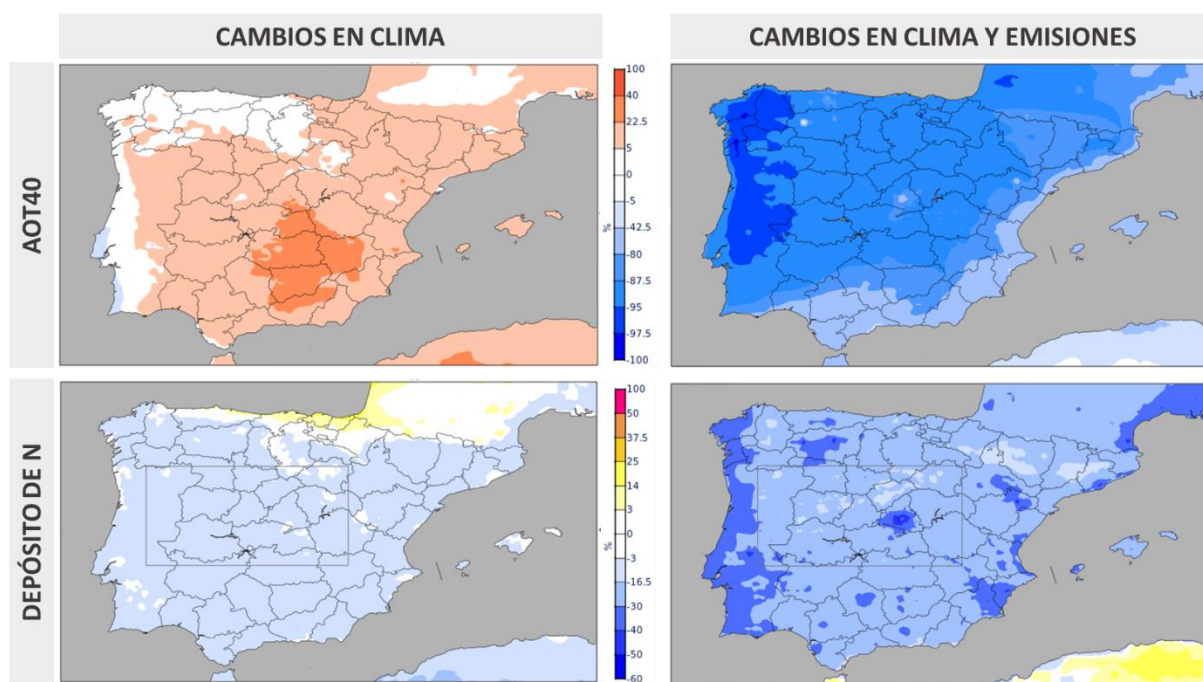


Figura 1 – Cambios estimados (%) en los valores de AOT40 específico de bosques (línea superior) y el depósito de N (línea inferior) en 2050 considerando solo escenarios debidos al cambio climático (izda.) y escenarios combinados de cambio climático y emisiones restringidas (dcha.).

REFERENCIAS

- Dufresne, J. L. et al. (2013): *Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5*. Clim Dyn 40(9-10):2123–2165.
- Guenther, A. et al. (2006): *Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)*, Atmos. Chem. Phys., 6, 3181–3210.
- Hauglustaine, D. A. et al. (2004): *Interactive chemistry in the Laboratoire de Météorologie Dynamique general circulation model: Description and background tropospheric chemistry evaluation*. J. Geophys. Res. (Atmospheres), 109(D4).
- Menut, L. et al. (2013a): *CHIMERE 2013: A model for regional atmospheric composition modelling*. Geosci. Model Dev. 2013, 6, 981–1028.
- Skamarock, W. C. et al. (2008): *A description of the advanced research WRF Version 3*, Mesoscale and Microscale Meteorology Division. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA 88:7–25.

PROYECCIÓN DEL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO FUTURO EN EL NORESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

PROJECTION OF FUTURE RAINFALL REGIME IN THE NORTHEAST OF THE IBERIAN PENINSULA UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS

M. Carmen Casas-Castillo⁽¹⁾, Ricard Kirchner⁽¹⁾, Raúl Rodríguez-Solà⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física, ESEIAAT, Universitat Politècnica de Catalunya·BarcelonaTech, Colom 1, Terrassa, España, m.carmen.casas@upc.edu, ricard.kirchner@upc.edu

⁽²⁾ Departamento de Física, ETSEIB, Universitat Politècnica de Catalunya·BarcelonaTech, Diagonal 647, Barcelona, España, raul.rodriguez@upc.edu

SUMMARY

The future rainfall series projected for the Northeast of the Iberian Peninsula for the last two-thirds of the twenty-first century under various climate change scenarios have been examined to assess potential changes in the region's pluviometric regimes due to global warming. The future rainfall variations have been analyzed using the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), a set of indicators designed to characterize moderate meteorological and climatic extremes and facilitate comparisons between locations. These indicators have been utilized in this study to evaluate changes in future climate projections. The analysis suggests that, despite the uncertainty in detecting possible variations in total future rainfall, an increase in the intensity and concentration of rainfall is anticipated, possibly attributable to a rise in the proportion of episodes of very intense and short-duration precipitation within the total rainfall.

Los Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) son un conjunto de índices propuesto por la Organización Meteorológica Mundial, con el fin de caracterizar los extremos meteorológicos y climáticos de un modo estandarizado. Los ETCCDI se utilizan comúnmente para describir extremos moderados, es decir, con un período de retorno de un año o menos. Estos índices se han utilizado ampliamente debido a su robustez y a la posibilidad de compararlos en diferentes ubicaciones. También han demostrado ser útiles para analizar cambios en las proyecciones climáticas futuras, lo cual era precisamente el objetivo de nuestro trabajo. En él, hemos obtenido los valores actuales y futuros de algunos de los ETCCDI de precipitación.

Se ha sugerido en diversos estudios que los cambios en la precipitación extrema suelen ser más significativos que los de la precipitación promedio, especialmente para R95pTOT, el índice ETCCDI que mide la contribución a la precipitación total de los días con lluvias intensas. Esto podría deberse al aumento de la capacidad de retención de agua y al consecuente incremento del contenido de vapor de agua en el aire causado por el calentamiento global, con un efecto más acentuado en la precipitación convectiva que en la precipitación a gran escala. Los cambios en la frecuencia de los extremos de precipitación también pueden estar relacionados con variaciones en la circulación atmosférica y la aparición de anomalías en los flujos de aire. La Península Ibérica es una de las regiones europeas más afectadas por los cambios en los patrones de precipitación, con una disminución importante tanto en la precipitación promedio estacional como en el número máximo de días consecutivos de lluvia, o racha húmeda.

La lluvia diaria futura en la zona de estudio analizada en este trabajo fue estimada por RESCCUE (Monjo et al., 2020) a partir de diez modelos climáticos globales, bajo los escenarios climáticos RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5. Las salidas de los modelos globales fueron regionalizadas mediante métodos estadísticos, como funciones análogas de estratificación y transferencia, para proyectar las condiciones climáticas locales en función de los factores climáticos identificados.

En general, las variaciones observadas en los ETCCDI de precipitación estudiados están indicando una tendencia que se encuentra en línea con la reportada por varios artículos (Casas-Castillo et al. 2018, 2019; Rodríguez et al. 2014) para el área estudiada. A pesar de la incertidumbre en la detección de una posible variación en la pluviosidad futura total, se espera un aumento en la intensidad y la concentración de la lluvia, posiblemente debido a un aumento en la proporción de episodios lluviosos muy intensos y de corta duración en el total de la precipitación.

REFERENCIAS

- Casas-Castillo, M.C. et al. (2018): *A single scaling parameter as a first approximation to describe the rainfall pattern of a place: application on Catalonia*. Acta Geophys., 66(3): 415-424. <https://doi.org/10.1007/s11600-018-0122-5>.
- Casas-Castillo, M.C. et al. (2019): *Consecuencias hidrológicas del cambio climático en entornos urbanos*. In XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city": UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8291. E-ISSN 2604-6512. <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8291>
- Monjo, R. et al. (2020): *RESCCUE (RESilience to cope with Climate Change in Urban arEas)*. EU Project - WP1 Data (1.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3688402>
- Rodríguez, R. et al (2014): *Influence of climate change on IDF curves for the metropolitan area of Barcelona (Spain)*. Int. J. Climatol., 34: 643-654. <https://doi.org/10.1002/joc.3712>

PROYECCIONES DE LAS FUENTES DE HUMEDAD BAJO EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LOS RÍOS ATMOSFÉRICOS QUE LLEGAN A LA PENÍNSULA IBÉRICA

PROJECTIONS OF MOISTURE SOURCES UNDER CLIMATE CHANGE FOR THE ATMOSPHERIC RIVERS THAT REACH THE IBERIAN PENINSULA

José C. Fernández-Alvarez⁽¹⁾, Albenis Pérez-Alarcón⁽¹⁾, Jorge Eiras-Barca⁽¹⁾, Raquel Nieto⁽¹⁾, Luis Gimeno⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Edificio Campus da Auga (Campus Sur) Rúa Canella da Costa da Vela 12, Ourense, España jose.carlos.fernandez.alvarez@uvigo.es, albenis.perez.alarcon@uvigo.es, jeiras@uvigo.es, rnieto@uvigo.es, l.gimeno@uvigo.es

SUMMARY

Atmospheric Rivers (AR) are known as narrow and long (> 2000 km) corridors of water vapor. These represent more than 90% of the meridional transport of moisture and latent heat associated with storm tracks in the extratropics. In the context of climate change, the water-holding capacity of the atmosphere is projected to increase by approximately 7% K⁻¹ in the lower troposphere which results in future changes in moisture sources contributing to moisture transported by ARs to higher latitudes toward the end of the 21st century. Simulations of the Weather Research and Forecasting (WRF-ARW) model forced with the Community Earth System Model (CESM2) and the FLEXPART-WRF model forced with the WRF-ARW outputs are used to determine these changes. The analysis was carried out mainly by determining the moisture uptake anomaly for the mid-century (MC, 2049-2053) and end-of-century (EC, 2096-2100) periods, considering the annual and seasonal changes of the variable.

En el campo del transporte de humedad, los Ríos Atmosféricos (AR) son conocidos como corredores estrechos y largos (> 2000 km) de vapor de agua. Estos representan más del 90% del transporte meridional de humedad y del calor latente asociado con las trayectorias de las tormentas en la región extratropical. Además, los ARs están asociados con eventos de precipitación extrema, inundaciones, deslizamientos de tierra, grandes daños económicos y pérdidas de vidas humanas. En el contexto del cambio climático, se proyecta que la capacidad de retención de agua de la atmósfera aumentará aproximadamente un 7 % K⁻¹ en la troposfera baja y para la humedad integrada en la columna vertical; sin embargo, se desconocen los cambios futuros proyectados en las fuentes de humedad que contribuyen a la humedad transportada por los ARs a latitudes más altas hacia finales de siglo XXI. Para determinar estos cambios se utilizan simulaciones del modelo Weather Research and Forecasting (WRF-ARW) forzado con Community Earth System Model (CESM2) y el modelo FLEXPART-WRF forzado con las salidas de WRF-ARW. El análisis se realizó principalmente determinando la anomalía de absorción de humedad para los períodos de mediado (MC, 2049-2053) y finales de siglo (EC, 2096-2100), considerando los cambios anuales y estacionales de la variable. Se obtuvo que la anomalía de absorción de humedad aumentó con valores máximos, ~7-8 % K⁻¹, en invierno para MC y EC. Además, se proyecta un aumento latitudinal en el patrón anómalo de absorción de humedad sobre el Atlántico central y una pérdida de la contribución asociada al Golfo de México.

TRANSPORTE DE HUMEDAD Y SU INFLUENCIA EN LA PRECIPITACIÓN ASOCIADA A LA OCURRENCIA DE DANAS SOBRE EUROPA

MOISTURE TRANSPORT AND ITS INFLUENCE ON PRECIPITATION ASSOCIATED WITH THE OCCURRENCE OF DANAS OVER EUROPE

Marta Vázquez⁽¹⁾, Fernando Montes⁽¹⁾, Milica Stojanovic⁽¹⁾, Rogert Sorí⁽¹⁾, Raquel Nieto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPHysLab), Ourense, España, martavazquez@uvigo.gal

SUMMARY

Cut off lows are meteorological structures that consist of a low-pressure system located between the middle and upper troposphere. These structures are produced by the rippling of the jet stream and the shedding of a cold center over lower latitudes. These have a significant effect on precipitation in southern Europe, with their occurrence increasing in recent years. In this work, a methodology is proposed that allows studying the influence of moisture sources on the precipitation associated with Cut Off lows over Europe through a Lagrangian particle dispersion model. To do this, the contributions of the North Atlantic and Mediterranean sources are analyzed to see their influence on a case study.

Las DANAs son estructuras meteorológicas que consisten en un sistema de bajas presiones localizado entre la media y la alta troposfera. Estas estructuras se producen por la ondulación de la corriente en chorro y el desprendimiento de un centro frío sobre latitudes más bajas.

Este tipo de estructuras tienen un efecto significativo en la ocurrencia de precipitación extrema sobre el sur de Europa durante los meses de verano y otoño viéndose su frecuencia aumentada en los últimos años. El aumento de las temperaturas en la región, así como el aumento de la temperatura superficial del mar en el Mediterráneo pueden estar asociadas con este incremento.

Las DANAs que tienen un efecto sobre Europa presentan un movimiento de este a oeste desde su desprendimiento del chorro polar en el Atlántico Norte hasta su entrada en el continente. Sin embargo, su trayectoria específica resulta difícil de predecir, pudiendo quedar casi estacionarias durante unos días o incluso moverse de manera opuesta al flujo (retrograda)

En este trabajo se presenta un caso de estudio de una DANA y el análisis del transporte de humedad durante los días previos. Teniendo en cuenta la trayectoria de la DANA se seleccionaron las fuentes del Atlántico Norte y el mar Mediterráneo para tratar de establecer su influencia en la disponibilidad de humedad sobre Europa y la posterior ocurrencia de precipitaciones asociadas.

Para analizar el transporte de humedad se hace uso del modelo lagrangiano de dispersión de partículas FLEXPART alimentado con datos de reanálisis ERA5. El transporte de humedad desde cada una de las fuentes es analizado durante los 10 días (tiempo medio de residencia de vapor de agua en la atmósfera) previos a la influencia de la DANA sobre Europa. Se analiza el transporte de las partículas desde la fuente hasta nuestra región de interés, siendo el número de partículas localizadas diferentes según la extensión de la región fuente. En el caso de la fuente del Atlántico Norte se obtuvieron aproximadamente 500000 partículas mientras que en el Mediterráneo se localizaron en torno a 150000.

Para cada día de interés estudiaremos la contribución que la fuente tuvo ese día asociado al transporte desde ella de 1-10 días previos. De esta manera se asegura el aporte de todas las partículas que se encuentran sobre el área. A través de este análisis podemos estimar la contribución total que la fuente tuvo sobre la región para ese día concreto.

EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL COMO REGIÓN CLAVE PARA ESTUDIAR LA RELACIÓN ENTRE EL DÉFICIT DE TRANSPORTE DE HUMEDAD Y LA OCURRENCIA DE SEQUÍAS

WESTERN MEDITERRANEAN AS A KEY REGION TO STUDY THE RELATIONSHIP BETWEEN MOISTURE TRANSPORT DEFICIT AND DROUGHT OCCURRENCE

Luis Gimeno-Sotelo⁽¹⁾, Milica Stojanovic⁽¹⁾, Rogert Sorí⁽¹⁾, Raquel Nieto⁽¹⁾, Sergio M. Vicente-Serrano⁽²⁾, Luis Gimeno⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics, Laboratory (EPhysLab), Edificio Campus da Auga (Campus Sur) Rúa Canella da Costa da Vela 12, Ourense, España, ephyslab@uvigo.es

⁽²⁾ Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IPE–CSIC), Avd. Montañana 1005, Campus Aula Dei, Zaragoza, España, contacto@ipe.csic.es

SUMMARY

Western Mediterranean is among the world regions where drought magnitude is projected to increase from 1850 to 2100 under a high anthropogenic emissions scenario, together with central America, southwestern South America, northern Brazil, the Amazon, northeastern Brazil, southern Africa, eastern Mediterranean, and southwestern Australia. We find the specific moisture sources of those regions and obtain their contribution to the precipitation for the period 1980-2018. We identify the dominant moisture source in each region, understood as the one whose contribution deficit maximises the drought probability. A variety of cases are found: in three regions the dominant source is the region itself, in one region it is the nearby terrestrial source, and in five regions it is an oceanic source. We find that the source that most contributes to the precipitation of a given region does not always coincide with its dominant one.

En este trabajo, nos centramos en el estudio del nexo entre el déficit de transporte de humedad y la ocurrencia de sequías en nueve regiones clave de todo el mundo en las que se prevé que la magnitud de la sequía meteorológica aumente de 1850 a 2100 en un escenario de altas emisiones antropogénicas. Estas regiones son América Central, el suroeste de Sudamérica, el norte de Brasil, el Amazonas, el noreste de Brasil, el Mediterráneo occidental, el sur de África, el Mediterráneo oriental y el suroeste de Australia. Utilizando el modelo lagrangiano de dispersión de partículas FLEXPART, identificamos las fuentes específicas de humedad de las regiones (la propia región, la fuente continental cercana y las fuentes oceánicas) y obtenemos sus contribuciones a la precipitación en las regiones para el periodo 1980-2018. Para cada región y fuente de humedad específica, se calculan índices estandarizados para la determinación de sequía meteorológica y de los déficits de contribución, y se estima la probabilidad condicional de ocurrencia de sequía dado un déficit de contribución equivalente de la fuente mediante modelos de cópula, que es una metodología estadística que nos permite capturar relaciones complejas entre variables. Identificamos la fuente de humedad dominante en cada región, que es aquella para la que el déficit de contribución maximiza la probabilidad de sequía. Para las nueve regiones identificadas, hay una variedad de situaciones para las fuentes dominantes para la sequía; con tres regiones donde es la propia región (el Amazonas, el noreste de Brasil y el sur de África), una región donde es la fuente terrestre cercana (norte de Brasil), y cinco regiones donde es una fuente oceánica (América central, suroeste de América del Sur, el Mediterráneo occidental y oriental y el suroeste de Australia). En general, los déficits de contribución de fuentes de humedad específicas se asocian a probabilidades de sequía sólo ligeramente superiores a las de las principales fuentes de humedad globales. También revelamos que la fuente que más contribuye a la precipitación en una región determinada no es necesariamente la fuente dominante de sequía en la región. Este resultado es especialmente relevante, ya que apunta a que debemos centrarnos en lo que ocurrirá en estas fuentes de humedad dominantes para interpretar correctamente cómo los déficits de transporte de humedad afectan a las sequías a escala regional.

PRESENTACIÓN INVITADA

EVOLUCION Y FUTURO DE LOS SERVICIOS CLIMATICOS *EVOLUTION AND FUTURE OF CLIMATE SERVICES*

Francisco J. Doblas Reyes^(1,2)

⁽¹⁾ Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, Barcelona, francisco.doblas-reyes@bsc.es

⁽²⁾ Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación, Barcelona

SUMMARY

Climate services are the provision of climate information for use in decision-making taking into account the context and values of those involved. As climate information is only one, possibly relatively minor, element of what is needed by those climate-sensitive decision makers, climate services need to be integrated with other information or services of relevance to the decision-makers. This creates much of the context to be taken into account in the co-production approaches typically used in climate services to create value. This presentation will describe the recent evolution, landscape, and market of climate services, the actors in the landscape, what climate services are being used for, and highlight some of the successes and gaps. The presentation will be based on experiences from research projects and service contracts.

More frequent extreme high temperatures and droughts are just some examples of the impacts that we are experiencing due to the combination of climate change and natural climate variability. Society at large is in dire need of preparing for climate change, mitigating its causes, and paving the way for a sustainable and equitable future. Communities, organisations, and institutions increasingly demand support to address their climate-sensitive, decision-making processes.

A key element for the adaptation to and mitigation of anthropogenic climate change is the availability and use of climate information of demonstrable quality for decision-making. Climate services, understood as the provision of climate information (where climate typically relates to time scales from months and longer) for use in decision-making taking into account the context and values of those involved, aim to address this need.

Climate services have been provided and used in some form since climate information was made available in the 20th Century, if not before, although they were not usually referred to as climate services at the time. It is during the course of this century that the term has started to gain traction and be used in a more formal way. This has been the result of major advancements in developing the scientific and technical capabilities that can be of use or value to society and decision-makers, and a growing interest in the potential value of the services from society and decision-makers.

Climate services are an integral part of the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Intergovernmental Panel on Climate Change's Assessment Reports, national adaptation plans, investments in both the public and private sectors, and strategic decisions of a growing number of sectors. In all these cases, the co-production, with more or less involvement of the parties, of tailored climate information is the core of the service. It is important to note that climate information is often only one, possibly relatively minor, element of what is needed by the recipients of the climate service for their decisions. Climate services need to be integrated with other information or services of relevance to the decision-makers, which are part of the context to be taken into account by the climate service, to create value. This implies that climate service providers should identify and understand as many of the different links in the value chain as possible, identifying key actors to engage with or collaborate with to co-develop services of value. This is not a trivial task because the number and diversity of individuals and organisations that make up the landscape of climate services is continuously evolving.

A climate service is only worth delivering if it is going to be used by someone to influence an outcome. A demand-driven approach to the development of services, as opposed to a capability-driven approach, is therefore clearly important. Decision-makers are more likely to use the service when the providers strive for salience, credibility,

and legitimacy of the information they provide and ensure the information is accessible, relevant and usable. There has been impressive progress made developing, delivering, and using climate services in what is a fairly new domain and market. However, climate services have been considered often of not having been sufficiently integrated into climate-sensitive sectors to be useful. This is partly due to the complexity of climate services needing to be user-tailored, co-produced, transparent, and accessible. Given this complexity, to analyse the climate services it is useful to identify four interrelated components: a) the decision-making context, where climate services need to deliver value, b) the ecosystem of actors and co-creation processes involved, c) the different knowledge systems, information, and processes that contribute to developing successful climate services, and d) the delivery mode and its evaluation.

Standardisation is an approach that can play an important role in addressing some of the gaps identified in climate services and help create a market that satisfies the growing requirements. We are surrounded by standards and norms that describe how things should be produced, should work or are best developed and implemented. Even when in certain cases there are no formal standards, we can still find descriptions, sets of requirements or conventions generated by the communities involved that help to ensure product functionality, compatibility, and/or interoperability. Standards, protocols, recommendations, and best practices can guide us in the development, delivery, traceability, market stimulation, and improvement of climate services over time. They are the basis of quality-assured climate services, necessary for the development of a trustworthy market. However, there is not yet a set of climate services standards nor agreement on the criteria and spectrum of actors necessary for defining the standards and, whenever needed, best practices and guidance. The Horizon Europe Climateurope2 project will be presented as the strategy followed by the European Commission to develop bottom-up standards for climate services. The recommendations formulated will facilitate the soundness of the methods and approaches, ensure the traceability of the product, and lead to the necessary continuous improvement over time.

This presentation will describe the recent evolution and landscape of climate services, the actors in the landscape, what climate services are being used for, and highlight some of the successes and problems. The presentation will be based on our experience in many international activities over the past 15 years, particularly in European-funded projects where there has been a huge investment in developing climate services and stimulating a market.

SESIÓN: SERVICIOS CLIMÁTICOS

CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA MESETA SUR (CASTILLA–LA MANCHA Y COMUNIDAD DE MADRID) EN EL PERIODO 1951–2020

CHARACTERIZATION OF PRECIPITATION IN THE SOUTHERN PLATEAU (CASTILLA–LA MANCHA AND COMMUNITY OF MADRID) IN THE PERIOD 1951–2020

David López-Rey Lumbreras⁽¹⁾, Roberto Monjo i Agut⁽²⁾, Entique Sánchez Sánchez⁽¹⁾, Javier Vaquero Martínez⁽³⁾

⁽¹⁾ Facultad de Bioquímica y Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla – La Mancha, Toledo, España, david.lopezrey@yahoo.es, e.sanchez@uclm.es

⁽²⁾ Fundación para la Investigación del Clima, Madrid, España, robert@ficlima.org

⁽³⁾ Facultad de Educación, Universidad de Extremadura, Cáceres, España, javier_vm@unex.es

SUMMARY

The Southern Plateau is located in the interior of the peninsula. It is surrounded by mountain chains (altitudes greater than 2000m) that prevent the arrival of rains from the northwest to the east, but allow the influence of the Atlantic Ocean in the west and the Mediterranean Sea. In this study we have used daily precipitation data from the State Meteorological Agency. We have determined that the average annual precipitation has decreased in the mountains and that there is no clear trend in the rest. On the other hand, we have seen a decrease in rainy days, especially in winter, and a slight increase in torrential rain in spring and summer.

La Meseta Sur peninsular, conformada por Castilla – La Mancha y la Comunidad de Madrid y ubicada en el interior de la península Ibérica, tiene un clima predominantemente mediterráneo, de temperaturas suaves pero con un progresivo aumento en las últimas décadas (Mirón, I. et al., 2008) y con veranos cada vez más cálidos (Serrano-Notivoli, R. et al., 2023).

El régimen de lluvias está marcado por una clara influencia atlántica en la mayoría del territorio y mediterránea en la parte del sureste. Las precipitaciones del verano son en su gran mayoría de origen tormentoso. Ocasionalmente fuertes y estáticas, produciendo riadas (Cano, D. et al., 2019). y, eventualmente, víctimas mortales (López-Rey, D. 2014).

Recientes estudios apuntan a una clara disminución la precipitación en la península Ibérica, en especial el verano. En la escala mensual, también se ha notado una tendencia negativa significativa en los meses de marzo y de junio (Javier Senent-Aparicio, et al. 2019).

Los días de precipitación han experimentado una disminución en la mayoría del territorio peninsular, tanto a nivel anual como estacional, pero con la excepción del verano (Javier Senent-Aparicio, et al. 2019). Sin embargo, hay un mayor número de días de tormenta al año en la cuenca hidrográfica del Júcar (Llasat M.C. et al. 2021), tanto en magnitud (Javier Senent-Aparicio, et al. 2019) como en frecuencia (Serrano-Notivoli, et al. 2018). Las rachas húmedas también descienden (Lorenzo, M.N. et al., 2020).

La irregularidad de las lluvias y las temperaturas cada vez más altas agudizan el fenómeno de la sequía (Soares, P.M.M, et al. 2023), ya que aumenta bruscamente la evapotranspiración y, por tanto, el estrés hídrico de animales y plantas (Noguera, I. et al. 2021). Es lo que se conoce como sequías repentinas o *flash drought*. Las zonas donde más se sufren estos efectos son el centro y el sur peninsular ([André M. Claro](#), et al. 2023).

En este trabajo se pretende caracterizar la precipitación en la Meseta Sur peninsular desde varios puntos de vista: la cantidad de precipitación media anual y estacional, el número de días de precipitación anual y estacional y la torrencialidad de la precipitación a través del índice de GINI, muy empleado y de buenos resultados en gran parte del planeta (Monjo, R. et al, 2015).

Para ello, se ha partido de la precipitación diaria de los observatorios (incluyendo en este término las redes principal y secundaria) que la Agencia Estatal de Meteorología tiene repartidos en esas dos comunidades autónomas y en sus cercanías. Como filtrado de calidad se ha elegido que las series de datos de cada uno de los observatorios estuviesen completa, al menos, en un 80% para los distintos subperiodos de estudio (1951-80, 1961-90, 1971-00, 1981-10 y 1991-20). Como herramienta de cálculo se ha empleado el software R.

Como resultado ha realizado un breve estudio de climatología clásica de cada una de las variables presentadas en cada uno de los subperiodos. Posteriormente se ha realizado un análisis de cada una de las tendencias, otorgando la significancia a p -valor < 0.005 . Se ha visto que una ligera tendencia a la baja en la precipitación del invierno y del verano; y apenas hay significancia en primavera y en otoño y en la precipitación anual. Los días de precipitación siguen el mismo patrón. Sin embargo, el índice de GINI tiende ligeramente a aumentar, sobre todo en la provincia de Albacete.

REFERENCIAS

- Cano, D., López-Rey, D., Torrijo, R. (2019): La riada de Cebolla del 8 de septiembre de 2018. Blog de Aemet.
- Claro, André (2023): Susceptibility of Iberia to Extreme Precipitation and Aridity: A New High-Resolution Analysis over an Extended Historical Period. *Water*, 15(21), 3840; <https://doi.org/10.3390/w15213840>
- Llasat, M. C. et al. (2021): Convective Precipitation Trends in the Spanish Mediterranean Region. *Atmos. Res.*, 257, 105581.
- López-Rey Lumberras, D. (2014): La riada. Polán, 30 de agosto de 1926. Ed. Ledoria. 240pp.
- Lorenzo, M. N., Alvarez, I. (2020). Climate change patterns in precipitation over Spain using CORDEX projections for 2021–2050. *Sci. Total Environ.*, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138024
- Miron, I, et al. (2008): Time trends in minimum mortality temperatures in Castile-La Mancha (Central Spain): 1975-2003. *Int. J. Biometeorol.*, PMID: 17929062 DOI: 10.1007/s00484-007-0123-6
- Monjo, R., Martín-Vide, J. (2018): Daily precipitation concentration around the world according to several índices, Researchgate.net
- Noguera, I. Domínguez-Castro, F. Vicente-Serrano, S.M., (2021): Flash drought response to precipitation and atmospheric evaporative demand in Spain, *Atmosphere*, 12 (2), 165; <https://doi.org/10.3390/atmos12020165>
- Senent-Aparicio, J. (2023): Recent precipitation trends in Peninsular Spain and implications for water infrastructure design. *J. Hydrol.: Reg. Stud.*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101308>
- Serrano-Notivoli, R. et al. (2018) Recent Trends Reveal Decreasing Intensity of Daily Precipitation in Spain. *Int. J. Climatol.* 2018, 38, 4211–4224.
- Serrano-Notivoli, R. et al. (2023): Unprecedented warmth: A look at Spain's exceptional summer of 2022. *Atmos. Res.*, 293, doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106931
- Soares, P. M. M., Careto, J. A. M., Russo, A. (2023): The future of Iberian droughts: a deeper analysis based on multi-scenario and a multi-model ensemble approach. *Natural Hazards*, 117, 2001–2028. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05938-7>

CLIMATOLOGÍAS DE LLUVIAS DE BARRO EN LA ESPAÑA PENINSULAR E ISLAS BALEARES

MUD RAIN CLIMATOLOGIES IN PENINSULAR SPAIN AND BALEARIC ISLANDS

Adrian García Abenza⁽¹⁾, Luis María Bañón Peregrín⁽¹⁾, Patricia García Brao⁽²⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, España, agarciaa@aemet.es, lbannonp@aemet.es

⁽²⁾ Universidad de Murcia, Facultad CC. Físicas, España, patricia.g.brao@gmail.com

SUMMARY

Mud rain, a phenomenon driven by raindrops transporting mineral aerosols from the atmosphere, is gaining prominence with increasing impacts across diverse sectors. This study focuses on establishing a climatology for this variable over the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. The approach involves integrating grids of daily observed precipitation with predicted values of aerosol optical depth (AOD) from the EAC4 model. The determination of AOD thresholds influencing the occurrence of perceptible mud rain draws on data recorded from the meteorological observatory of Murcia (2017-2021). Validation efforts include the development of two additional climatologies based on wet deposition predictions and reanalysis from the global models CAMS and MERRA-2 respectively, revealing significant similarities but also some interesting differences.

Las lluvias de barro son un fenómeno meteorológico que se produce cuando las gotas de lluvia arrastran a su paso los aerosoles minerales presentes en niveles medios y bajos de la troposfera (Jansa, 1968). En España, los aerosoles que provocan la lluvia de barro proceden de los desiertos del Sahara. Este tipo de lluvias pueden afectar a la calidad del aire, reducir la visibilidad e impactar en actividades económicas como la agricultura y las plantas fotovoltaicas. De ahí el interés por desvelar la frecuencia y distribución de este fenómeno.

Para la obtención de una climatología de días anuales de lluvia de barro sobre la Península Ibérica y Baleares, se han combinado las rejillas de 5 km de resolución generados por AEMET a partir de datos observados de precipitación diaria, PCPdía (Peral et al, 2017), con las rejillas adaptadas a 5 km de resolución del espesor óptico de aerosoles (AOD en sus siglas en inglés) máximo diario, AODx, obtenidos del modelo *Atmospheric Composition Reanalysis 4 (EAC4)* del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio, a una resolución inicial de unos 80 km. El período de combinación se extendió de 2017 a 2021, y para cada día y punto de rejilla se obtuvo un par de valores de PCPdía y AODx, del que se obtuvo una primera estimación de lluvias de barro.

Sin embargo, para que la lluvia de barro se haga perceptible, aunque la precipitación puede ser muy escasa, el AOD debe superar un umbral, AODu. Para calcular este umbral, se utilizaron los datos de la campaña de observación de lluvias de barro del observatorio meteorológico de Murcia, comparándolos con la serie diaria, de 2017 a 2021, de pares de datos PCPdía-AODx sobre las coordenadas de este observatorio, y obteniéndose un AODu de 0.19. Dada la experiencia de la campaña de observación, y la propia interpolación estadística de las rejillas de precipitación diaria, se han considerado apreciables las precipitaciones diarias superiores a 0,001 mm.

Finalmente, para la elaboración de las climatologías de lluvias de barro, se consideró la ocurrencia de un día de lluvia de barro en cada punto en el que se superasen simultáneamente los umbrales citados (PCPdía>0,001 mm y AODu>0,19). La Figura 1 muestra, como resultado de esa combinación, el número medio de días al año de lluvias de barro, en el período 2017 a 2021. En la presentación se muestran las medias mensuales y la evolución anual.

Como muestra la Figura 1, el número medio anual de días de lluvia de barro oscila entre 20 a 30 días al sureste peninsular y Baleares, hasta los menos de 5 días en gran parte del tercio noroeste. En el período considerado, 2017 a 2021, con los datos observados en el observatorio de Murcia, se registró una media de 22,9 días al año.

A modo de verificación de esta distribución espacial, se han elaborado climatologías alternativas de lluvias de barro a partir de las variables de deposición húmeda de aerosoles minerales, DEPhum, de dos modelos globales de predicción de la composición atmosférica: el CAMS, a unos 45 km de resolución, y el MERRA-2, a unos 63 km de resolución. Para calcular el valor de DEPhum que hace perceptible la lluvia de barro, se obtuvo la serie de valores sobre las coordenadas del observatorio meteorológico de Murcia en un período de 5 años, y se comparó con los datos observados de lluvia de barro. Los umbrales obtenidos de DEPhum fueron 59.0 mg/m² para CAMS, y 28.4 mg/m² para MERRA-2. Seleccionando los puntos de rejilla con depósitos diarios superiores a los citados umbrales, se obtuvieron las distribuciones espaciales de las climatologías de días anuales de lluvia de barro. Para

detectar las diferencias en las distribuciones espaciales de las climatologías basadas en CAMS y MERRA-2 frente a la de EAC4/rejilla-AEMET se normalizaron los valores a los obtenidos en cada caso sobre la ubicación del observatorio de Murcia. Figura 2.

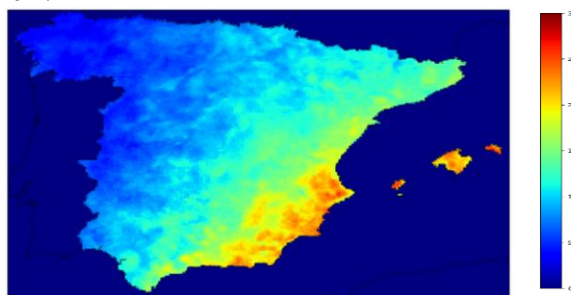


Figura 1 - Climatología del número medio de días anuales de lluvia de barro obtenida de los datos combinados de espesor óptico de aerosoles y rejillas de precipitación diaria.

Como muestra la Figura 1, el número medio anual de días de lluvia de barro oscila entre 20 a 30 días al sureste peninsular y Baleares, hasta los menos de 5 días en gran parte del tercio noroeste. En el período considerado, 2017 a 2021, con los datos observados en el observatorio de Murcia, se registró una media de 22,9 días al año.

A modo de verificación de esta distribución espacial, se han elaborado climatologías alternativas de lluvias de barro a partir de las variables de deposición húmeda de aerosoles minerales, DEPhum, de dos modelos globales de predicción de la composición atmosférica: el CAMS, a unos 45 km de resolución, y el MERRA-2, a unos 63 km de resolución. Para calcular el valor de DEPhum que hace perceptible la lluvia de barro, se obtuvo la serie de valores sobre las coordenadas del observatorio meteorológico de Murcia en un período de 5 años, y se comparó con los datos observados de lluvia de barro. Los umbrales obtenidos de DEPhum fueron 59.0 mg/m^2 para CAMS, y 28.4 mg/m^2 para MERRA-2. Seleccionando los puntos de rejilla con depósitos diarios superiores a los citados umbrales, se obtuvieron las distribuciones espaciales de las climatologías de días anuales de lluvia de barro. Para detectar las diferencias en las distribuciones espaciales de las climatologías basadas en CAMS y MERRA-2 frente a la de EAC4/rejilla-AEMET se normalizaron los valores a los obtenidos en cada caso sobre la ubicación del observatorio de Murcia. Figura 2.

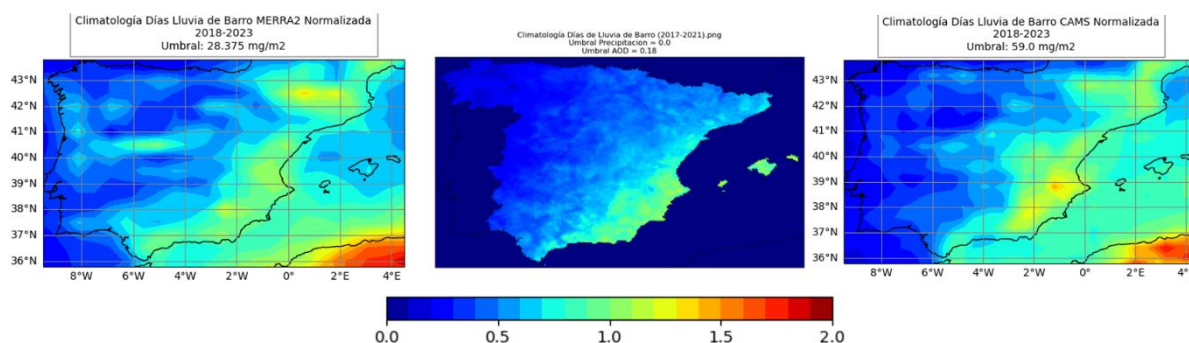


Figura 2 - Climatologías del número medio de días anuales de lluvia de barro, normalizadas al valor en la ubicación del observatorio de Murcia (donde el valor es 1 en los tres casos), obtenida de los datos de MERRA-2 (izquierda), EAC4/rejilla-AEMET (centro) y de CAMS (derecha).

Las distribuciones de verificación, basadas en CAMS y MERRA-2, confirman el gradiente de valores desde el tercio noroeste hacia el tercio sureste peninsular, aunque también desvelan marcadas diferencias. La climatología basada en CAMS muestra mayores valores en el tercio sureste y especialmente sobre las sierras, extremo confirmado por la climatología basada en MERRA-2, del que destacan los altos valores sobre el extremo occidental del Sistema Central y el máximo sobre Pirineos. En la presentación se sugieren motivos de tales diferencias.

REFERENCIAS

Buchard, V. et al. (2017): *The MERRA-2 Aerosol Reanalysis, 1980 Onward. Part II: Evaluation and Case Studies*. J. Climate, 30(17), 6851–6872. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0613.1>

ANÁLISIS DE LA SEQUÍA ACTUAL EN ANDALUCÍA CON DIVERSOS INDICES

ANALYSIS OF THE CURRENT DROUGHT IN ANDALUSIA WITH VARIOUS INDICES

J. D. del Pino

AEMET, Delegación T. Andalucía, Ceuta y Melilla, Av. Américo Vespucio 3, Sevilla, España, jdelpinoc@aemet.es

SUMMARY

The current drought in Andalusia, due to its extraordinary duration and intensity, is very appropriate to compare the treatment of the different drought indicators, both those that only depend on precipitation and the Normalized Precipitation Drought Index (SPI). , prepared by T.B. McKee, N.J. Doesken and J. Kleinst, from Colorado State University, in 1993, recommended by the World Meteorological Organization and used as an early warning system by many National Meteorological Services, at their different time integration scales, as well as others that include additional related variables with the storage capacity and demand for soil moisture, very important with the increase in temperatures due to climate change and which are reaching very significant values in the south of Spain. In this sense, the Palmer index is very suitable for analyzing and quantifying drought conditions in Andalusia.

La sequía actual en Andalucía, según los diversos índices de evaluación de la sequía es considerada la más larga, al menos desde 1961. Así lo muestra el Índice de Sequía Normalizado de Precipitación (SPI), elaborado por T.B. McKee, N.J. Doesken y J. Kleinst, de la Universidad Estatal de Colorado, en 1993, recomendado por la Organización Meteorológica Mundial y utilizado como sistema de alerta temprana por muchos Servicios Meteorológicos Nacionales a partir de datos mensuales de precipitación agregados cada 36 meses. Sin embargo, la precipitación no es la única magnitud importante en la evaluación de una sequía. La evapotranspiración es cada vez más influyente en la caracterización de una sequía, sobre todo por el incremento de la temperatura como consecuencia del Cambio Climático. Por eso, índices como el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI) debe ser considerado en este estudio. Este índice de Palmer incluye también variables adicionales relacionadas con la capacidad de almacenaje y pérdida de humedad del suelo.

Dentro de los objetivos de este trabajo, se establecerá un método eficaz para determinar el comienzo y fin de la sequía, así como la duración, intensidad, etc. Además, a partir de aquí se podrá estudiar las características comunes de las sequías en el periodo desde 1961 hasta la fecha en Andalucía. Esto permitirá conocer si la sequía afecta por igual a las cuatro estaciones anuales y determinar la influencia relativa de los diferentes sistemas atmosféricos más habituales que aportan la mayor parte de las precipitaciones en el sur de la Península Ibérica.

El estudio se aplica a observatorios de la red sinóptica principal de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en Andalucía, así como a valores agregados para toda la región.

COLABORACIÓN CSIC-AEMET PARA EL DESARROLLO DE SERVICIOS CLIMÁTICOS OPERACIONALES

CSIC-AEMET COLLABORATION FOR THE DEVELOPMENT OF OPERATIONAL CLIMATE SERVICES

S. M. Vicente-Serrano^(1,3), J.M. Gutiérrez^(1,4), M. Y. Luna⁽²⁾, C. Azorín-Molina^(1,5), D. Barriopedro^(1,6), S. Beguería^(1,7), J. Frégola⁽¹⁾, D. Tordesillas⁽¹⁾, A. Morata⁽²⁾, E. Rodríguez-Guisado⁽²⁾, R. Romero⁽²⁾, J.L. Casado⁽²⁾

⁽¹⁾ Plataforma Temática Interdisciplinar para Clima y Servicios Climático (PTI-Clima); Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España, svicen@ipe.csic.es

⁽²⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), España

⁽³⁾ Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), España

⁽⁴⁾ Instituto de Física de Cantabria (IFCA), España

⁽⁵⁾ Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE), España

⁽⁶⁾ Instituto de Geofísica (IGEO), España

⁽⁷⁾ Estación Experimental Aula Dei (EEAD), España

SUMMARY

One of the main objectives of the Interdisciplinary Thematic Platform PTI+ "Climate and Climate Services" of the CSIC, in collaboration with the State Meteorological Agency (AEMET), is the development and implementation of 10 operational thematic climate services for the whole Spanish territory. These tools will support research and decision-making by administrations, private sector and citizens. The climate services have passed the prototype phase and are currently incorporating new functionalities with the aim of being operational as of June 2026. The topics of the 10 services are very diverse: i) Seasonal forecast, ii) meteorological risk of forest fires, iii) meteorological drought, iv) agroclimatology, v) climate change indicators, vi) heat and cold waves, vii) extreme precipitation events, viii) wind, ix) radiation and x) attribution of extremes to climate change. As a general framework, these climate services cover climatology, monitoring, early warning, seasonal and multidecadal projections time scales.

Uno de los principales objetivos de la Plataforma Temática Interdisciplinar PTI+“Clima y Servicios Climáticos” del CSIC, en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología, es el desarrollo y puesta en marcha de 10 servicios climáticos temáticos operacionales para el conjunto del territorio español. Estas herramientas servirán de apoyo a la investigación y a la toma de decisiones por parte de administraciones, empresas y ciudadanía. Los servicios climáticos han pasado la fase de prototipo y en la actualidad están incorporando nuevas funcionalidades con la finalidad de que sean operativos a partir de junio de 2026. Las temáticas de los 10 servicios son muy diversas: i) Datos de predicción estacional, ii) Riesgo meteorológico de incendios forestales, iii) Sequía meteorológica, iv) Agroclimatología, v) Indicadores de cambio climático, vi) Olas de calor y frío, vii) Eventos de precipitación extrema, viii) Viento, ix) Radiación y x) Atribución de extremos al cambio climático. Como marco general, estos servicios climáticos cubren las siguientes escalas de tiempo: a) Climatología [CLIM], con información climática básica (valores normales y variabilidad, estacionalidad y ciclos anuales, probabilidad de ocurrencia de eventos, etcétera), en base a información climática histórica; b) Monitorización y vigilancia [MON], con información proporcionada en tiempo real o casi-real, a partir de los datos registrados en la red de observación de primer orden de AEMET. Tiene un ciclo de refresco corto (aprox. diario), y se enfoca a la vigilancia; c) Predicción a corto plazo [SHORT], con un plazo típico de unos pocos días. Tiene un ciclo de refresco corto, y se enfoca a la preparación y seguimiento; d) Predicción Estacional [SEAS], que incluye tanto predicciones estadísticas como dinámicas a medio plazo. Tiene un ciclo de refresco medio (aprox. mensual), y se enfoca a la planificación de ciclo productivo; d) Cambio climático futuro [FUT], con información basada en escenarios de cambio climático, y que se orienta a la planificación estratégica a lo largo del siglo XXI.

Agradecimientos

This research work was funded by the Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge (MITECO) and the European Commission NextGenerationEU (Regulation EU 2020/2094), through CSIC's Interdisciplinary Thematic Platform Clima (PTI-Clima).

COMPLEMENTARIEDAD DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS: ENERGÍAS EÓLICA, FOTOVOLTAICA Y UNDIMOTRIZ

COMPLEMENTARY OF OFFSHORE ENERGY RESOURCES ON THE SPANISH COASTS: WIND, WAVE AND PHOTOVOLTAIC ENERGY

Rubén Vázquez⁽¹⁾, William Cabos⁽¹⁾, José Carlos Nieto-Broge⁽¹⁾, Claudia Gutiérrez⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Spain, ruben.vazquezm@uah.es

SUMMARY

The complementarity of solar, wind, and wave energy resources in hybrid offshore platforms can boost productivity and lessen energy output variability compared to reliance on a single source. Using ERA5 reanalysis, this study assesses wind, solar, and wave energy potentials in potential Spanish offshore locations. Wind energy emerges as the primary resource across Spanish offshore regions, followed by photovoltaic energy. Despite "drought periods" where no energy is generated, wave energy offers consistent energy flow, particularly in the northwestern Iberian Peninsula and the Canary Islands. Evaluating the synergy of these energy sources reveals hybrid platforms' potential to enhance production and reduce variability. While wind and solar energy dominate production, wave and solar photovoltaic energy are crucial for minimizing variability. This study lays the groundwork for integrating multiple energy converters on hybrid platforms to advance powerful and sustainable energy production.

La complementariedad de los recursos de energía solar, eólica y de las olas en plataformas híbridas en alta mar tiene el potencial de aumentar la productividad y reducir la variabilidad en la producción de energía que puede generar un solo tipo de fuente de energía. En este estudio, se utiliza la reanálisis ERA5 para calcular los recursos de energía eólica, solar y de las olas en ubicaciones potenciales en España para plataformas en alta mar. Los resultados indican que la energía eólica presenta el mayor recurso energético para todas las regiones marítimas españolas, seguida de la energía fotovoltaica. Sin embargo, teniendo en cuenta los "períodos de sequía" (períodos en los que no se obtiene energía de ninguna de las tecnologías analizadas), la energía de las olas presenta una oportunidad para proporcionar un flujo continuo de energía, especialmente en el noroeste de la península ibérica y las Islas Canarias. La evaluación de la complementariedad de los tres recursos energéticos muestra que el uso de plataformas híbridas no solo aumentaría la producción de energía, sino que también reduciría la variabilidad. En términos de producción de energía, la energía eólica junto con la energía solar son los mayores generadores de energía. Pero en términos de minimizar la variabilidad, la energía de las olas junto con la energía fotovoltaica solar son las más importantes (Figura 1). Por lo tanto, este estudio está abriendo el camino para introducir múltiples convertidores de energía en plataformas híbridas como un camino hacia una producción de energía más potente y sostenible.

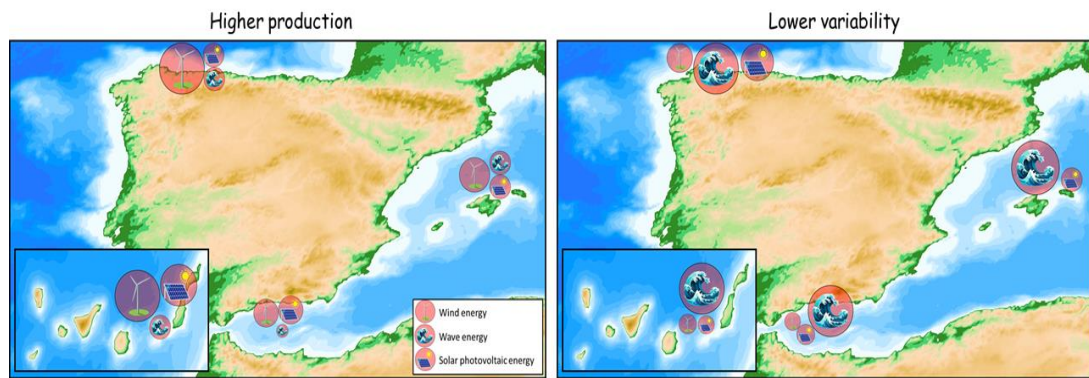


Figura 1 - Ubicación de las áreas potenciales de energía eólica marina en España basada en la información pública disponible en los Planes Espaciales Marítimos del gobierno español. El tamaño de los círculos representa la importancia del recurso en producción y variabilidad. Los círculos más grandes indican una mayor producción y una menor variabilidad.

EVALUACIÓN CLIMÁTICA DEL POTENCIAL EÓLICO+SOLAR EN UN SISTEMA INSULAR (LAS ISLAS CANARIAS)

CLIMATIC ASSESSMENT OF THE WIND+SOLAR POTENTIAL IN A INSULATED SYSTEM (THE CANARY ISLANDS)

Sonia Jerez⁽¹⁾, Judit Carrillo⁽²⁾, Albano González⁽³⁾, Juan Pedro Díaz⁽³⁾,
Juan Pedro Montávez⁽¹⁾, Francisco Javier Expósito⁽³⁾, Juan Carlos Pérez-Darías⁽³⁾

⁽¹⁾ Department of Physics, University of Murcia, Murcia, Spain, sonia.jerez@um.es

⁽²⁾ Department of Earth and Environmental Science, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA

⁽³⁾ GOTA group, University of La Laguna, La Laguna, Spain

SUMMARY

The integration in the energy mix of variable renewable energies (VRE) is necessary to achieve net-zero emissions, but is highly compromised due to the intermittency of the electricity generation from these sources. To help on that, the CLIMAX tool provides guidance about actionable strategies for the deployment of the facilities that exploit the spatio-temporal complementarity of the two main VRE, wind and solar, in order to reduce the volatility of their combined production. In this case study, we applied CLIMAX over the Canary Islands and evaluate the role of the urban areas in promoting the stability of the Canary energy mix while enlarging the penetration of these two main VRE. Results showed that the optimal scenarios generated with CLIMAX would reduce the undesired fluctuations of the joint wind+solar electricity production around 30% as compared to a baseline deployment scenario, and encourage energy policies aimed at maximizing the rooftop area for utility photovoltaic development.

Solar and wind powers play a main role in the transition toward decarbonized electricity systems, being at the core of climate change mitigation strategies. However, their integration in the energy mix is highly compromised due to the intermittency of their production caused by weather and climate variability. To face the challenge, an open-access step-wise model called CLIMAX has been recently developed (Jerez et al. 2023; <http://climax.inf.um.es/>). It provides guidance about actionable strategies for wind and solar photovoltaic facilities deployment that exploit their spatio-temporal complementarity (e.g. solar and wind power curves typically exhibit inverted daily and annual cycles, as well as asymmetric responses to the main large-scale teleconnection patterns over different regions) in order to reduce the volatility of their combined production.

In this contribution, we first use CLIMAX to generate optimized scenarios of wind and solar installations over the Canary Islands (Figure 1). On the one hand, insulated systems need to be self-sufficient, and, on the other hand, their usually large climatic heterogeneity gives room for wind-solar complementarity to work. For their generation, several constraints are considered, namely the inclusion of operative units, discarded areas due to environmental, accessibility or feasibility reasons, the regulated minimum of a 7.5% of the rooftop area with solar panels, and the maximum capacity density for each technology (Tröndle et al. 2019). The optimized scenarios guarantee the best fit of the daily wind-plus-solar production to the electricity usage in the region both at day- and nighttime, reducing the undesired fluctuations of the production around 30% as compared to the outputs from a random spatial distribution of the facilities.

In a second step, under the umbrella of these scenarios, we evaluate the role of the urban areas in promoting the stability of the Canary energy mix while enlarging the penetration of both variable renewable energies, wind and solar. Given the scarcity of practicable non-urban areas on the islands, the results show that maximizing the rooftop area for utility photovoltaic development would have a twofold positive impact: (1) the leadership of urban areas in leveraging the stability of a renewable-based energy system, and (2) the transformation of idle into profitable land uses for the clean energy transition to achieve net greenhouse gas neutrality.

CLIMAX optimal deployment & distribution of the SP and WP production capacity

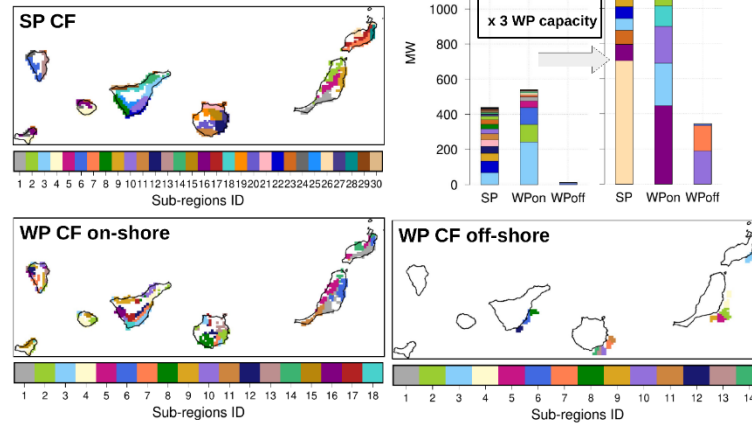


Figure 1 - An example of the optimized scenarios of wind and solar installations over the Canary Islands generated with the CLIMAX tool under several constrains (see text). The bars plot indicate the capacity (in MW) of each technology allocated in each of the regions as displayed in the maps, both for the current scenario and for the optimal situation.

These results should be taken with care as regards the stability, accuracy and feasibility of the scenarios, i.e. their social acceptance and economic *pros* and *cons*, their dependence on the training period, the impacts of climate change on the abundance and variability of the resources, changes in the demand side, the reliability of the simulated climate data and the simplicity of the assumptions made for modeling the capacity factors. Nonetheless they clearly encourage further efforts for transitioning smartly toward net-zero emissions, highlighting the relevant role of urban areas in such transition.

REFERENCES

- Jerez, S. et al. (2023): *An Action-Oriented Approach to Make the Most of the Wind and Solar Power Complementarity*. *Earth's Future*, 11(6), e2022EF003332.
- Tröndle, T., Pfenninger, S., Lilliestam, J. (2019): *Home-made or imported: On the possibility for renewable electricity autarky on all scales in Europe*. *Energy strategy reviews*, 26, 100388.

Acknowledgments

This study was supported by the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities–Agencia Estatal de Investigación and the European Regional Development Fund through the Grants TED2021-131074B-I00 and RYC2020-029993-I.

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE REGIONALIZACIÓN ESTADÍSTICA PARA LA GENERACIÓN DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS EN ESPAÑA

EVALUATION OF STATISTICAL DOWNSCALING METHODS FOR CLIMATE CHANGE PROJECTIONS OVER SPAIN

Carlos Correa Guinea ⁽¹⁾, Alfonso Hernanz Lázaro ⁽¹⁾, Esteban Rodríguez Guisado ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, ccorrea@aemet.es

SUMMARY

The study presents an evaluation and selection of global climate models for downscaled projections, aligning with the requirements of Spain's second National Adaptation Plan to Climate Change. It highlights the use of regionally downscaled climate projections with higher spatial resolution, provided by the Spanish meteorological service (AEMET). Specifically, it focuses on the application of empirical-statistical methods to downscale daily data of maximum temperature, minimum temperature, and accumulated precipitation. The results indicate the selection of eleven global climate models for downscaling and the choice of specific methods for each climatic variable: regression-analogues for temperatures and eXtreme Gradient Boost for precipitation. Additionally, bias correction using Quantile Delta Mapping is recommended to improve projections. This research lays a robust groundwork for future studies on climate change in Spain.

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) es responsable de la elaboración de las proyecciones climáticas regionalizadas sobre el territorio de España según lo establecido en el segundo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC-2 2021-2030). Las proyecciones climáticas regionalizadas permiten aumentar la resolución espacial con respecto a la de las proyecciones climáticas proporcionadas por los modelos climáticos globales. AEMET elabora las proyecciones climáticas regionalizadas sobre España aplicando métodos de regionalización empírico-estadísticos a las proyecciones climáticas de un conjunto de modelos climáticos globales. Las proyecciones climáticas regionalizadas son necesarias para la realización de estudios de impacto y vulnerabilidad que requieren datos en alta resolución espacial.

El presente trabajo tiene dos objetivos: 1) evaluar y seleccionar un conjunto de modelos climáticos globales cuyas proyecciones serán regionalizadas; 2) comparar diferentes métodos empírico-estadísticos de regionalización a fin de elegir un método para regionalizar los datos diarios de las siguientes variables climáticas de interés: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación acumulada. En cuanto al primer objetivo, los resultados han permitido seleccionar un conjunto de once modelos climáticos globales que serán regionalizados. Respecto al segundo objetivo, a partir de la comparativa de métodos se establece que la temperatura máxima y la temperatura mínima se regionalizarán utilizando el método híbrido de regresión-análogos (MLR-ANA), mientras que la precipitación acumulada se regionalizará aplicando el método eXtreme Gradient Boost (XGB). Además, tras la regionalización, tanto en temperaturas como en precipitación, se establece la conveniencia de aplicar una corrección de sesgos a posteriori mediante Quantile Delta Mapping (QDM).

REFERENCIAS

- Correa Guinea, C., Hernanz Lázaro, A., Rodríguez Guisado, E. (2023): *Evaluación de métodos de regionalización estadística para la generación de proyecciones climáticas en el marco del PNACC-2 2021-2030*. Nota Técnica AEMET N° 41. <https://doi.org/10.31978/666-23-009-0>
- Hernanz, A., et al. (2023): *pyClim-SDM: Service for generation of statistically downscaled climate change projections supporting national adaptation strategies*. Clim. Serv., 32, 100408. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100408>

REGIONALIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL SISTEMA DE PREDICCIÓN ESTACIONAL DEL ECMWF (SEAS5) EN EL MARCO DE LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS

STATISTICAL DOWNSCALING OF ECMWF SEASONAL FORECAST SYSTEM (SEAS5) WITHIN THE FRAMEWORK OF CLIMATE SERVICES

Marta Domínguez-Alonso^{(1) (2)}, Martín Senande-Rivera^{(1) (2)}, Esteban Rodríguez-Guisado⁽²⁾

⁽¹⁾ Tragsatec, grupo TRAGSA, Madrid, España, mdomin19@tragsa.es

⁽²⁾ Área de Evaluación y Modelización del Clima, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid, España

SUMMARY

Quality seasonal forecasts properly downscaled to the resolution needed by users is a key issue for planning of water resources or agriculture sectors. Together with a better understanding of the mechanisms driving climate variability at this timescale, a downscaling post-process has been developed by AEMET (Petisco, 2008a; Petisco 2008b; Amblar, 2017) for improving the usage of ECMWF seasonal forecasting system (SEAS5). The algorithm makes successive use of an analogue technique -based on a Euclidean distance- and regression to downscale maximum and minimum temperature and precipitation. One important ingredient of this algorithm is the usage of a new observational gridded dataset with 5 km of horizontal resolution covering the peninsular Spain and the Balearic Islands (Peral et al., 2017). Results show small error metric values, allowing to conclude that at least over the Iberian Peninsula –where the high resolution observational grid is available- the here described downscaling algorithm performs satisfactory.

Los servicios climáticos proveen a los usuarios de información climática de utilidad con base científica mediante mecanismos de acceso eficientes. Dicha información puede hacer referencia al clima pasado (reanálisis), al clima presente (observaciones) o al clima futuro (predicciones y proyecciones). El desarrollo de predicciones de calidad a escala estacional puede ser crucial en la gestión de los recursos de sectores como el hídrico o el agrícola, así como en la toma de decisiones, lo que puede reducir los riesgos socio-económicos asociados a eventos anómalos y maximizar los beneficios de las condiciones climáticas favorables.

La identificación de los errores sistemáticos de los sistemas de predicción estacional es esencial para extraer información útil de las predicciones. El proceso incluye la comparación de predicciones retrospectivas o *hindcast* con observaciones o reanálisis, identificando los sesgos que presenta este “clima” simulado por el modelo, pudiendo ser cuantificados y utilizados como correcciones de nuestra predicción estacional futura. Estos errores pueden tener diferentes orígenes: los modelos pueden presentar sesgos en los escenarios propuestos de anomalías de circulación a gran escala para una determinada estación. No obstante, debido a su limitada resolución espacial, los valores de los parámetros climáticos predichos por el modelo pueden presentar sesgos en relación a los observados para una misma situación sinóptica, especialmente en territorios de orografía complicada. Por otro lado, muchas de las aplicaciones sectoriales necesitan una mayor resolución espacial para poder ser utilizadas a escala regional.

Desde AEMET se ha implementado un método de regionalización por análogos combinado con regresión, aplicado a la precipitación y a las temperaturas máxima y mínima diarias (Petisco, 2008a; Petisco 2008b; Amblar, 2017). Después de un proceso de evaluación previa del método con resultados satisfactorios (Hernanz et al. 2022a,d,e), se ha llevado a cabo la regionalización del *hindcast* (1997-2019) del Sistema de Predicción Estacional del ECMWF (SEAS5) a 5km x 5km de resolución horizontal. El dominio de estimación incluye la España peninsular y las Islas Baleares (Figura 1). El método combina datos de baja resolución (SEAS5) con datos observacionales de alta resolución de AEMET (Peral et al., 2017), mediante una colección de predictores y situaciones sinópticas pasadas similares a las del periodo a estimar. Los resultados muestran buenos valores de las distintas métricas de error, lo que permite concluir que, al menos para el dominio de estimación en el cual tenemos disponibles datos de alta resolución, el método de regionalización desarrollado por AEMET aporta un valor añadido a la predicción estacional.

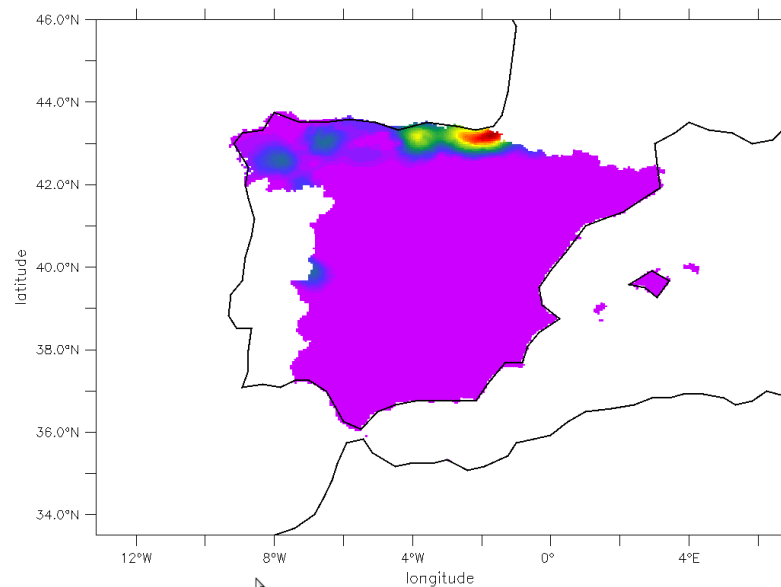


Figura 8 - Dominio de estimación. Ejemplo de precipitación acumulada diaria regionalizada para un día problema.

REFERENCIAS

- Amblar-Francés, M. P. et al. (2020): *High resolution climate change projections for the Pyrenees region*, Adv. Sci. Res., 17, 191–208, <https://doi.org/10.5194/asr-17-191-2020>, 2020.
- Hernanz, A. et al. (2022a): *Evaluation of statistical downscaling methods for climate change projections over Spain: Present conditions with imperfect predictors (global climate model experiment)*. Int. J. Climatol., 42, 6793–6806, <https://doi.org/10.1002/joc.7611>.
- Hernanz, A. et al. (2022b): *A critical view on the suitability of machine learning techniques to downscale climate change projections: Illustration for temperature with a toy experiment*. Atmos. Sci. Lett., 23, e1087, <https://doi.org/10.1002/asl.1087>.
- Hernanz, A. et al. (2022e): *Evaluation of statistical downscaling methods for climate change projections over Spain: Future conditions with pseudo reality (transferability experiment)*. Int. J. Climatol., 42, 3987–4000, <https://doi.org/10.1002/joc.7464>.
- Petisco de Lara, S. E. (2008a): *Método de regionalización de precipitación basado en análogos, Explicación y Validación*, Nota Técnica 3A, Área de Evaluación y Modelización del Cambio Climático, AEMET, Madrid.
- Petisco de Lara, S. E. (2008b): *Método de regionalización de temperaturas basado en análogos, Explicación y Validación*, Nota Técnica 3B, Área de Evaluación y Modelización del Cambio Climático, AEMET, Madrid.
- Peral García, C. et al. (2017): *Serie de precipitación diaria en rejilla con fines climáticos*. Nota técnica, 24. Ed. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología. Madrid.

SERVICIOS CLIMÁTICOS DE ALTA RESOLUCIÓN PARA MEJORAR LA RESILIENCIA CLIMÁTICA DE ACTIVOS CRÍTICOS (ICARIA)

HIGH-RESOLUTION CLIMATE SERVICES FOR IMPROVING CLIMATE RESILIENCE OF CRITICAL ASSETS (ICARIA) PROJECT

Carlos Prado⁽¹⁾, Darío Redolat⁽²⁾, Lorena Galiano⁽²⁾, Beniamino Russ⁽²⁾, Alex de la Cruz⁽²⁾

⁽¹⁾ FIC - Climate Research Foundation, Madrid, Spain, carlos@ficlima.org

⁽²⁾ Aquatec, Barcelona, Spain, alex.cruz@aquatec.es

SUMMARY

The Horizon Europe project "Improving Climate Resilience of Critical Assets" (ICARIA) addresses concerns about the increasing impacts of climate change on critical infrastructures and socioeconomic activities. Focused on the Metropolitan Area of Barcelona (AMB), the project aims to design high-resolution climate services to assess climate hazards and enhance asset resilience. Utilizing the FICLIMA statistical downscaling method and climate models, ICARIA generates local climate projections, particularly focusing on extreme events like flooding and temperature extremes. The project evaluates risks and damages to critical infrastructures, emphasizing the assessment of compound multi-hazard events. Through advanced modeling techniques, including hydrodynamic and hydrostatic models, ICARIA assesses risks associated with floods, storm surges, heatwaves, and droughts in the AMB. The project's outcomes provide crucial insights for decision-making processes and adaptation strategies to mitigate climate risks in the region.

Impacts on critical infrastructures and on the linked socioeconomic activities are a rising concern derived from the rapid climate change that human societies are causing and experiencing. However, the available climate projections are spatially too coarse to adequately simulate extreme climate events at a local scale. Under this context, the Horizon Europe project "Improving Climate Resilience of Critical Assets" (ICARIA) aims to design high-resolution climate services to assess the main hazards derived from climate change and, thereby, increase the resilience of critical assets to face the impacts (Russo et al., 2023).

To reach that goal, different approaches have been taken within ICARIA in order to provide the best climate information and hazard simulation for the vulnerable infrastructure and services identified in the three ICARIA pilot cases: Metropolitan Area of Barcelona (AMB), the Salzburg Region and the South Aegean Region. For this specific dissemination case, the area considered of interest is the AMB, with whom climate services were codesigned together, taking advantage of their extensive experience on the field and the weather data provided as an observation database of reference (from Servei Meteorològic de Catalunya -SMC- and Agència Estatal de Meteorologia -AEMet-). As a basis to develop the required climate services, the FICLIMA statistical downscaling method (Ribalaygua *et al.* 2013, Monjo *et al.*, 2023) was applied with the use of ERA5-Land and 10 CMIP6 Earth System Models to produce high-resolution climate projections for the three pilot cases. Statistics such as the MAE, Bias or Kolmogorov-Smirnov test were used to verify the methodology for each observatory and model. Those that passed filters of quality and performance in the representation of past climate were used to generate local downscaled climate projections at daily resolution for each location for the Tier 1 SSPs (1.26, 2.45, 3.70 and 5.85). Statistical downscaling outputs will serve to compare results and better assess the inherent uncertainties of climate projections.

Climate services on extreme events to support AMB's decision-making processes are then designed. AMB's main source of worry is hazards related to flooding, so these were the main focus to study, although others were identified as of concern such as temperature-related events. These extremes are modelled for three time periods (2011-2040, 2041-2071 and 2071-2100) considering the 10 CMIP6 ESM and their 4 Tier 1 SSPs in relation to different global warming levels (1.5°C, 2°C, 3°C and 4°C), and are defined through several indicators that include related local impacts as well as compound extreme events (such as heatwaves and drought, storm surge and coastal flooding, or pluvial/fluviat flooding). Therefore, among others, climate services will include suitable indicators on extreme sea level, precipitation intensity estimates through future IDF curves (Monjo *et al.*, 2023) and return periods of 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 years, or heatwaves and drought indices (SPI, SPEI).

With these data as input, sectorial hazard and impact models are being developed to quantify the risk and damage (in economic terms) that future extreme weather events can cause to critical infrastructures of a region.

Importantly, in project ICARIA, special emphasis is being put on assessing the risk associated with compound multi-hazard events, which have been recognized as a growing threat to infrastructure and urban areas (IPCC 2022). In the case study of the AMB, results of the regional climate downscaling are being used to quantify the risk associated with the following events: pluvial floods, storm surges, heatwaves, droughts and forest fires.

Pluvial IDF curves, corresponding to different climate change scenarios, are used to determine synthetic rain events with different return periods, and to assess the consequences of flooding events that can derive from extreme rainfall events. More specifically, such rainfall data is introduced in a 1D/2D hydrodynamic model capable of simulating in a realistic manner how floods can affect urban areas. Such a model is capable of representing the complex interactions between the surface runoff (2D domain of the model) and the water flow in the urban drainage system of a city (1D domain) (Henonin *et al.*, 2013).

As for assessing coastal flooding events, based on the projections of extreme sea levels, a hydrostatic sea level model is being developed to assess the extent of low-lying areas of the AMB coast that can be affected by sea-induced flooding (Russo *et al.*, 2020).

The projections of daily mean temperature and of the evolution of heatwave frequency are incorporated in a heat island effect model that helps to assess the actual temperature stress that will be experienced by citizens during prolonged exposure to extreme heat conditions. The consequences of that exposure are translated to quantifiable impacts such as increases in mortality rates or raises in hospitalisation costs (Zuccaro & Leone 2021).

Finally, the daily time series of precipitation and temperature, as well as evapotranspiration, are included in a physical hydrological model representing the basins of the main reservoirs supplying the AMB. The results of this model enable projections of the volume of stored water that will be available in these reservoirs during the coming decades according to different climatic scenarios. Based on these simulations, it is possible to estimate the frequency, duration, and severity of future drought events that may affect this territory (Forero-Ortiz *et al.*, 2020).

REFERENCES

- Forero-Ortiz, E., Martínez-Gomariz, E., Monjo, R. (2020): *Climate Change Implications for Water Availability: A Case Study of Barcelona City*. Sustainability, 12(5), 1779.
- Henonin, J. et al. (2013): *Real-time urban flood forecasting and modelling—a state of the art*. J. Hydroinf., 15(3), 717-736.
- IPCC (2022): *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team: Pörtner, H.O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Minterbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. (eds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 3056 pp.
- Monjo, R. et al. (2023): Estimation of future extreme rainfall in Barcelona (Spain) under monofractal hypothesis. Int. J. Climatol., 43: 4047–4068. DOI: 10.1002/joc.8072
- Ribalaygua, J. et al. (2013): *Description and validation of a two-step analogue/regression downscaling method*. Theor. Appl. Climatol., 114: 253-269. DOI 10.1007/s00704-013-0836-x
- Russo, B. et al. (2020): *Description of tools for modelling climate-related impacts - Project Crisi-Adapt II*.
- Russo, B. et al. (2023): *Improving Climate Resilience of Critical Assets: The ICARIA Project*. Sustainability, 15, 14090
- Zuccaro, G., Leone, M.F. (2021): *Climate Service to Support Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in Urban Areas: the CLARITY project and the Napoli Case Study*. Front. Environ. Sci., 9, 693319.

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RECURSO SOLAR: REVISIÓN DE PROYECCIONES, INCERTIDUMBRES Y PERSPECTIVAS

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SOLAR RESOURCE: A REVIEW OF PROJECTIONS, UNCERTAINTIES AND PERSPECTIVES

Claudia Gutiérrez⁽¹⁾, Noelia López-Franca⁽²⁾, Sonia Jerez⁽³⁾, Samuel Somot⁽⁴⁾, William Cabos⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá, Alcalá, España
claudia.gutierrez@uah.es

⁽²⁾ Instituto de Ciencias Ambientales (ICAM), Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Toledo, España

⁽³⁾ Departamento de Física, Universidad de Murcia, Murcia, España

⁽⁴⁾ Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM), Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, Toulouse, Francia

SUMMARY

The rise in global deployment of photovoltaic (PV) technology demands accurate solar resource assessments for industry and stakeholders. While traditionally assessed through satellite and in-situ observations, climate models have become crucial for projecting solar resource changes in the near or mid-future. Numerous studies, using global or regional climate models, analyze climate projections for solar resources globally. Some studies use a single regional climate model for specific areas, while others adopt a multi-model approach, incorporating simulations from projects like CMIP for global models or CORDEX for regional ones. Disparities between global and regional model projections have been identified, with corresponding analyses published. This study aims to comprehensively review solar resource projections globally across six regions, summarizing projected changes and examining agreement or discrepancy between global and regional models.

El aumento global de la capacidad instalada de tecnología fotovoltaica (PV) y las proyecciones de crecimiento para las próximas décadas requiere una evaluación precisa del recurso solar para la industria y los diferentes actores involucrados. Habitualmente esta evaluación se realiza con observaciones satelitales y medidas de estaciones, pero para tener en cuenta la variabilidad climática en el futuro cercano o medio es necesaria la utilización de modelos climáticos y sus proyecciones con escenarios futuros. En los últimos años, se han realizado numerosos estudios analizando proyecciones climáticas del recurso solar, utilizando modelos climáticos globales y/o regionales, considerando diferentes horizontes temporales y escenarios de emisiones para distintas zonas del planeta. Algunos estudios son específicos y utilizan un único modelo climático regional para un área concreta, mientras que otros han adoptado un enfoque multi-modelo, incorporando simulaciones de experimentos coordinados como los modelos globales del “Coupled Model Intercomparison Project (CMIP)” o el “Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX)” para modelos climáticos regionales. En ciertos casos, y zonas, se han identificado discrepancias entre las proyecciones de modelos globales y regionales, con análisis correspondientes publicados.

El objetivo de este estudio es realizar una revisión exhaustiva de las proyecciones del recurso solar a nivel global. El análisis se basa en seis regiones geográficas distintas, y los resultados resumirán los cambios proyectados en el recurso solar y las razones subyacentes. Además, se examinará el acuerdo o discrepancia entre los modelos globales y regionales, así como las principales fuentes de incertidumbre que aparecen en la literatura para cada región. Este trabajo tiene como objetivo sintetizar el conocimiento más actualizado sobre la evaluación del recurso solar utilizando modelos climáticos, con el fin de ayudar al sector público y a expertos industriales que trabajan para incorporar los impactos climáticos en los procesos de toma de decisiones en el sector energético en todo el mundo.

LECCIONES APRENDIDAS DEL CO-DISEÑO Y CO-DESARROLLO DE SERVICIOS CLIMÁTICOS SECTORIALES BASADOS EN PREDICCIONES ESTACIONALES

LESSONS LEARNED FROM THE CO-DESIGN AND CO-DEVELOPMENT OF SECTORAL CLIMATE SERVICES BASED ON SEASONAL PREDICTIONS

Ernesto Rodríguez Camino

Asociación Meteorológica Española, ernesto.rodriguez.camino@gmail.com

SUMMARY

Many applications of climate information, and in particular of seasonal predictions, are nowadays provided as climate services mainly designed to assist decision-making. These climate services frequently have in common the following features: i) support of decision-making process through customized products based, e.g., on mobile phone apps, websites, and other easily accessible platforms; ii) based on sound scientific information and expertise; iii) appropriate engagement between the users and providers. The transformation of seasonal predictions into actionable information that can help in the decision-making process for those sectors affected by climate conditions frequently consist of a suite of steps starting from global model outputs and ending up with probabilistic forecasts for indicators defined by users. Figure 1 depicts schematically the main steps in a typical prediction-based suite (Máñez Costa et al. 2021).

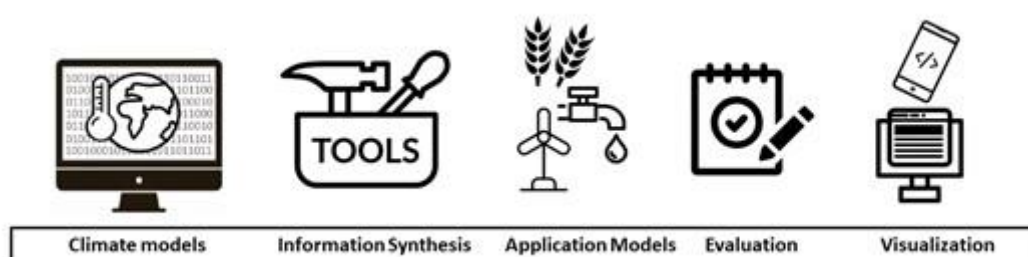


Figure 1- Diagram with a simplified climate services chain based on climate forecasts.

Once selected adequate climate model outputs, then a set of post-processing tools for synthesizing and correcting climate forecasts is applied such as bias adjustment (to correct systematic model errors), probability calibration (to make the forecasts reliable, i.e. match the issued probabilities with the observed frequencies), downscaling (to better represent unresolved spatial scales), combination and/or weighting of ensemble members (to deal with the different quality of systems and/or ensemble members) and mixed statistical-dynamical post-processing methods (to address problems of particular sectoral applications unmanageable by standard prediction approaches). Such tools are frequently collected in general purpose software packages. The next step is the use of application models driven by post-processed climate model outputs for converting climate data (e.g., precipitation, temperature, wind) into users' defined indicators (e.g., crop yield, dam inflow, wind energy capacity factor, etc.). Then probabilistic or deterministic relevant products (e.g., probability of exceeding a given threshold) are generated and displayed in a visual way. Specific packages are also developed for computation of sectoral indicators. Evaluation is conducted by computing objective verification skill scores for seasonal re-forecasts (usually covering between 20-30 years). This evaluation is typically carried out for user indices computed from re-forecasts. Finally, a friendly visualization of the selected indicators, jointly with their uncertainty and skill is crucial for an effective support in the decision-making process. As both skill and predictability vary considerably depending on the geographical area, the time of the year and the climate variable, "windows of opportunity" may enhance the usability of seasonal predictions for some users depending on the phenomenon, thresholds, and

decisions involved. These “windows of opportunity” are related to the fact that at times certain influences/factors -if they are stronger and/or act in concert- may enhance predictability and skill. In such situations, signals in the forecast are likely to be stronger and the confidence in climate predictions may be greater than the average skill information would indicate. Consequently, additionally to using models with higher levels of skill many services should also focus on exploring how existing ‘windows of opportunity’ can be used to satisfy current users’ needs and inform their decision-making.

The role and contribution of users to each step is highly dependent on the nature of each step and on the service. Furthermore, the role of users can vary widely among different services during the cooperation process, ranging from a general collection of points of view to a more specific and structured co-design and co-development. All services should ideally be evaluated in a sufficiently long reforecast period computing deterministic and probabilistic skill scores to check the quality and usefulness of the service. Series of experiments leading to co-evaluate and unveil the origin of predictability and skill of different steps during the development of each service should be conducted. Ideally each step should enhance the generally limited skill of direct seasonal model outputs for midlatitudes.

A close relationship between developers and users of climate services along the life of the projects contributes to overcome some barriers in the development and implementation of climate services. Such barriers were in part related with the insufficient knowledge from users of the state-of-the-art seasonal forecasting capabilities/limitations and from the developers’ side of the specific user needs for addressing decision-making. Discussion sessions, workshops, and questionnaires involving developers and users’ communities facilitate a better knowledge of the essence of climate services development which should mainly rely on an optimal exploitation of scientific knowledge addressing specific decision-making problems. The core arguments of all discussions between developers and users were mainly the following: usage of user-relevant indicators instead of climatic variables to help in decision-making, probabilistic instead of deterministic forecasts to express and accommodate uncertainty, and identification of objective scores to determine the skill of the forecasts (Sanchez-Garcia et al. 2002).

It is important to underline that the co-design process is far from linear evolution. In fact, the main feature of this process is mainly iteration. Most prototypes only reach a mature state after several iterations involving different starting data, use of different tools to combine/correct/transform model outputs and different ways to display results in a satisfactory and understandable format, adequate for final users. Finally, it should be mentioned that the collaboration between developers and users established for the purpose of the project has in many cases resulted in a long-term collaboration beyond the project lifetime, including some form of institutional partnership or agreement. These long-term collaboration cases have been very fruitful and included frequent dialogue, capacity building, and a good understanding of user needs by developers as well as current limitations of climate science by users.

REFERENCES

- Máñez Costa, M. et al. (2022): *Co-production of Climate Services*. CSPR Report No 2021:2, Centre for Climate Science and Policy Research, Norrköping, Sweden. <https://doi.org/10.3384/9789179291990>
- Sánchez-García, E. et al. (2022): *Co-design of sectoral climate services based on seasonal prediction information in the Mediterranean*. Clim. Serv., 28, 100337, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100337>

PARTICIPACIÓN DE AEMET EN LA INICIATIVA DESTINATION-EARTH DE LA COMISIÓN EUROPEA Y EL CENTRO EUROPEO DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA A MEDIO PLAZO

PARTICIPATION OF AEMET IN THE DESTINATION-EARTH INITIATIVE OF THE EUROPEAN COMMISSION AND THE EUROPEAN CENTER FOR MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTS

Juan Jesús González-Alemán⁽¹⁾, Javier Calvo⁽¹⁾, Daniel Martín⁽¹⁾, Samuel Viana⁽¹⁾,
Antonio Jimenez Garrote⁽¹⁾, resto equipo internacional de Destination Earth On Demand
Extremes

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, Área de Modelización, Madrid, Spain
jgonzaleza@aemet.es

SUMMARY

Destination Earth (DestinE) is an ambitious European Union initiative to create a digital twin – an interactive computer simulation – of our planet. DestinE will be used to better understand the effects of climate change and environmental disasters and enable policymakers to respond more effectively to these issues. Here we will address the role of AEMET in this project in relation to the development of the DestinE On Demand Extremes prototype and its meteorological verification.

Destination Earth (DestinE) es una ambiciosa iniciativa de la UE para crear un gemelo digital -una simulación informática interactiva- de nuestro planeta. DestinE se utilizará para comprender mejor los efectos del cambio climático y las catástrofes medioambientales y permitir a los responsables políticos responder más eficazmente a estos problemas. El Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF), la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) son las tres organizaciones encargadas por la UE de llevar a cabo este esfuerzo sin precedentes para las ciencias climáticas, meteorológicas e informáticas.

ECMWF coordina el desarrollo de los gemelos digitales. Estos incluyen simulaciones climáticas, simulaciones globales a escalas kilométricas destinadas a mejorar la predicción de extremos y simulaciones sub-kilométricas a demanda para mejorar la predicción local de extremos y la evaluación de su impacto. EUMETSAT coordinará el almacenamiento y distribución de datos y resultados (Data Lake). ESA liderará los sistemas de interacción entre los usuarios, los gemelos digitales y el Data Lake.

Météo-France es el socio principal de un equipo europeo compuesto por 28 institutos medioambientales y servicios meteorológicos/hidrológicos nacionales a los que ECMWF adjudica la provisión del Gemelo Digital de Extremos a Demanda (DE_330). Esta componente de DestinE explora los límites de las simulaciones por ordenador de la atmósfera y de la Tierra a escalas sub-kilométricas. Además, DE_330 trata de aprovechar las nuevas tecnologías de supercomputación (GPUs, ordenadores exaescala, etc.) y la aplicación de la Inteligencia Artificial a la simulación medioambiental.

Las principales tareas de AEMET en DE_330 serán la participación en el desarrollo del prototipo del gemelo digital a demanda, que se implementará en el sistema de supercomputación LUMI, y la verificación/validación del prototipo. La validación de las simulaciones a escalas sub-kilométricas es un gran desafío: las verificaciones puntuales no son suficientes y cobra mucha importancia la verificación espacial.

TORNADO EN LAS URBANIZACIONES “TRES ARROYOS” Y “CAMPOMANES”, DE BADAJOZ, 17 DE ENERO DE 2024

TORNADO IN RESIDENTIAL AREAS “TRES ARROYOS” AND “CAMPOMANES”, BADAJOZ, JANUARY 17, 2024

Marcelino Núñez Corchero

Delegación Territorial de AEMET en Extremadura, Avda. de la Investigación s/n, Badajoz, España, mnunezc@aemet.es

SUMMARY

On January 17, 2024, a tornado occurred in Badajoz, Spain. The synoptic framework was defined by Storm Irene, whose associated cold front was located off the coast of Portugal. Moderate reflectivities recorded on the Cáceres radar and the absence of storm supercells suggested that a tornadic phenomenon was not possible. The work presented aims to expose possible criteria that allow defining environments for this type of somewhat atypical tornadoes.

El pasado 17 de enero de 2024 se produjo un tornado en la localidad de Badajoz. El entorno sinóptico estuvo marcado por la borrasca Irene, cuyo frente frío asociado se situaba frente a las costas de Portugal.

Las reflectividades moderadas registradas en el radar, los valores de Echotop en general no muy elevados, la ausencia de supercélulas tormentosas, la casi total ausencia de descargas eléctricas y las precipitaciones débiles sugerían pensar que no era posible un fenómeno de carácter tornádico, y era más plausible inclinarse sobre otros posibles orígenes que explicasen los vientos que tuvieron que darse para producir los daños registrados.

No obstante, en un estudio inicial se han encontrado indicios de cierta actividad convectiva, reflectividades moderadas, y otros datos. Por otra parte el análisis de las fotografías y videos aportadas por técnicos la DT de AEMET en Extremadura nos llevan a inferir que los daños siguen una trayectoria clara y bien definida que se corresponde muy bien con lo que podría esperarse en el caso de un tornado.

El trabajo que se presenta quiere exponer posibles criterios que permitan definir entornos para este tipo de tornados un tanto atípicos.

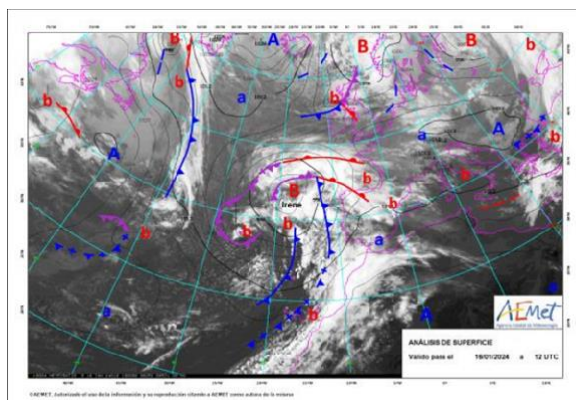


Figura 1 - Análisis de Superficie, día 16 a las 12 UTC

REFERENCIAS

Yuh-Lang Lin, (2007): *Mesoscale Dynamics*. Cambridge University Press.

SESIÓN: PREDICCIÓN ESTACIONAL

VERIFICACIÓN DE PREVISIONES ESTACIONALES MULTISISTEMA DE MODOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EUROPEA

MULTI-SYSTEM SEASONAL FORECASTS VERIFICATION OF EUROPEAN CLIMATE VARIABILITY MODES

Martín Senande-Rivera^{(1) (2)}, Marta Domínguez-Alonso^{(1) (2)}, Esteban Rodríguez-Guisado⁽²⁾

⁽¹⁾ Tragsatec, Grupo TRAGSA, Madrid, Spain, msenande@tragsa.es

⁽²⁾ Área de Evaluación y Modelización del Clima (AEMC), Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid, Spain

SUMMARY

The wintertime North Atlantic Oscillation, and some other modes of variability, can be skilfully forecast by different seasonal forecast systems, as shown in recent studies. Due to the influence of these modes of variability on temperature and precipitation in Europe, accurate forecasts of their phase can lead to significant improvements in seasonal forecasting. Here we show a verification of the predictability of these modes of variability, using different prediction systems, different lead times, and different methodologies. According to our results, The North Atlantic Oscillation and the Scandinavian Pattern show higher predictability, as opposed to the East Atlantic / Western Russia, which is the worst predicted pattern.

Accurate seasonal forecasts can be very useful for taking adaptation and prevention measures to unfavourable weather conditions, such as droughts, heatwaves, extreme precipitation events or high fire risk conditions (Soares et al., 2018; Turco et al., 2018; White et al., 2017). In a region with a very marked seasonal cycle and a high inter-annual variability of atmospheric conditions such as the Iberian Peninsula, the demand for improved seasonal forecasting becomes even more compelling.

Currently operational seasonal forecasting systems have considerable scope for improvement in their ability to predict mid-latitude temperature or precipitation. However, some of these systems have shown some skill in predicting, months in advance, the phase of some modes of variability such as the North Atlantic Oscillation (Athanasiadis et al., 2017; Baker et al., 2018; Dunstone et al., 2016; Lledó et al., 2020; Scaife et al., 2014; Smith et al., 2016).

Here we present an analysis of the skill of 8 seasonal forecasting systems in reproducing different the main European modes of variability during winter: the North Atlantic Oscillation (NAO), the East Atlantic (EA), the East Atlantic/Western Russia (EAWR) and the Scandinavian pattern (SCA). Different verification metrics were used, both deterministic and probabilistic, all defined as in the WMO forecast guidance (WMO, 2018).

The results show that some modes of variability can be skilfully predicted months in advance, providing an opportunity to improve seasonal forecasts using model weighting methods driven by their ability to predict modes of variability.

REFERENCIAS

- Athanasiadis, P.J. et al. (2017): *A Multisystem View of Wintertime NAO Seasonal Predictions*. J. Climate, 30, 1461–1475.
- Baker, L.H. et al. (2018): *An Intercomparison of Skill and Overconfidence/Underconfidence of the Wintertime North Atlantic Oscillation in Multimodel Seasonal Forecasts*. Geophys. Res. Lett., 45, 7808–7817.
- Dunstone, N. et al. (2016): *Skilful predictions of the winter North Atlantic Oscillation one year ahead*. Nature Geosci., 9, 809–814.
- Lledó, L. et al. (2020): *Seasonal prediction of Euro-Atlantic teleconnections from multiple systems*. Environ. Res. Lett., 15, 074009.
- Scaife, A.A. et al. (2014): *Skillful long-range prediction of European and North American winters*. Geophys. Res. Lett., 41, 2514–2519.
- Smith, D.M. et al. (2016): *Seasonal to decadal prediction of the winter North Atlantic Oscillation: emerging capability and future prospects*. Q. J. R. Meteorol. Soc., 142, 611–617.

- Soares, M.B., Daly, M., Dessai, S. (2018): *Assessing the value of seasonal climate forecasts for decision-making*. WIREs Climate Change, 9, e523.
- Turco, M. et al. (2018): *Skilful forecasting of global fire activity using seasonal climate predictions*. Nat. Commun., 9, 1–9.
- White, C.J. et al. (2017): *Potential applications of subseasonal-to-seasonal (S2S) predictions*. Meteorol. Appl., 24, 315–325.
- WMO (2018): *Guidance on Verification of Operational Seasonal Climate Forecasts* WMO-No. 1220.

NN4CAST: UNA APLICACIÓN DE RED NEURAL DE EXTREMO A EXTREMO PARA PREDICCIONES CLIMÁTICAS ESTACIONALES

NN4CAST: AN END-TO-END NEURAL NETWORK APPLICATION FOR SEASONAL CLIMATE FORECASTS

Víctor Galván Fraile⁽¹⁾, María Belén Rodríguez de Fonseca^(1,2), Marta Martín del Rey⁽¹⁾, Irene Polo Sánchez⁽¹⁾

⁽¹⁾ Group on Tropical Climate Variability and Atmospheric Teleconnections (TROPAC), University Complutense of Madrid (UCM), Madrid, Spain. Vgalva01@ucm.es

⁽²⁾ Institute of Geosciences (IGEO-CSIC), Madrid, Spain

SUMMARY

Seasonal climate prediction is critical for decision-making across sectors, but current dynamical models have limitations. Traditional statistical and recent data-driven approaches offer promise but face challenges. NN4CAST is a specialized Python library, which applies deep learning techniques to address these challenges by enabling nonlinear statistical analysis of teleconnections in climate data. This tool represents a significant advancement in seasonal forecasting, with potential applications in practical decision-making. Examples demonstrate its effectiveness in predicting key variables impacting the Iberian Peninsula.

Predicting climate variables at seasonal time scales plays a crucial role in planning and decision-making across various sectors, from agriculture to water resource management and natural disaster preparedness (Robertson et al., 2015). The implications of accurate prediction at these time scales are enormous, as they allow better preparation for extreme weather events, optimization of agricultural practices and effective management of natural resources. However, current dynamical models used for seasonal prediction face significant challenges due to the inherent complexity of climate processes and the correct modelling of different sources of predictability with low signal-to-noise (Eade et al., 2014). Taking this into account, there have been different traditional statistical approaches to seasonal forecasting, taking advantage of relationships between different fields, not only on different places though the processes called teleconnections, but also on different time lags, making them available for an operationally system of seasonal forecasting (Cohen et al., 2019).

Thanks to the recent computational advancements and the availability of vast meteorological datasets, numerous data-driven prediction models have emerged in meteorology, especially for short-range weather forecasts (from hours to days) (Lam et al., 2022). These models leverage complex machine learning and deep learning techniques to capture the complicated nonlinear relationships in climate data, offering the potential for more accurate forecasts with less computational cost than traditional dynamical methods. Regarding seasonal prediction, the potential of these techniques is even higher due to the limited skill of dynamical predictions in some regions, such as the Euro-Atlantic sector. However, the lack of data at these scales may be a tipping point, certainly not allowing the application of very complex artificial intelligence models, which would require a long period of data for training.

In this context, we have developed a specialized Python library, based on the application of deep learning in the prediction of climate variables on seasonal time scales using the information of atmospheric teleconnections. Figure 1 depicts the Flow Chart of the application of this library. It provides a versatile tool both for operational prediction and for the study of new sources of predictability through the modelling of non-linear processes at a fairly low computational cost. In this way, this library facilitates nonlinear statistical analysis of teleconnections in an accessible and straightforward manner, enabling researchers to make the most of advances in deep learning to improve the accuracy and understanding of seasonal forecasts. This tool represents a significant step forward in the ability of forecasting long-term weather events, which has the potential to have a significant impact on a wide range of practical applications and climate-based decisions.

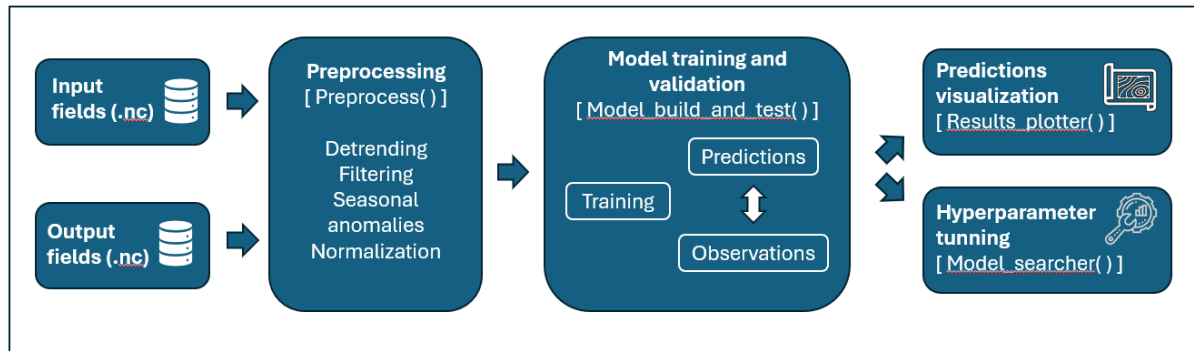


Figure 1- Flowchart describing the methodology and application setup using the NN4Cast API

In the presentation, some examples of the usefulness of this library in predicting key variables impacting the Iberian Peninsula (IP) will be shown. Concretely, Figure 2 represents the model output metrics of its performance when predicting the anomalous sea level pressure field over the Euro-Atlantic sector for November-December, with the information of the anomalous sea surface temperature from the Pacific Ocean in October as its predictor. It can be seen how the model captures the atmospheric teleconnection associated to sea surface temperature forcings from the Pacific, achieving a moderately good skill in the regions of action of important weather regimes over the IP.

Preference is expressed for an oral presentation of the results.

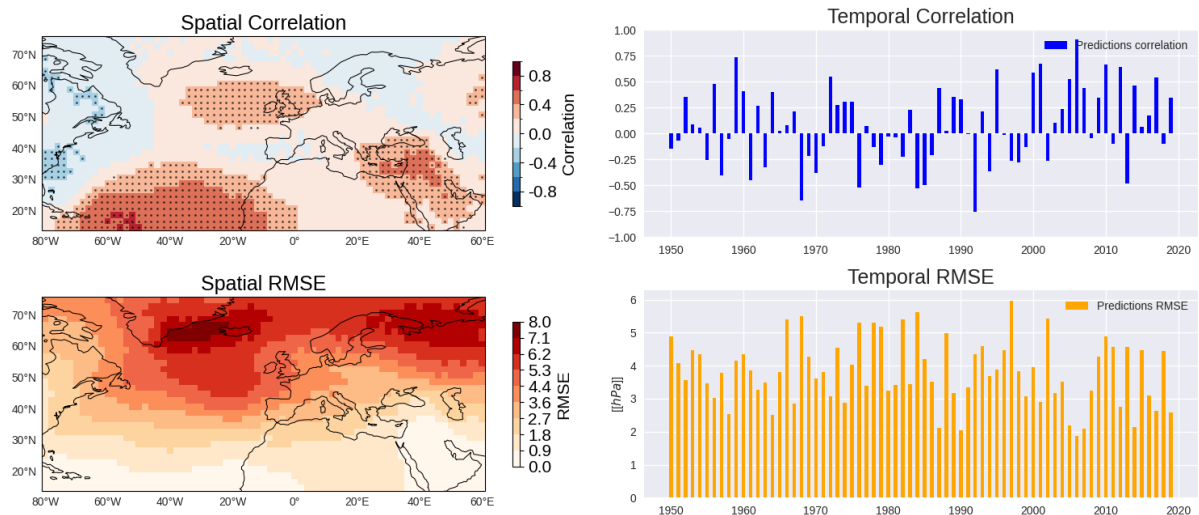


Figure 2 - Comparison of model performance for different metrics in predicting anomalous sea level pressure over the Euro-Atlantic sector for November-December, using October anomalous sea surface temperatures from the Pacific Ocean as the predictor.

REFERENCES

- Cohen, J. et al. (2019): *S2S reboot: An argument for greater inclusion of machine learning in subseasonal to seasonal forecasts*. Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change, 10(2), e00567.
- Eade, R. et al. (2014): *Do seasonal-to-decadal climate predictions underestimate the predictability of the real world?*. Geophys. Res. Lett, 41, 5620–5628.
- Lam, R. et al. (2022): *GraphCast: Learning skillful medium-range global weather forecasting*. Science, 382(6677), 1416–1421.
- Robertson, A. et al. (2015): *Improving and promoting subseasonal to seasonal prediction*. Bull. Amer. Met. Soc., 96(3).

SST COMO POSIBLE FORZAMIENTO DE LA VARIABILIDAD DE CLOROFILA-A EN EL MAR DE ALBORAN: ¿UNA FUENTE DE PREDICTABILIDAD ESTACIONAL?

POTENTIAL SST DRIVERS FOR CHLOROPHYLL-A VARIABILITY IN THE ALBORAN SEA: A SOURCE FOR SEASONAL PREDICTABILITY?

Jorge López-Parages^(1,2), Iñigo Gómara^(3,4), Belén Rodríguez-Fonseca^(3,4),
Jesús García-Lafuente^(1,2)

⁽¹⁾ Department of Applied Physics II, Physical Oceanography Group, University of Málaga, Málaga, Spain, parages@uma.es

⁽²⁾ Instituto Universitario de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), University of Málaga, Málaga, Spain

⁽³⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

⁽⁴⁾ Instituto de Geociencias (IGEO), Madrid, Spain

SUMMARY

This study investigates the link between climate modes of the sea surface temperature (SST) and the surface chlorophyll-a (Chl-a) concentration in spring along the northern flank of the Alboran Sea. To this aim, surface satellite-derived products of SST and Chl-a, together with atmospheric satellite variables, are used. Our results indicate that both the tropical North Atlantic and ENSO affect the distribution of Chl-a through the alteration of the usual upwelling taking place in northern Alboran in spring. Furthermore, the related SST signals might be used as predictors of this Chl-a response. In particular, during the El Niño/La Niña years, the Chl-a signal can be robustly predicted with 4 months in advance. On the other hand, the tropical North Atlantic SSTs allow to significantly predict, up to 7 months in advance, the Chl-a concentration in spring offshore. The results presented here could contribute to develop a future seasonal forecasting tool of upwelling variability and living marine resources in northern Alboran.

This study investigates the link between large-scale variability modes of the sea surface temperature (SST) and the surface chlorophyll-a (Chl-a) concentration in spring along the northern flank of the Alboran Sea. To this aim, surface satellite-derived products of SST and Chl-a, together with atmospheric satellite variables, are used. Our results indicate that both the tropical North Atlantic and El Niño Southern Oscillation (ENSO) could trigger the development of anomalous distribution patterns of Chl-a in spring in northern Alboran. This anomalous feature of Chl-a is, in turn, associated with the alteration of the usual upwelling taking place in northern Alboran at that time of the year. The skill of the related SST signals, over the tropical North Atlantic and the tropical Pacific, as predictors of the aforementioned Chl-a response in Alboran, has also been assessed through a statistical prediction model with leave-one-out cross-validation. Our results confirm the predictive skill of ENSO to realistically estimate the coastal Chl-a concentration in spring in northern Alboran. In particular, during the El Niño/La Niña years, this Chl-a response can be robustly predicted with 4 months in advance. On the other hand, the tropical North Atlantic SSTs allow to significantly predict, up to 7 months in advance, the Chl-a concentration in spring offshore, in particular by the north of the Western and the Eastern Alboran gyres. The results presented here could contribute to develop a future seasonal forecasting tool of upwelling variability and living marine resources in northern Alboran.

Lag 1
(Apr-May)

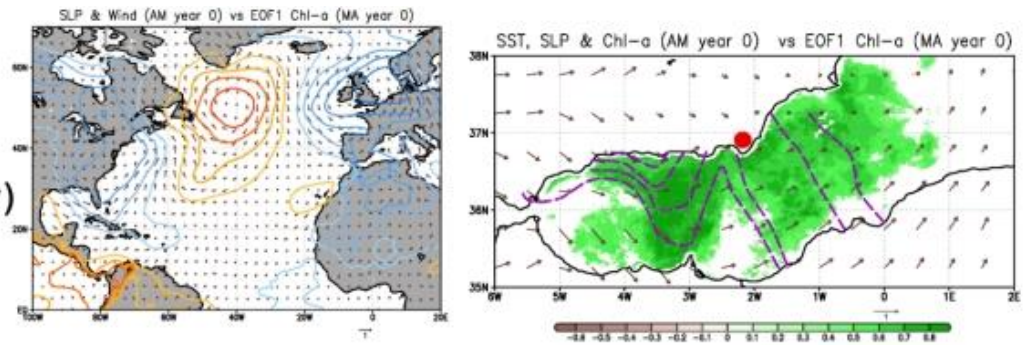


Figure 1 – From right to left: 1) leading EOF mode of Chl-a in spring in the Alboran Sea (shaded) and related SST (contours) and surface winds (vectors), 2) SLP (contours) and surface wind (vectors) in the North Atlantic related to the Chl-a in Alboran.

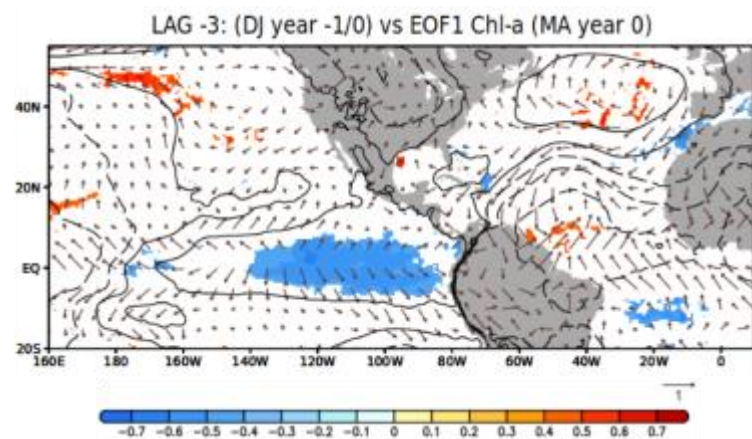


Figure 2 – SST (shaded), SLP (contours) and surface wind (vectors) signals in December-January (lag -3) linked to the leading Chl-a mode in Alboran in spring (Figure 1).

SELECCIÓN DE MIEMBROS EN UN ENSEMBLE DE PREDICCIÓN ESTACIONAL

SELECTING MEANINGFUL MEMBERS IN A SEASONAL FORECAST ENSEMBLE

Francisco Javier Pérez Pérez⁽¹⁾, Esteban Rodríguez Guisado⁽¹⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid, España,

fjperezpe@aemet.es, erodriguezg@aemet.es

SUMMARY

At the moment, AEMET is working on the development of an objective seasonal forecast system to improve the current subjective procedure. We designed a prototype to improve the skill of seasonal forecast models in the Mediterranean region by selecting meaningful members from the Copernicus multimodel ensemble. We found that using the most recent model run did not always provide us with a higher skill than older initializations. Using an old run, on the other hand, allowed us to evaluate how the different scenarios proposed by the model were evolving and compare them with observations. We explored two alternative ways: one clustering the scenarios for the target season and comparing them with the most recent observed data to find which cluster was closer to observations in its evolution. The second one consisted in selecting a fixed number of members for the hindcast and the forecast, choosing those closer to the observations. Although the skill did not increase in the whole region, there were local improvements which could be useful for future predictions.

Tradicionalmente, la elaboración de una predicción estacional operativa consiste en una integración de toda la información disponible, desde fuentes observacionales, predicciones dinámicas y empíricas, mediante un análisis subjetivo. La Organización Meteorológica Mundial (WMO) lidera una iniciativa para establecer una metodología objetiva y reproducible. Disponer de un procedimiento objetivo que mejorara los resultados de los modelos globales de predicción estacional permitiría aumentar la fiabilidad de los pronósticos y facilitaría el desarrollo de servicios climáticos en ámbitos como la agricultura o la gestión del agua. Una fórmula para conseguir este objetivo podría consistir en buscar cómo seleccionar los miembros más apropiados de los ensembles de predicción; para ello pueden ser útiles métodos como el análisis clúster y la comparación con observaciones de meses anteriores al periodo de predicción.

En el prototipo de predicción estacional objetiva desarrollado, se buscaba mejorar la pericia de la predicción de invierno en el área mediterránea, partiendo de un ensemble de siete modelos de predicción estacional adscritos al proyecto Copernicus, utilizando ejecuciones del modelo con mayor antelación a la estación objetivo (en concreto la pasada de septiembre), con objeto de utilizar la información observacional como criterio de selección. En primer lugar, se realizó un análisis clúster de la predicción trimestral de precipitación en este ensemble multimodelo y se escogió el clúster más cercano a las últimas observaciones disponibles, tanto para la predicción como para el periodo de referencia; es decir, en el caso de la predicción estacional del trimestre diciembre-enero-febrero, que se debería ejecutar de forma operativa en el mes de noviembre, se seleccionó el clúster cuya precipitación en octubre era más cercana a la observada. Los resultados preliminares no mostraron una mejora de la pericia de las predicciones. La metodología de agrupamiento escogida y la gran disparidad entre el número de miembros de los clústeres seleccionados en diferentes años del periodo de referencia pueden estar entre las causas de estos resultados.

El segundo método de selección utilizado fue escoger un número fijo y suficientemente grande de miembros del ensemble. Se eligieron los veinticinco miembros más cercanos a la precipitación del mes con observaciones más reciente y se mantuvo este número tanto en la predicción como en el periodo de referencia. Si bien no se consiguió una mejora generalizada de la pericia en todo el Mediterráneo, sí se apreciaron mejores resultados en áreas localizadas, como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2, lo que podría ser útil en la predicción operativa.

Finalmente, se estudiaron los resultados obtenidos con este segundo método probando dos pasadas de los modelos separadas por un mes para calcular los resultados en el mismo periodo de predicción; en la inicialización más temprana (septiembre), la comparación con las observaciones se realizaba con datos del segundo mes de la pasada de los modelos, mientras que en el otro caso, se hacía con datos del primer mes. Se observó que una pasada anterior de los modelos tenía mayor pericia en algunos casos, probablemente en relación con problemas de estabilización del modelo tras su inicialización.

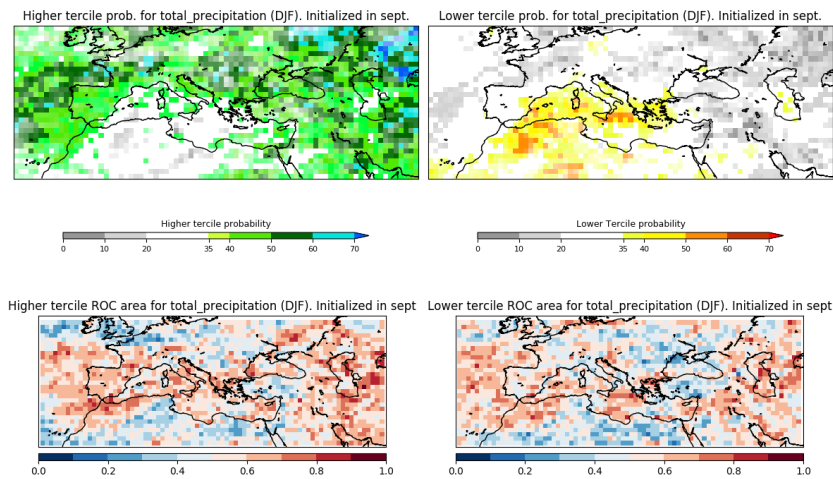


Figura 1 - Probabilidad y área ROC para los terciles superior e inferior de la predicción de precipitación para DEF en la pasada de septiembre, obtenidos seleccionando los 25 miembros del ensemble más próximos a las observaciones de octubre.

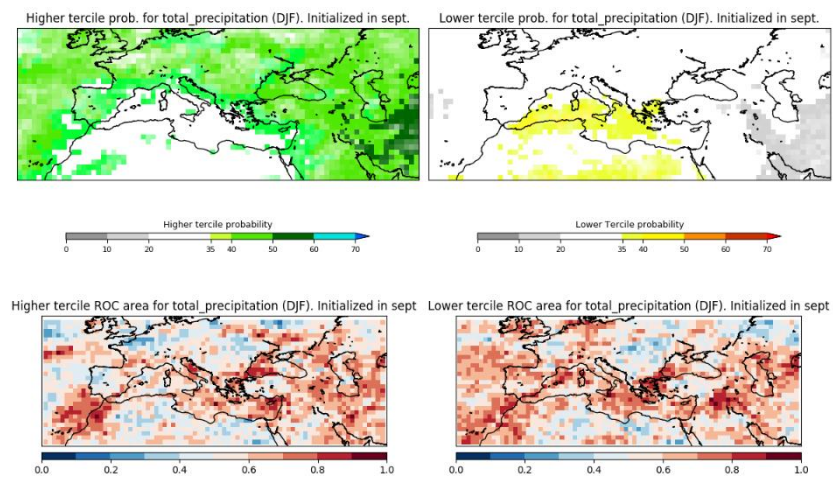


Figura 2 - Probabilidad y área ROC para los terciles superior e inferior de la predicción de precipitación para DEF de la pasada de septiembre en el ensemble completo.

SERVICIO CLIMÁTICO DE PREDICCIÓN ESTACIONAL DE COSECHAS

CLIMATE SERVICES FOR CROP YIELD SEASONAL FORECASTS

Esteban Rodríguez Guisado⁽¹⁾, J. Ignacio Villarino-Barrera⁽²⁾, Inmaculada Abia Llera⁽²⁾, Nieves Garrido del Pozo⁽²⁾, Pedro García Carrascal⁽²⁾, David A Nafría García⁽³⁾, Alberto Gutiérrez García⁽³⁾, Beatriz Navascués Fernández-Victorio⁽¹⁾, Marta Domínguez Alonso^(1,4)

⁽¹⁾ AEMET (Servicios Centrales), C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, erodriguezg@aemet.es

⁽²⁾ AEMET (DT Castilla y León), C/ Orión 1, Valladolid, España

⁽³⁾ Instituto de Técnica Agraria de Castilla y León (ITACyL), Ctra. Burgos-Portugal, km. 119 (Finca Zamadueñas) – Valladolid, España

⁽⁴⁾ Tragsatec, grupo TRAGSA, Madrid, España

SUMMARY

Seasonal forecasts is awakening growing interest in different sectors. Particularly, rain-fed crops are completely dependent on precipitation and temperature. We present here the works done at AEMET during MEDSCOPE project. We downscale temperature and precipitation information from ECMWF-SEAS5 March run, and couple it to aquacrop, comparing it to an ensemble based on past observed climatologies, producing in both cases probabilistic crop yield forecasts for winter barley and wheat in Castille and Leon. A synthetic observational dataset is generated coupling aquacrop with reanalysis, to provide an atmospheric conditions dependant baseline for direct results evaluation. Results show potential for anticipating unfavourable conditions for the harvest.

Las predicciones estacionales demandan un creciente interés por parte de muchos sectores, como el hídrico, energético o agrícola. La situación de cambio climático actual, donde empieza a ser cada vez más frecuente experimentar situaciones alejadas de la climatología histórica aumenta el valor de los pronósticos estacionales y sus servicios asociados. En particular, la agricultura de secano es completamente dependiente del régimen de precipitación y temperatura presentes durante la cosecha.

Se presenta en este trabajo el prototipo desarrollado dentro de la colaboración AEMET-ITACyL durante el proyecto MEDSCOPE, por el que se generan predicciones de rendimiento de cultivo de cereales de secano (trigo y cebada) en Castilla y León. Estos cereales se plantan al comienzo del invierno, germinan hacia el final del mismo, y experimentan una fase crítica de formación de grano y crecimiento en la segunda mitad de primavera, cosechándose hacia el mes de junio.

En el prototipo se utiliza el modelo de predicción de cosechas proporcionado por la FAO (Aquacrop), calibrado en colaboración con ITACyL ejecutándolo con la información observacional diaria de precipitación, humedad, temperatura, estado del suelo... A principios de Abril se generan predicciones de rendimiento de la cosecha a final de temporada ejecutando el modelo aquacrop sobre diferentes escenarios: uno basado en las climatologías observadas, y otro en los datos diarios de precipitación, temperatura y humedad para Abril-Junio a partir de los miembros de la pasada de marzo de ECMWF- SEAS5. Para ello, se regionaliza cada uno de los miembros del modelo a una rejilla de 5km, y se ejecuta el modelo de crecimiento vegetal sobre todos ellos, proporcionando predicciones probabilistas de rendimiento.

La validación de los resultados presenta ciertas dificultades: por un lado, sólo existe información de rendimientos históricos agregada por provincias, sin tener información precisa de la superficie dedicada a ese cultivo en particular cada año. Por otro lado, el rendimiento del cultivo se ve afectado por factores no meteorológicos, como pueda ser la presencia de plagas o el uso de diferentes técnicas o fertilizantes. Para poder disponer de una climatología de referencia homogénea, se generan observaciones sintéticas acoplando el modelo de crecimiento vegetal a datos históricos de reanálisis.

Los resultados muestran que ambas metodologías (ensemble a partir de las climatologías observadas y de la predicción estacional) proporcionan buena capacidad predictiva, es decir, que el rendimiento final viene fuertemente condicionado por la situación observada y el crecimiento del cultivo en su primera etapa de desarrollo. No obstante, la introducción de la predicción estacional proporciona un valor añadido, en especial

para el tercil inferior del rendimiento: proporciona capacidad predictiva de la ocurrencia de situaciones que pueden afectar fuertemente al rendimiento final.

SERVICIO CLIMÁTICO DE AYUDA A LA GESTIÓN DE EMBALSES EN AEMET

CLIMATE SERVICES FOR RESERVOIR MANAGEMENT AND CROP YIELD FORECASTS AT AEMET

Esteban Rodríguez Guisado⁽¹⁾, Inmaculada Abia Lleras, Nieves Garrido del Pozo, Eroteida Sánchez-García⁽³⁾, José Voces Avoy⁽¹⁾, Beatriz Navascués Fernández-Victorio⁽¹⁾, M. Candelas Peral García⁽¹⁾, Marta Domínguez Alonso^(1,4)

⁽¹⁾ AEMET (Servicios Centrales), C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, erodriguezg@aemet.es

⁽²⁾ AEMET (DT Castilla y León), C/ Orión 1, Valladolid, España

⁽³⁾ AEMET (DT Castilla La-Mancha), C/ La Plata 25, Toledo, España

⁽⁴⁾ Tragsatec, grupo TRAGSA, Madrid, España, mdomin19@tragsa.es

SUMMARY

A climate service for reservoir management is presented. The service provides enhanced forecasts of precipitation and reservoir inflow during extended winter (November-March). It takes advantage of the robust relationship between North Atlantic Oscillation and Precipitation (NAO) over Iberian Peninsula in winter weight ensemble members from ECMWF SEAS5. For that purpose, September and October runs from ECMWF SEAS5 NAO forecasts are combined together with empirical NAO forecasts to produce an improved prediction of winter NAO ("NAOBest"). Ensemble is coupled to two different hydrological models, and precipitation and reservoir inflow forecasts are evaluated on a pilot basin. Results are presented through a visor jointly developed with the stakeholder.

Las predicciones estacionales demandan un creciente interés por parte de muchos sectores, como el hídrico, energético o agrícola. La situación de cambio climático actual, donde empieza a ser cada vez más frecuente experimentar situaciones alejadas de la climatología histórica aumenta el valor de los pronósticos estacionales y sus servicios asociados.

Se presenta el trabajo desarrollado en AEMET durante el proyecto MEDSCOPE, que supone una mejora sobre el servicio operacional de ayuda a la gestión de embalses, presente en la web de AEMET, y que surge tras una larga colaboración con la Dirección General del Agua. El prototipo combina información de las pasadas de septiembre y octubre del modelo de predicción estacional del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF SEAS5), se genera un *downscaling* del *ensemble* a una rejilla de alta resolución, mediante técnicas de análogos, y se acopla a dos modelos hidrológicos diferentes, para generar la predicción de aportaciones en una cuenca piloto para la campaña de llenado de embalses (Noviembre-Marzo)

Además de usar información de modelos dinámicos, se hace uso de información empírica: teniendo en cuenta la robusta relación entre la precipitación invernal y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés) en la Península Ibérica, se genera, mediante un método híbrido (predicción empírica más dinámica), una predicción NAO mejorada ("NAOBest") para Diciembre-Enero-Febrero, y se asigna un peso a los miembros de acuerdo a su valor de NAO, en relación a la "NAOBest" obtenida, lo que se traduce en una mejora de la pericia del modelo tanto en la predicción de las precipitación como de las aportaciones. La evaluación de resultados cuantifica la contribución de cada uno de los elementos de la cadena operativa a una mejora de la pericia de las predicciones proporcionadas en el servicio.

Por último, los resultados se introducen en un visor desarrollado conjuntamente con la Dirección General del Agua y las Confederaciones Hidrográficas, y se hace un estudio del valor económico de las predicciones.

VARIABILIDAD Y TELECONEXIONES DE LA PRECIPITACIÓN IBÉRICA: PREDICTIBILIDAD ESTACIONAL Y CAMBIOS DECADALES

VARIABILITY AND TELECONNECTIONS OF IBERIAN PRECIPITATION: SEASONAL PREDICTABILITY AND DECADAL CHANGES

Diego García-Maroto⁽¹⁾⁽²⁾, Pablo Fernández-Castillo⁽¹⁾⁽²⁾, Luis Durán⁽¹⁾, Elsa Mohino⁽¹⁾, Teresa Losada⁽¹⁾, Belén Rodríguez-Fonseca⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, diegar20@ucm.es

⁽²⁾ Instituto de Geociencias IGEO (CSIC-UCM), Madrid, España.

SUMMARY

This work examines the variability of precipitation in the Iberian Peninsula and its relation with global teleconnections, particularly the one related to El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Using high-resolution gridded data, the period of the year when the ENSO-precipitation teleconnection is most intense is identified. This teleconnection is found to be non-stationary, subject to decadal changes, that may potentially open up windows of opportunity to seasonal forecasting. The study also evaluates the precipitation forecasting skill of ECMWF's SEAS5 prediction system and its ability to represent the main modes of variability and teleconnections.

Conocer la variabilidad en la precipitación a escalas regionales y locales resulta de vital importancia para la gestión del recurso hídrico, más aún en un contexto de Cambio Climático y en una región como la península ibérica, que presenta periodos importantes de sequía tanto a escalas estacionales como decadales. La precipitación en estas zonas del extratropico se explica principalmente por procesos internos de la atmósfera, pero también existen relaciones con procesos forzados por modos de variabilidad de interacción océano-atmósfera a nivel global. En este trabajo se estudiarán los modos de variabilidad de la precipitación en la península ibérica, así como su posible relación con forzamientos remotos o teleconexiones, poniendo especial énfasis en el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO).

Comenzamos revisando la variabilidad estacional interanual de la precipitación en la península ibérica utilizando la base de datos observacionales en rejilla de alta resolución (5x5km) de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (Peral et al., 2017). Se evalúan las relaciones de los principales modos de variabilidad, obtenidos mediante un análisis de componentes principales (PCA), con modos de variabilidad sinóptica y oceánica globales. Se identifica el periodo del año en el cual la influencia de la teleconexión entre ENSO y la precipitación ibérica es más clara e intensa. Dicho periodo parece corresponderse con el otoño temprano (septiembre y octubre), cuando se encuentra correlación significativa entre todos los índices oceánicos típicos de El Niño y un índice estandarizado de precipitación total en toda la península ibérica. Además, las distribuciones de anomalía mensual de precipitación total en toda la Península se desdoblan en función de la fase de ENSO justamente para dichos meses (Figura 1).

Una vez identificada la estación de mayor impacto, se repite para esta el análisis de componentes principales. Se evalúan las características de dicha teleconexión, como su relación con otras variables de impacto como la temperatura o sus posibles mecanismos de propagación desde los trópicos hasta la Península. Se destaca además su no-estacionariedad, al observarse cómo su intensidad se encuentra sujeta a fuertes cambios decadales. Dichas variaciones podrían deberse a modulaciones causadas por cambios en el estado base de los océanos globales o a cambios decadales en la circulación atmosférica global. La presencia de dicha no-estacionariedad puede tener implicaciones para la predictibilidad estacional, suponiendo cambios decadales en la habilidad predictiva (*skill*) de los sistemas dinámicos y generando posibles ventanas de oportunidad para la predicción tanto estadística como dinámica.

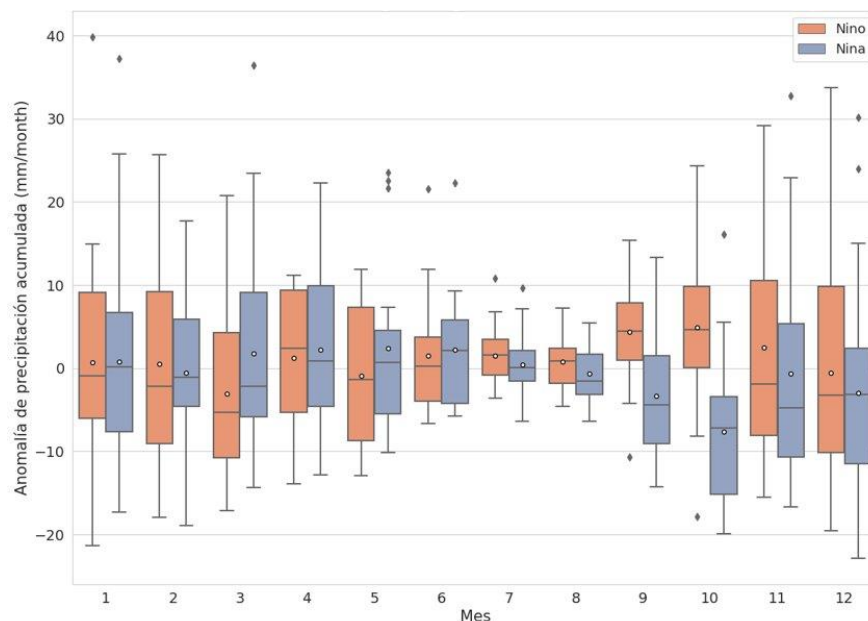


Figura 9 – Distribuciones de anomalía mensual de precipitación acumulada en la España peninsular, distinguiendo meses de El Niño y meses de La Niña. Datos: rejilla AEMET 5x5km (Peral et al., 2017) y HadISST (Rayner et al., 2003).

Finalmente, se evalúa además la pericia del sistema de predicción estacional de quinta generación del ECMWF (SEAS5) para predecir la precipitación en la península ibérica y como este representa los modos principales de variabilidad y teleconexiones encontrados en las rejillas observacionales.

Estos resultados permiten obtener una visión multiescalar de la predictibilidad estacional, evidenciando la necesidad de combinar esta con una buena predicción decadal que permita conocer el estado de las principales teleconexiones. Además, abren la posibilidad de utilizar estrategias combinadas de información estadística y predicción dinámica para mejorar los resultados e intentar obtener una mayor pericia en regiones de interés para el desarrollo de Servicios Climáticos de calidad para la sociedad.

REFERENCES

- Peral, C., Navascués, B., Ramos, P. (2017): *Serie de precipitación diaria en rejilla con fines climáticos*. Nota Técnica 24 de AEMET
- Rayner, N. A. et al. (2003): *Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century*. J. Geophys. Res.

IMPACTO DE LA TELECONEXIÓN DE ENSO EN LA TEMPERATURA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN INVIERNO

IMPACT OF ENSO TELECONNECTION TO WINTER TEMPERATURE IN THE IBERIAN PENINSULA

Pablo Fernández-Castillo^{(1) (2)}, Diego García-Maroto^{(1) (2)}, Teresa Losada⁽²⁾,
Belén Rodríguez-Fonseca^{(1) (2)}, Luis Durán⁽²⁾, Elsa Mohino⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geociencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad Complutense de Madrid (CSIC-UCM), Madrid, España, pablof16@ucm.es

⁽²⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, brfonsec@ucm.es

SUMMARY

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is the main mode of climate variability at interannual timescales and the main source of seasonal predictability in numerous regions worldwide. The impacts of ENSO on winter climate variability in the North Atlantic-European region (NAE) have been studied extensively, finding that the teleconnection is different in early (november-december; ND) and late winter (january-february; JF). However, the NAE circulation response to ENSO in ND remains unclear, with the associated uncertainty on the impacts on temperature in the Iberian Peninsula. The ENSO teleconnection to temperature in Iberia is analysed in this study, employing the latest high-resolution datasets. In a departure from most studies addressing ENSO impacts on NAE winter climate, the teleconnection is analysed from a non-stationary perspective. It is found that the impact of ENSO on Iberian temperatures in ND significantly accentuates in the last decades, responding to changes in the NAE circulation. These results may contribute to enhance early-winter temperature predictability in Iberia.

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) es el principal modo de variabilidad climática en escalas interanuales y la mayor fuente de predictibilidad estacional a escala global. El calentamiento o enfriamiento anómalo de las aguas del Pacífico ecuatorial libera gran cantidad de energía a la atmósfera, alterando su balance energético y causando cambios en la circulación atmosférica (Rodríguez-Fonseca et al., 2016). Así, ENSO puede repercutir en el clima de ciertas regiones del planeta a través de diferentes patrones de teleconexión. Un considerable número de estudios han analizado los impactos de ENSO en la circulación atmosférica en el Atlántico Norte y Europa (NAE) en invierno (p.ej.: Ayarzagüena et al., 2018; King et al., 2018), encontrando un patrón de NAO negativa en la segunda parte del invierno (enero-febrero; JF) en eventos El Niño. Sin embargo, la teleconexión en la primera parte del invierno (noviembre-diciembre; ND) no es tan clara y sigue siendo objeto de estudio. En este estudio, se analiza la teleconexión de ENSO en la circulación atmosférica de NAE y los impactos que provoca en la temperatura de la península ibérica. Para ello, se han empleado las bases de datos más actualizadas, que cubren hasta el año 2022, y de una resolución espacial muy alta en comparación con otros estudios de este tipo (resolución horizontal de 5 km para los datos de temperatura en superficie). Frente a la mayoría de estudios previos de teleconexiones, el análisis se hace en períodos de tiempo de 20 años, lo cual permite conocer si la teleconexión ha experimentado cambios en el tiempo.

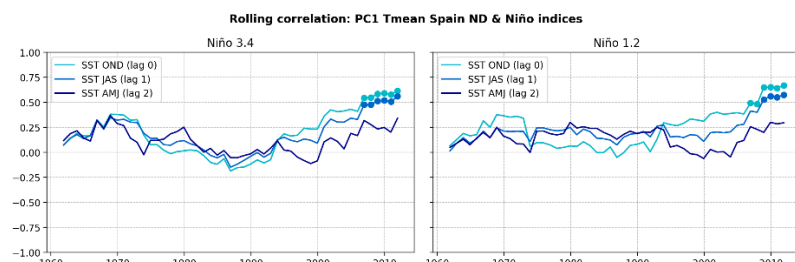


Figura 1 – Correlación de Pearson en ventanas móviles de 20 años entre la primera componente principal de temperatura en la península ibérica en ND y el índice de (a) Niño 3.4 y (b) Niño 1.2 en octubre-noviembre-diciembre (OND), julio-agosto-septiembre (JAS) y abril-mayo-junio (AMJ). Se indica con puntos rellenos las correlaciones que son significativas al 95%, mediante un test-t.

Los resultados de este análisis sugieren que ENSO ejerce un impacto significativo en la circulación atmosférica en NAE y, por consiguiente, en la temperatura de la península ibérica en la primera parte del invierno. Se ha encontrado que la teleconexión no es estacionaria y que, en las décadas recientes, se ha intensificado notablemente (Figura 1). Según este resultado, en las últimas décadas, los eventos El Niño estarían asociados a anomalías positivas de temperatura en ND, mientras que los eventos La Niña tendrían una relación contraria (Figura 2). El análisis de los campos atmosféricos asociados revela cómo los cambios interdecadales en la influencia de ENSO en la temperatura peninsular estarían asociados a cambios en el impacto de ENSO en la circulación atmosférica en NAE, que podrían deberse a cambios en el estado base de los océanos o en la corriente en chorro. Los resultados encontrados tienen implicaciones en la predicción estacional de la temperatura en la península ibérica en la primera mitad del invierno.

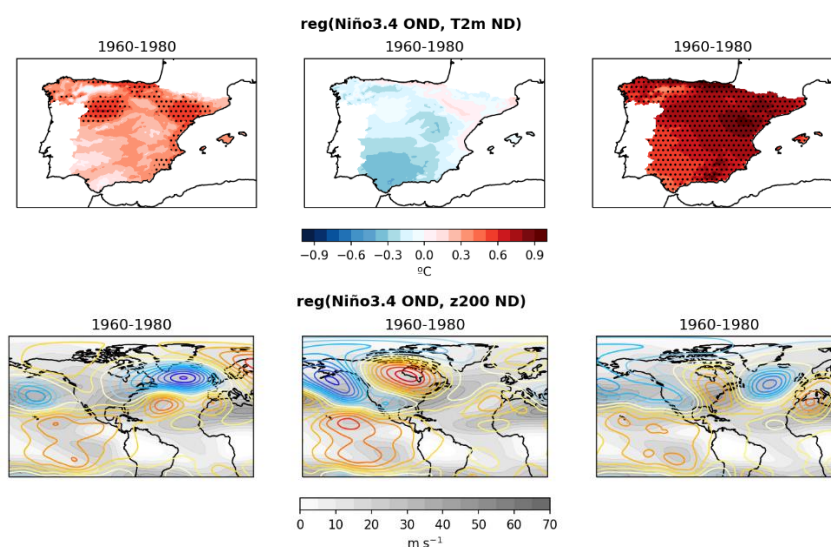


Figura 2 – Mapas de regresión entre el índice del Niño 3.4 de octubre-noviembre-diciembre y la temperatura en superficie media de noviembre-diciembre (fila superior), así como la altura geopotencial en 200 hPa (fila inferior; intervalos de 1 dam) en el periodo 1960-1980 (izquierda), 1980-2000 (centro) y 2000-2020 (derecha). Las regiones punteadas en los mapas de la fila superior indican dónde la correlación es significativa al 90%, según un test-t. En las figuras de la fila inferior, se representa también la climatología del viento zonal en 200 hPa en el periodo correspondiente con sombreados grises.

REFERENCIAS

- Ayarzagüena, B. et al. (2018): *Intraseasonal effects of El Niño–Southern Oscillation on North Atlantic climate*. J. Climate, 31(21), 8861-8873. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0097.1>.
- King, M. P. et al. (2018): *Importance of late fall ENSO teleconnection in the Euro-Atlantic sector*. Bull. Amer. Met. Soc., 99(7), 1337-1343. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0020.1>
- Rodríguez-Fonseca et al. (2016): *A review of ENSO influence on the North Atlantic. A non-stationary signal*. Atmosphere, 7, 87. <https://doi.org/10.3390/atmos7070087>

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por:

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y los Fondos NextGenerationEU de la Comisión Europea (Reglamento EU 2020/2094), mediante la Plataforma Temática Interdisciplinar Clima (PTI-Clima) del CSIC.
- Oceans For Future (OFF) (TED2021-130106B-I00). Convocatoria 2021 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

PÓSTERES CORRESPONDIENTES A LAS SESIONES DEL DÍA 14 DE MARZO

PREDICCIÓN DECENAL DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA PRECIPITACIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

HIGH-RESOLUTION DECADEAL PREDICTION FOR PRECIPITATION OVER THE IBERIAN PENINSULA

Juan José Rosa Cánovas^(1,2), Matilde García-Valdecasas Ojeda^(1,2), David Donaire-Montaña⁽¹⁾, Nicolás Tacoronte⁽¹⁾, Emilio Romero-Jiménez⁽¹⁾, Yolanda Castro-Díez^(1,2), Sonia Raquel Gámiz-Fortis^(1,2), María Jesús Esteban-Parra^(1,2)

⁽¹⁾ Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, Avenida de Fuente Nueva s/n, Granada, España, jjrc@ugr.es

⁽²⁾ Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA), Avenida del Mediterráneo s/n, Granada, España

SUMMARY

The main aim of the decadal climate prediction is to fill the gap between the seasonal-to-interannual prediction and the long-term climate change projection. While the former is very sensitive to initial conditions, the latter is fundamentally considered as a boundary condition problem. In this line, the decadal climate prediction is a double-type problem in which both initial and boundary conditions play an important role in the extraction of the climate signal. The objective of this work is to evaluate the predictive skill of a set of dynamically downscaled decadal climate predictions for precipitation over the Iberian Peninsula. These predictions have been conducted with the Weather Research and Forecasting model (WRF), taking the Decadal Prediction Large Ensemble as the source for initial and boundary information. The best results in predictive skill have been obtained for the first lead year at annual scale, while the largest added value with respect to the global predictions has been found in summer.

Las escalas temporales de las predicciones climáticas tienen un papel fundamental en el desarrollo de servicios climáticos, determinantes para trasladar los resultados de las investigaciones a propuestas para solucionar problemas del mundo real (Goddard et al., 2016). La predicción decenal del clima, objeto de estudio de este trabajo, ocupa el espacio entre la predicción estacional-interanual, sensible a las condiciones iniciales, y la proyección climática a largo plazo, que depende fundamentalmente de los forzamientos climáticos externos (cambios en las concentraciones de los gases de efecto invernadero, de los aerosoles, en los usos de suelo, etc.). En este sentido, la predicción decenal constituye un problema de doble tipo, en el que tanto las condiciones iniciales como las de contorno pueden potencialmente contribuir a la extracción de la señal climática en las predicciones (Meehl et al. 2009, 2014).

El objetivo de este trabajo es analizar la habilidad predictiva de una serie de experimentos decenales de alta resolución para la precipitación en la península ibérica. Estos experimentos son el resultado de un conjunto de simulaciones de *downscaling* dinámico realizadas con el modelo mesoescalar Weather Research and Forecasting (WRF), versión 3.9.1.1, utilizando las predicciones decenales globales del Decadal Prediction Large Ensemble (DPLE) como condiciones iniciales y de contorno. Se han realizado 13 experimentos decenales, inicializados año a año desde 1987 hasta 1999, para cuatro miembros del conjunto del DPLE. Las simulaciones se han llevado a cabo utilizando dos dominios anidados, con el primero abarcando la región de EURO-CORDEX, con una resolución aproximada de 50 km, y el segundo cubriendo la península ibérica, con una resolución aproximada de 10 km.

Los resultados de las simulaciones han sido evaluados utilizando la base datos de AEMET como referencia, siendo previamente interpolada de la rejilla original de 5 km a la rejilla de 10 km de WRF. La habilidad predictiva se ha cuantificado utilizando dos métricas deterministas: la raíz cuadrada del error cuadrático medio y el

coeficiente de correlación de anomalías (ACC). Por otro lado, el valor añadido respecto a las predicciones globales del DPLE ha sido analizado empleando el medidor de habilidad predictora del error cuadrático medio y la diferencia en ACC. Los mejores resultados para la habilidad predictora han sido obtenidos para el primer año de predicción a escala anual, con ACC positivos y estadísticamente significativos en la mitad occidental de la península. También en verano se observan ACC positivos y significativos en varias ventanas temporales de predicción. El mayor valor añadido respecto a la regionalización se ha encontrado en verano, aunque generalmente sin significación estadística.

REFERENCIAS

Goddard, L. (2016): *From science to service*. Science, 353(6306), 1366-1367. doi: 10.1126/science.aag3087.

Meehl, G. A., et al. (2009). *Decadal Prediction: Can It Be Skillful?*. Bull. Amer. Met. Soc., 90(10), 1467–1486. doi: 10.1175/2009BAMS2778.1

Meehl, G. A., et al. (2014). *Decadal Climate Prediction: An Update from the Trenches*. Bull. Amer. Met. Soc., 95(2), 243–267. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00241.1

Agradecimientos

J. J. Rosa Cánovas agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades la concesión de su contrato predoctoral (PRE2018-083921). Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos PID2021-126401OB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER Una manera de hacer Europa y CGL2017-89836-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad con fon

RIESGO DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS EN ESPAÑA: IMPACTOS, ESCENARIOS FUTUROS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: PROYECTO EXMERISK

EXTREME METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL RISK IN SPAIN: IMPACT ASSESSMENT, FUTURE SCENARIOS AND TOOLS TO IMPROVE RESILIENCE AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE (EXMERISK)

Raquel Nieto^(1,2), Luis Gimeno^(1,2), Sergio M. Vicente-Serrano^(3,2), Fernando Domínguez⁽³⁾, María Concepción Gimeno⁽⁴⁾

- (1) Centro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), Edificio Campus da Auga (Campus Sur) Rúa Canella da Costa da Vela 12, Ourense, España rnieto@uvigo.es, l.gimeno@uvigo.es
- (2) Unidad Asociada CSIC-Universidad de Vigo: Grupo de Física de la Atmosfera y del Océano. Edificio Campus da Auga (Campus Sur) Rúa Canella da Costa da Vela 12, Ourense, España.
- (3) Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IPE–CSIC), Zaragoza, España. svicen@ipe.csic.es, fdominguez@ipe.csic.es
- (4) Departamento de Derecho Público, Universidad de León, León, España. mcgimp@unileon.es

SUMMARY

EXMERISK aims to overcome the existing information limitations to manage efficiently extreme meteorological and hydrological events by developing, for the first time in Spain, a detailed dataset on impacts of extreme meteorological and hydrological events, including future risk projections. This approach will be based on a multi-sectorial perspective, useful for assessing social and environmental vulnerability and risk, and it will be linked to the development and application of the Spanish law, as EXMERISK will analyze how extreme meteorological events have influenced the Spanish law, and it will assess the effectiveness of existing environmental regulations and the feasibility of policy proposals under development in response to the challenges caused by the extreme meteorological and hydrological events under climate change.

España se ve afectada por diversos fenómenos extremos que causan importantes impactos negativos. Sequías, olas de calor, precipitaciones extremas, temporales de viento, inundaciones, nevadas extremas, heladas, etc. son frecuentes como consecuencia de las características climáticas y de la complejidad del relieve. La evaluación de los extremos meteorológicos e hidrológicos es una prioridad científica, ya que su estudio en España muestra grandes disparidades. La importancia de la evaluación de los extremos meteorológicos e hidrológicos ha sido destacada en el último informe del IPCC (AR6), donde el capítulo 11 se centra en este tema desde diferentes perspectivas, incluyendo la evaluación de las tendencias recientes y las proyecciones futuras.

Aunque existe un gran interés científico por el comportamiento de los fenómenos extremos desde una perspectiva meteorológica, hay muy pocos avances en la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo ambiental, económico y social asociado a estos fenómenos, lo que podría mejorar la mitigación y adaptación al cambio climático. Esto se debe principalmente al limitado conocimiento de los impactos asociados, aspecto motivado por la escasez de información de impacto existente. Además, existe un mayor desconocimiento sobre las reformas legislativas emprendidas en relación con los extremos meteorológicos e hidrológicos ocurridos en España. Las respuestas legales a los fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos vienen dadas principalmente por el poder judicial, y estas decisiones (a veces) conducen muy lentamente a cambios legislativos. Los fenómenos meteorológicos extremos tienen la particularidad de alterar la noción tradicional de responsabilidad jurídica por tal evento natural. Por ello, la posibilidad de verificar una relación causal jurídicamente relevante entre determinados actos humanos y la ocurrencia de los fenómenos extremos exige una revisión de la noción de responsabilidad centrada en el individuo, la indemnización de daños como única respuesta jurídica, y los principios jurídicos que la sustentan.

EXMERISK pretende superar las limitaciones de información existentes para gestionar eficientemente los fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos mediante el desarrollo, por primera vez en España, de un conjunto de datos detallados sobre los impactos de los fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos, incluyendo proyecciones de riesgos futuros. Este enfoque se basará en una perspectiva multisectorial, útil para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo social y ambiental, y estará vinculado al desarrollo y la aplicación de la legislación española, ya que EXMERISK analizará cómo los fenómenos meteorológicos extremos han influido en la legislación española, y evaluará la eficacia de la normativa ambiental existente y la viabilidad de las propuestas políticas en desarrollo en respuesta a los desafíos causados por los fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos en el marco del cambio climático.

EXMERISK utiliza varias novedades metodológicas relacionadas con la explotación de grandes conjuntos de datos sobre sucesos extremos y sus impactos asociados disponibles en hemerotecas y estadísticas oficiales utilizando Inteligencia Artificial (IA). La gran cantidad de información disponible requiere el desarrollo de herramientas informáticas que permitan extraer esta información de grandes cantidades de datos utilizando enfoques automáticos. La generación de una base de datos que integre, homogeneice y geocodifique los impactos asociados a eventos meteorológicos extremos a partir de diferentes fuentes de información será de gran utilidad para cuantificar los riesgos asociados actuales y futuros. Esta estrategia facilitará el establecimiento de medidas de adaptación y mitigación, así como la recomendación de modificaciones legislativas. Además, el objetivo principal de EXMERISK tiene un claro interés científico para conocer los impactos multisectoriales asociados a los eventos extremos, un aspecto que sólo se aborda parcialmente en la literatura científica.

La diversidad de temas, subobjetivos y metodologías necesarias para abordar el objetivo principal de EXMERISK hace imprescindible su desarrollo como proyecto coordinado, garantizado por los siguientes subproyectos liderados por diferentes centros de investigación especializados en cada uno de ellos:

SP1: Vulnerabilidad y riesgo de fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos en España: cuantificación y desarrollo de productos y herramientas de información. Liderado por Sergio Martín Vicente Serrano, IPE-CSIC.

SP2: Evaluación del impacto de eventos meteorológicos e hidrológicos extremos en España mediante inteligencia artificial y big data. Liderado por Fernando Domínguez Castro, IPE-CSIC.

SP3: Probabilidad de riesgo en alta resolución espacial de eventos meteorológicos e hidrológicos extremos en España bajo proyecciones futuras CMIP6. Liderado por Raquel Nieto y Luis Gimeno, EPhysLab-UVigo.

SP4: La ley como herramienta para mejorar la resiliencia y adaptación a eventos meteorológicos e hidrológicos extremos bajo cambio climático. Liderado por María Concepción Gimeno Pesa, UniLeon.

El desarrollo del proyecto coordinado financiado por el Ministerio de Transición Ecológica 2021 permite una evaluación objetiva de los impactos pasados (SP1) y futuros (SP3) de los fenómenos meteorológicos extremos. Las herramientas de IA desarrolladas en este proyecto (SP2), además de contribuir a su propio desarrollo, pueden servir de base para futuras investigaciones. Los resultados del SP4 servirán de base para una futura legislación destinada a prevenir los impactos sociales del cambio climático. El estudio se realiza también en el marco de la Plataforma Temática Interdisciplinar (PTI) del CSIC "PTI+ Clima y Servicios Climáticos" y sus resultados supondrán una importante contribución al Plan Nacional Español de Cambio Climático.

SESIÓN: ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO

ALCANAR, DE LA INDEFINICIÓN AL ELEVADO RIESGO DE INUNDACIONES

ALCANAR, FROM INDEFINITION TO HIGH RISK OF FLOODS

María del Carmen Llasat^(1,2), Raül Marcos⁽¹⁾, Ramón Pascual⁽³⁾, Tomeu Rigo⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Departament de Física Aplicada, Universitat de Barcelona, C/ Martí Franqués 1, Barcelona, España, carmell@meteo.ub.edu

⁽²⁾ Institut de Recerca de l'Aigua, Universitat de Barcelona, España, carmell@meteo.ub.edu

⁽³⁾ Delegación de Cataluña AEMET, C/ Arquitecte Sert 1, Barcelona, España, rpascualb@aemet.es

⁽⁴⁾ Servei Meteorologic de Catalunya, C/ Carrer del Dr. Roux 80, Barcelona, España tomeu.rigo@gencat.cat

SUMMARY

The Montsià region is the southernmost region of Catalonia (NE Spain), located between the final stretch of the Ebro River and the Senia River, and crossed by a relatively high mountain range (764 m.a.s.l), very close to the coastline and parallel to the same, in which numerous steep torrents are born. Most of these cross highly populated areas, mainly tourist and summer resorts, with high vulnerability to flooding. The municipality of Alcanar is a clear example of this situation. Thus, between 1980 and 2020, 42 episodes of flooding were recorded in the Montsià region, of which 21 caused significant damage in this municipality. They are usually a consequence of very convective and high-intensity precipitation, which, due to its local and sudden nature, is difficult to predict. The recent flood events of October 2018, September 2021 and 2023 are good examples. The aim of this work is the analysis of the three events, as well as the characterization of the frequency and possible trends in heavy rainfall events, in basis to precipitation data at daily and sub-daily scale.

La comarca del Montsià (733 km²) es la más meridional de Catalunya. Está atravesada en dirección SW-NE por la sierra de Montsià, una cordillera relativamente alta (764 m.s.n.m), muy cercana a la línea de costa y paralela a la misma. Aunque su longitud total es sólo de unos 12 km y su anchura es de unos 5 km, su abrupta orografía de tipo calcáreo, caracterizada por acantilados, riscos y barrancos, con fuertes desniveles, favorece la existencia de numerosos torrentes de gran pendiente, conocidos en la región como “barrancs”. Esta misma cordillera también favorece el ascenso de las masas de aire húmedas procedentes del Mediterráneo, sobre todo cuando inciden perpendicularmente a su eje, lo que ayuda a disparar la convección y da lugar a lluvias intensas. La combinación de lluvias intensas y barrancos torrenciales da lugar a frecuentes inundaciones súbitas. La comarca linda al norte con el río Ebro, que forma parte de la demarcación hidrográfica de la Cuenca del Ebro (CHE), y al sur con el río Senia, que pertenece a la Cuenca del Júcar (CHJ). Queda una tercera parte de la comarca, el municipio de Alcanar, comprendido entre ambas cuencas, que pertenece a las Cuencas Internas de Cataluña (CIC), y que está atravesado por un elevado número de barrancos. Esta repartición en tres cuencas gestionadas por tres administraciones diferentes hace difícil la coordinación, sobre todo en lo que respecta a la prevención frente a las inundaciones, lo que aumenta su riesgo ya de por sí favorecido por las características del territorio. De hecho, el municipio de Alcanar no dispone todavía de cartografía de zonas inundables. A esa elevada peligrosidad se añade una elevada vulnerabilidad, ya que, si bien la población del Montsià apenas supera las 69.000 personas, con una densidad de unos 87 hab/km², esta densidad pasa a 285 hab/km² y a 208 hab/km² en los municipios costeros de la Ràpita y Alcanar, respectivamente. El atractivo turístico y vacacional de ambos municipios, ha llevado a una elevada concentración de campings, urbanizaciones y segundas residencias construidas en torno a los barrancos, lo que unido a que muchas de ellas se encuentran también en primera línea de mar, aumenta el riesgo de padecer inundaciones.

Así, según la base de datos de inundaciones en Cataluña, INUNGAMA (Llasat et al., 2014), entre 1980 y 2020 se registraron 42 episodios de inundaciones en la comarca del Montsià, de los cuales 21 produjeron daños

importantes en el municipio de Alcanar. Las últimas inundaciones se registraron el 3 de septiembre de 2023, a consecuencia de la misma perturbación sinóptica que afectó el centro de la Península. Se produjo en medio de un grave episodio de sequía de más de dos años de duración, y sólo produjo inundaciones en la comarca del Montsià, lo que marcó su carácter local. Situaciones semejantes se produjeron en 2021 y 2018, con precipitaciones que superaron ampliamente los 200 mm, y que por su carácter local y súbito fueron de muy difícil predicción. Este factor, unido a la aparentemente creciente frecuencia y a los graves daños que producen las inundaciones en la zona, llevaron a plantearse una serie de cuestiones: ¿están aumentando las inundaciones en la región? ¿puede estar influyendo el cambio climático? ¿Cuáles son los factores que explican esta elevada frecuencia?

La presente ponencia intenta dar respuesta a estas cuestiones, para lo que se inicia con el estudio de la frecuencia y periodos de retorno de las inundaciones y lluvias intensas agregadas para diferentes periodos temporales, se continua con el análisis pluviométrico a partir de los datos de pluviómetros y radar, y se finaliza con el estudio de los factores sinópticos, termodinámicos y mesoescalares que caracterizaron a estas situaciones. Para ello se han seleccionado, además de los tres episodios de inundaciones ya introducidos, quince días en los que se superaron los 100 mm en algún punto de la región entre 2004 y 2023 para los cuales se han analizado las imágenes radar y las de actividad eléctrica.

El análisis de la muestra 2004-2023 destaca que durante los 10 primeros años sólo se produjeron 5 casos por encima de 100 mm en el Montsià, mientras que en la segunda década del periodo se duplicó el número de días de esta índole. Los periodos de retorno de las precipitaciones máximas registradas se hallan entre los 10 y los 50 años, pero si se trabaja con la envolvente que cubra toda la comarca, el periodo de retorno de una precipitación de 208 mm en 24 h desciende a unos 10 años, y el de 116 mm a unos 2 años, lo que muestra la elevada frecuencia. El análisis de las tendencias del número de días anuales que superan 5, 10, 20, 40, 60 y 100 mm/d, pone de manifiesto una disminución del número de días que superan los umbrales más bajos, mientras que por el contrario se observa una tendencia positiva cuando los umbrales diarios pasan a ser de 40 mm/d y 60 mm/d, que ya no es tan manifiesta cuando se pasa a 100 mm/d. Así mismo, la tendencia de la contribución de los episodios de más de 40 mm a la lluvia total es positiva. Este aumento se debe sobre todo a las contribuciones de invierno y otoño, estación en la que aumentan las horas de precipitación por encima de 40 mm/h. En primavera la tendencia es a disminuir en intensidad y variabilidad. En el caso de los datos horarios las tendencias son menos significativas y menos marcadas. Todo ello apunta a que cada vez tenemos una probabilidad mayor de que se produzcan lluvias más intensas, lo que estaría en línea con los resultados obtenidos al analizar la evolución de la precipitación convectiva (Llasat et al., 2021)

En general, los episodios de lluvias fuertes y copiosas se producen entre septiembre y diciembre, fuera de la época cálida en la que usualmente se registra la convección profunda. Un elemento común a todos los episodios es que las estructuras de precipitación se desplazaron de mar a tierra, lo que indica un aporte de humedad muy importante y que incrementa el factor de eficiencia. Las grandes cantidades de precipitación recogidas localmente quedan justificadas por la estacionariedad de las estructuras precipitantes, el efecto tren convectivo (repetición del paso de células sobre un mismo punto), o por la combinación de ambos. También cabe destacar que el grado de organización es muy diferente dependiendo del episodio, con estructuras con un campo de precipitación muy uniforme, otras con convección embebida, y, finalmente, algunos sistemas con un elevado grado de organización convectiva. Estos elementos también pueden apreciarse de forma notable en los mapas de actividad eléctrica: existen episodios con actividad muy reducida o nula, algunos de baja o actividad media, y sólo unos pocos con actividad elevada.

El entorno sinóptico de los tres episodios analizados estuvo caracterizado por la presencia de una depresión aislada en niveles altos (DANA) con un núcleo frío en su centro (entre -14 °C y -18 °C en 500 hPa) en las cercanías de la Península Ibérica. Los análisis de presión en superficie y frontales correspondientes nuevamente a las horas más cercanas a los sucesos mostraban características más diferenciadas, aunque un elemento común a los tres era el flujo sinóptico de componente este, de intensidad débil a moderada, afectando a toda la Península. El estudio de los perfiles verticales de viento para la zona de Alcanar obtenidos del modelo mesoscalar de área limitada Harmonie-Arome corrobora que el flujo era componente este o sudeste hasta, extendiéndose hasta los 850 hPa e incluso llegando a los 500 hPa. El análisis termodinámico muestra que los tres episodios de inundaciones seleccionados no se han producido en entornos altamente inestables, al encontrarse alejados del núcleo frío de la DANA. Ello podría explicar el hecho de que la convección profunda en el nordeste peninsular fuera aislada, aunque, en donde se desarrolló, muy eficiente debido al alto contenido de humedad.

REFERENCIAS

- Llasat, M. C. et al. (2014): *Flash flood evolution in North-Western Mediterranean*. Atmos. Res., 149, 230–243.
Llasat, M. C. et al. (2021): *Convective precipitation trends in the Spanish Mediterranean region*. Atmos. Res., 257, 10558.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105581>

LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2023 EN ESPAÑA: PREDECIBILIDAD, DESARROLLO DE UN SCM Y EFECTOS

THE SEPTEMBER 2023 CUT-OFF LOW IN SPAIN: PREDICTABILITY, DEVELOPMENT OF A MCS AND EFFECTS

Alejandro Roa Alonso⁽¹⁾, Francisco Javier Bello Millán^(2,3)

⁽¹⁾ AEMET, Madrid, España, aroaa@aemet.es

⁽²⁾ AEMET, Centro Meteorológico de Málaga, España, fbellom@aemet.es

⁽³⁾ Universidad de Málaga, Escuela de Ingenierías Industriales, Málaga, España

SUMMARY

Between September 2 and 4, 2023, a cut-off low affected the Iberian Peninsula. The cut-off low triggered several mesoscale convective systems (MCS), one of them having notable dimensions and great activity. This MCS produced very intense and persistent rainfall in the central zone of the Iberian Peninsula, especially in the Community of Madrid and in the province of Toledo, where torrential rains are not frequent. In this article we analyze the cut-off low from the predictability point of view, the generation and life cycle of the MCS that affected the central peninsular area on day 3, and the consequences it gave rise to.

Entre los días 2 y 4 de septiembre de 2023 una dana (“depresión aislada en niveles altos”, equivalente al término inglés “cut-off low”) afectó al territorio de la península Ibérica, con especial incidencia en su zona central, siendo las provincias españolas de Madrid, Toledo, Ávila y Segovia las más afectadas.

Es bien sabido que las danas, por su dinámica particular, presentan grandes problemas de predecibilidad. La ubicación de su centro, sus desplazamientos y su duración son en casi todas las danas fuente de incertidumbre para los modelos numéricos, incluso en plazos muy cortos. Como consecuencia de ello, los efectos en el tiempo sensible son altamente impredecibles, especialmente en lo referente a su distribución espacial y temporal. En el caso de la dana que aquí analizamos veremos, mediante el estudio de los modelos de predicción disponibles en AEMET, hasta qué punto es cierta la anterior afirmación.

Debido a la combinación de ciertos ingredientes, tanto de escala sinóptica como de mesoescala durante la tarde del día 3 tuvo lugar la formación de un sistema convectivo de mesoescala (SCM) de grandes dimensiones espaciales, larga duración y particularmente energético, que afectó a gran parte de la Península, con especial incidencia en las provincias centrales de España citadas arriba (Figura 1).

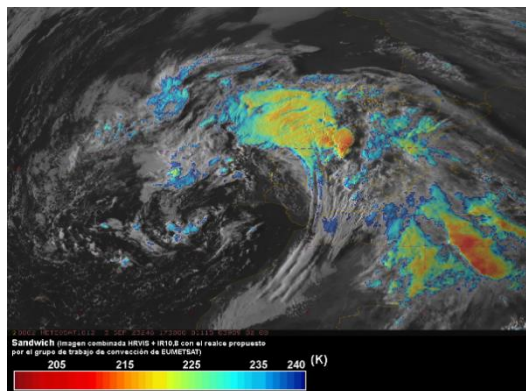


Figura 1 – Imagen de satélite tipo sándwich del día 3 de septiembre a las 17 :30 UTC

El estudio detallado del SCM nos permite discernir subestructuras con dinámicas diferentes, relacionadas con los flujos relativos y las direcciones de propagación y traslación de las células convectivas. De ese modo podemos observar cómo en determinadas zonas predomina la propagación de células a favor del viento (“downwind”) y en otras en contra del viento (“upwind”), caso en el que tiene lugar a la generación de “trenes convectivos”.

Una estructura de este último tipo, el de “tren convectivo” fue la que afectó especialmente a las provincias de Toledo y Madrid durante las últimas horas del día 3 y madrugada del día 4 (Figura 2). Previamente, AEMET había

emitido avisos de nivel rojo por precipitación superior a 120 mm en 12 horas en todas las zonas de la Comunidad de Madrid y en la zona de avisos correspondiente a La Mancha toledana, algo totalmente inaudito en dichas comarcas.

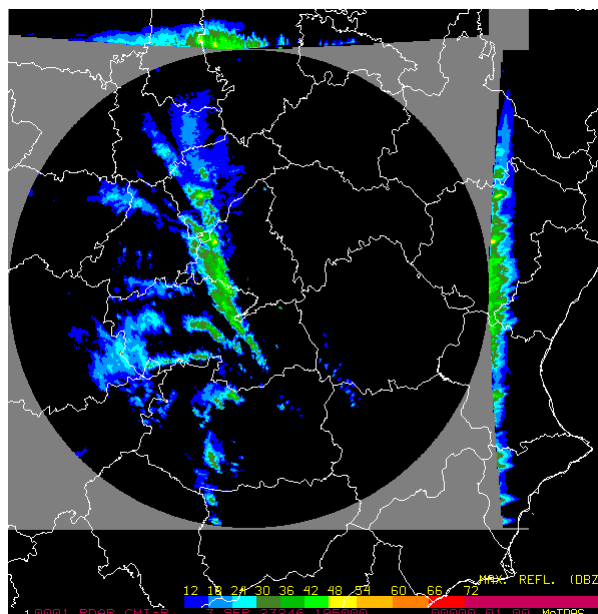


Figura 2 – Imagen radar tipo ZMAX del día 3 de septiembre a las 19 :50 UTC

Sin entrar en detalles, puede decirse que los avisos, tanto de nivel rojo como naranja, emitidos por AEMET, se ajustaron bastante bien a la situación. El máximo de precipitación en 12 horas se dio en San Rafael, en la provincia de Segovia, en el lado norte del Sistema Central (141 mm), pero en gran parte de las provincias de Madrid y Toledo se superaron los 80 mm, concentrados por lo general en unas pocas horas de la tarde-noche del día 3 o de la madrugada del 4. También en otros lugares de España fueron muy destacadas las precipitaciones asociadas a la dana, aunque a diferentes SCM del que tratamos aquí, especialmente en Cádiz y entre Tarragona y Castellón, zonas en las que son más habituales las lluvias torrenciales.

De los ocho fallecidos asociados a la dana de septiembre, según datos oficiales del Ministerio del Interior, seis de ellos lo fueron entre el suroeste de la Comunidad de Madrid y el norte de Toledo, varios de ellos arrastrados por las aguas en sus vehículos en pueblos nada acostumbrados a los torrentes caídos del cielo, como la Aldea del Fresno en Madrid o Bargas en Toledo, en comarcas que posteriormente el Gobierno declaró zona catastrófica. Hubo también dos fallecidos mientras practicaban barranquismo en el Pirineo de Huesca el día 2, al inicio del episodio de la dana.

REFERENCIAS

- AEMET (2023): *Informe sobre el episodio meteorológico de precipitaciones intensas ocasionado por una dana durante los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023*
- Corfidi, S. F. (2003): *Cold pools and MCS propagation: Forecasting the motion of downwind-developing MCSs*. Weather Forecasting, 18(6), 997-1017
- Ministerio del Interior (2023): [El Gobierno declara zona catastrófica y aprueba ayudas para los afectados por las DANA de septiembre](https://www.interior.gob.es/opencms/es/detalle/articulo/El-Gobierno-declara-zona-catastrofica-y-aprueba-ayudas-para-los-afectados-por-las-DANA-de-septiembre). <https://www.interior.gob.es/opencms/es/detalle/articulo/El-Gobierno-declara-zona-catastrofica-y-aprueba-ayudas-para-los-afectados-por-las-DANA-de-septiembre/>
- Sánchez-Laulhé, J. M. (2023): *El Sistema Convectivo Mesoescalar del centro de la Península del 3 de septiembre de 2023*. <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/2628/2820>

ANALISIS Y EFECTOS DE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2023 EN EL CENTRO PENÍNSULAR

ANALYSIS AND EFFECTS OF THE SEPTEMBER 2023 DANA EPISODE ON THE CENTRAL PENINSULA

David López-Rey Lumbreras ⁽¹⁾, David Resuela Sánchez ⁽²⁾, Darío Cano Espadas ⁽³⁾, Jose Antonio López Díaz ⁽⁴⁾, Alejandro Lomas González ⁽²⁾, Ricardo Torrijo Murciano ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Facultad de Bioquímica y Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla – La Mancha, Avda. Carlos III, s/n. Toledo, España, david.lopezrey@yahoo.es

⁽²⁾ Asociación Meteorológica Española (AME), davidresuela@hotmail.com, meteolomas@gmail.com

⁽³⁾ AEMET, Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Barajas, Madrid, España, dcanoe@aemet.es

⁽⁴⁾ AEMET, Servivios Centrales, C/Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, jlopezdaemet.es, rtorrijom@aemet.es

SUMMARY

The DANA that affected the Iberian Peninsula at the beginning of September 2023 affected large areas of the peninsula. Especially important were the precipitations in the mouth of the Ebro, Cadiz area and peninsular center. This type of high intensity phenomena is characteristic of Mediterranean areas in autumn and can also affect other coastal areas. However, it is not so usual, for the central area of the peninsula, to be affected by this type of phenomenon with so much impact. In this article we will try to explain a little better the meteorological situation and the effects that occurred in the most affected inland areas.

La DANA que afectó a principios de septiembre de 2023 afectó a amplias zonas de la península. Especialmente importantes fueron las precipitaciones en la zona de la desembocadura del Ebro, zona de Cádiz y centro peninsular (Figura 1). Este tipo de fenómenos de alta intensidad son características de las zonas mediterráneas en otoño y también pueden afectar a otras zonas costeras. Sin embargo, no es tan habitual que la zona centro se vea afectada por este tipo de fenómeno con tanto impacto.

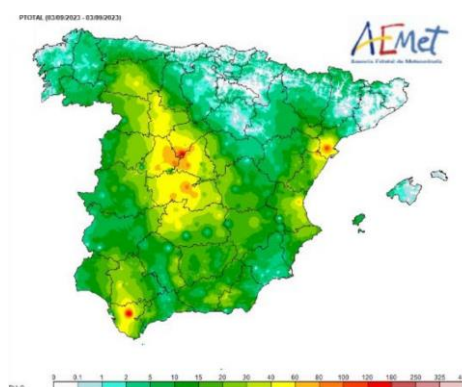


Figura 1 - Precipitación acumulada el día 03/09/2023. Composición elaborada en base a estaciones de AEMET.

Fuente:

https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/informe_dana_sep2023.pdf

En este artículo describiremos la situación meteorológica y los efectos que se produjeron en las zonas del interior más afectadas. En la imagen de precipitación acumulada (Figura 2), elaborada a partir de los datos del radar de AEMET en Madrid, se puede ver cualitativamente como se distribuyó la precipitación el día 3 de septiembre, que fue el día en que más precipitación se acumuló en la zona centro, así como cuáles fueron las zonas

más afectadas. La ventaja de este tipo de imagen radar es que, aunque no permite deducir las cantidades caídas con la precisión de una estación meteorológica de superficie, permite estimar, con más detalle, cuales debieron ser las zonas más afectadas y la distribución especial de dichas cantidades, lo que ayuda a suplir la falta de resolución de composiciones elaboradas a partir de los limitados datos de estaciones.

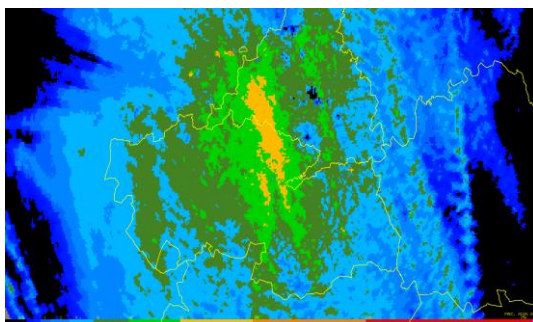


Figura 2 - En la siguiente imagen de precipitación acumulada, elaborada a partir de los datos del radar de AEMET en Madrid, se puede ver cualitativamente como se distribuyó la precipitación el día 03/09/2023.

El episodio de lluvias en la zona centro dio lugar a la emisión de avisos de predicción de nivel rojo por parte de la AEMET, los de mayor nivel de alerta en la escala utilizada por la agencia. Destacaron, no solo las inusuales cantidades de lluvia acumuladas, sino también las grandes intensidades puntuales y el granizo que asoló diversas zonas.

Las zonas más afectadas por este episodio fueron: la comarca Sur y la sierra del Oeste (ambas de la provincia de Madrid) y la comarca de La Sagra (en la provincia de Toledo), con totales de precipitación de hasta 193 mm en Mocejón de la Sagra, 187 en Navas del Rey y de 173 en Casarrubios del Monte.

A causa de las riadas y de las avenidas del río Alberche y sus afluentes más próximos, perecieron 6 personas y los daños superaron los 300 millones de euros en Castilla-La Mancha y los 58 en la Comunidad de Madrid. El servicio de emergencias 112 recibió 2.424 incidencias en la comunidad manchega y 2.157 en la madrileña.

Entre los daños en infraestructuras destaca la ruptura de tubería de agua potable procedente del embalse de Picadas (Madrid) y que abastecía a un total de 141.000 habitantes de la provincia de Toledo, repartidos en 71 municipios. Merece mención el desplome de parte del puente de Pedrera (s. XVIII) por la crecida del Alberche en Aldea del Fresno (Madrid).

La capital de España no fue la zona más afectada por la situación. Sin embargo, la pérdida de vidas humanas y el elevado coste económico en localidades cercanas a la ciudad de Madrid, nos debe hacer reflexionar sobre la necesidad de estimar el periodo de retorno y cuáles serían los efectos sobre un núcleo urbano tan extenso, gran densidad de población, con numerosas vías, garajes y espacios subterráneos, muchas áreas de vaguadas y valles de arroyos ocupados por la ciudad y en el que la urbanización favorece la rápida escorrentía de las lluvias.

REFERENCIAS

AEMET - Departamento de producción (2023): *Informe sobre el episodio meteorológico de precipitaciones intensas ocasionadas por una DANA durante los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2023*. Disponible en https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/informe_dana_sep2023.pdf [web consultada en febrero de 2024].

CIZALLADURA Y VIENTO FUERTE EN EL AERÓDROMO DE CUATRO VIENTOS

WINDSHEAR AND STRONG WINDS IN CUATRO VIENTOS AIRPORT

Ricardo Torrijo Murciano⁽¹⁾, Alejandro Lomas González⁽²⁾

⁽¹⁾ AEMET, C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, rtorrijom@aemet.es

⁽²⁾ Asociación Meteorológica Española (AME), meteolomas@gmail.com

SUMMARY

Low-level wind shear (windshear) is one of the classic hazards for aviation. Low-level wind shear affecting aviation, according to ICAO, is especially important if it occurs in the lower layer, 500m. When there is neither a wind profiler nor a network of anemometers for wind shear detection, as is the case in most aerodromes, to determine what is happening in the lower layers can be difficult. In this article we are going to analyze the correlation between wind shear reports in the METAR (METAR is a periodic report) on wind conditions at Cuatro Vientos airfields) and strong wind gusts.

La cizalladura del viento en niveles (*windshear*) es uno de los clásicos peligros para la aviación. La cizalladura del viento en baja cota que afectan a la aviación, según la OACI es especialmente importante si se produce en la capa inferior, 500m.

La cizalladura puede afectar a los vientos horizontales o verticales. La cizalladura que afecta a los vientos horizontales puede a su vez producirse horizontal o verticalmente, tanto en intensidad como en dirección. Dicha cizalladura puede modificar la sustentación, por cambio de la velocidad relativa del aire respecto a la aeronave, o desviar el avión del rumbo de la pista (esto último a tener en cuenta en los aterrizajes). La cizalladura también puede afectar a las variaciones de la componente vertical del viento que encuentra la aeronave en su trayectoria. Está asociada a corrientes ascendentes o descendentes y puede afectar a la sustentación cambiando el ángulo de ataque del ala respecto al viento.

Estrictamente hablando los conceptos de cizalladura y de turbulencia son diferentes. Cuando hay turbulencia pura el avión sufre aceleraciones irregulares en los tres ejes, pero no hay que interaccionar con los mandos del avión. Por otro lado, con la cizalladura del viento se producen cambios bruscos de altitud o sustentación, pero sin sacudidas ni movimientos bruscos. La turbulencia es peligrosa en todos los niveles, mientras que la cizalladura es un fenómeno preocupante en niveles bajos.

Sin embargo, como turbulencia y cizalladura son fenómenos muy relacionados entre sí, ya que suelen presentarse muchas veces de forma conjunta, a veces son conceptos que se confunden entre ellos. Por ello, muchas veces, el término cizalladura se acaba convirtiendo en un cajón de sastre (Cubero, 2003).

Se pueden encontrar algunas discrepancias en relación con asociar cizalladura y vientos fuertes. Así, por ejemplo, según el boletín de información aeronáutica de Reino Unido 33/1997, la presencia de vientos fuertes y racheados debería alertar sobre cizalladura en niveles bajos. Sin embargo, según Cubero (Cubero, 2003), “*Los usuarios conocen perfectamente los efectos de la turbulencia asociada a los vientos racheados y no es necesario añadir las palabras de moda, cizalladura o windshear que, por supuesto, está presente como en cualquier fenómeno turbulento*”.

En este artículo vamos a analizar la correlación entre reportes de cizalladura en los METAR de Cuatro Vientos las y rachas de viento fuerte. Siendo conscientes de la dificultad de desligar otros posibles efectos relacionados con la turbulencia en los reportes, hay que ser consciente que, la emisión de dichos reportes muestra algún tipo de inconveniente serio en el vuelo que anima al piloto a reportar el incidente, y que es conveniente analizar.

Cuando no se dispone ni de perfilador de viento, ni de una red de anemómetros para la detección de cizalladura de viento, como sucede en la mayoría de los aeródromos, que permita determinar lo que está ocurriendo en las capas bajas, puede ser un fenómeno difícil de detectar. En este artículo vamos a analizar la correlación entre reportes de cizalladura en los METAR (El METAR es un informe periódico sobre las condiciones de viento en los aeródromos) de Cuatro Vientos las y rachas de viento fuerte. Siendo conscientes de la dificultad de desligar otros posibles efectos relacionados con la turbulencia en los reportes, hay que ser consciente que, la emisión de dichos reportes muestra algún tipo de inconveniente serio en el vuelo que anima al piloto a reportar el incidente, y que es conveniente analizar.



Figura 1 - Frecuencia de la dirección del viento cuando hay cizalladura (izquierda) y climatológica (derecha) durante el período 2012-2021 en el aeródromo de Cuatro Vientos.

REFERENCIAS

Cubero Robles, R. (2003): *La cizalladura descafeinada*. Revista del Aficionado a la Meteorología. 2003, 8. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/12094>

EL MAR DE FONDO DEL SUR EN CANARIAS

THE SOUTHERN SWELL IN THE CANARY ISLANDS

David Quintero Plaza⁽¹⁾, Irene Peñate De La Rosa⁽¹⁾, Eduardo Portillo Hahnefeld⁽²⁾,
Germán Rodríguez Rodríguez⁽³⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, DT Canarias. C/ Historiador Fernando de Armas 12, Las Palmas de Gran Canaria, España, dquinterop@aemet.es; ipenated@aemet.es

⁽²⁾ Instituto Tecnológico de Canarias. C/ Cebrián 3, Las Palmas de Gran Canaria, España, eportillo@itccanarias.org

⁽³⁾ Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, C/ Juan de Quesada 30, Las Palmas de Gran Canaria, España, german.rodriguez@ulpgc.es

SUMMARY

The phenomenon of the southern swell in the Canary Islands has its origin in austral latitudes, essentially vinculated with lows in the Southern Hemisphere. Waves arrive to the coasts of the Canary Islands with a combination of height and period that can transmit a lot of energy. Although in an absolute scale such energies do not reach the values of the deep lows in Northern Atlantic, the phenomenon is unexpected and it has a very unusual direction, so it creates personal and material damages in the Canary Islands. This work tries to make a description of the southern swell in the Canary Islands and show the behaviour of models, using data from wave models (ECWAM and AEWAM) along with data from a buoy of Puertos del Estado located at the south of the island of Tenerife.

El fenómeno del mar de sur en las islas Canarias tiene su origen en latitudes australes, esencialmente estaría vinculado con áreas de bajas presiones en el hemisferio sur. Las olas llegan a las costas de las islas Canarias con una combinación tal de altura y periodo que pueden transmitir mucha energía. Esta energía puede no ser especialmente alta en una escala absoluta, como por ejemplo si se la compara con las grandes bajas al norte del Atlántico, pero el fenómeno es inesperado y tiene una dirección (sur) muy inusual, así que crea daños personales y materiales en las islas Canarias. Este trabajo intenta describir el mar de fondo del sur en Canarias y mostrar el comportamiento de los modelos, usando para ello tanto datos de los modelos de olas (AEWAM y ECWAM) así como de la boya del sur de Tenerife de Puertos del Estado.

EVALUACIÓN EN SIMULACIONES A ESCALA SUB-KILOMÉTRICA DE ACTIVIDAD CONVECTIVA DE ALTO IMPACTO EN EL CONTEXTO DE LA INICIATIVA “DESTINATION-EARTH”

EVALUATING SUB-KILOMETRIC SIMULATIONS FOR HIGH-IMPACT CONVECTIVE ACTIVITY UNDER THE “DESTINATION-EARTH” INITIATIVE

Juan Jesús González-Alemán⁽¹⁾, Javier Calvo⁽¹⁾, Daniel Martín⁽¹⁾, Samuel Viana⁽¹⁾, Carlos Calvo-Sancho⁽²⁾, Pablo Fernández Castillo⁽³⁾

⁽¹⁾ Spanish State Meteorological Agency, Department of Development and Applications, Madrid, Spain. jgonzaleza@aemet.es

⁽²⁾ University of Valladolid, Faculty of Computer Engineering, Applied Mathematics, Segovia, Spain

⁽³⁾ CSIC, Instituto de Geociencias, Madrid, Spain

SUMMARY

Here we evaluate two different extreme convective events which left high societal impact in recent years, and which were really difficult to forecast. We use new HARMONIE-AROME model simulations at subkilometric resolutions to try to investigate if, at such resolution, their forecast can be improved and to better diagnose and understand the dynamics and behaviour of these phenomena. These simulations are done under the context of the Destination-Earth European Union Initiative.

Very high-resolution (sub-kilometric) simulations are becoming more and more frequent thanks to the increase of modelling knowledge and computational resources. Due to this fast progress, it then becomes essential to verify these simulations in the representation of high-impact convective weather. In this work, we evaluate this kind of simulations (500 m. of resolution) on two specific problems which are highly sensible to increasing resolution: A very high-impact static convective storm formed in front of Valencia (Spain) and a tropical-like cyclone (Medicane Ianos) over the Ionian Sea.

We evaluate these simulations, with special focus on the representation of convective activity and mesoscale dynamics, from an operational numerical weather prediction model in their research mode, the HARMONIE-AROME model under the Destination Earth On Demand Extremes initiative. HARMONIE-AROME is a convection-permitting model which belongs to ACCORD modelling community, and it's used operationally at AEMET and in some European countries. Thus, it becomes necessary to evaluate this model's behavior for very high-impact convective event forecasting, given also their expected worse impact with anthropogenic climate change.

The storm in Valencia produced heavy precipitation and reported the largest accumulation for one day in May for Valencia. The socioeconomic impact was also severe. This event had very low predictability in high-resolution convection-allowing models. The associated environment was not especially favourable to support convective activity, but the formation of low-level wind convergence may organize convective systems. Therefore, this storm is a challenge from a numerical modelling point of view. None of the national operational models over the region showed signals of convective activity with such features in the east of Spain. However, initial simulations at 500 m of resolution seems to be able to simulate the system.

Ianos was a rare Mediterranean tropical-like cyclone, behaving as a hurricane, that impacted the eastern Mediterranean on 17 and 18 September 2020, especially Greece, leaving severe damage. Operational forecasts of this event were not highly valuable, thus is it a highly recommended case study.

EVALUACIÓN DEL MODELO DE SUPERFICIE TERRESTRE NOAH-MP PARA LA SELECCIÓN DE ESQUEMAS DE PARAMETRIZACIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

EVALUATION OF NOAH-MP LAND SURFACE MODEL FOR SELECTING PARAMETERIZATION SCHEMES OVER THE IBERIAN PENINSULA

Nicolás Tacoronte⁽¹⁾, Matilde García-Valdecasas Ojeda^(1,2), David Donaire-Montaña⁽¹⁾,
Juan José Rosa-Cánovas⁽¹⁾, Emilio Romero-Jiménez⁽¹⁾, Yolanda Castro-Díez^(1,2),
María Jesús Esteban-Parra^(1,2) and Sonia R. Gámiz-Fortis^(1,2)

⁽¹⁾ Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, Granada, Spain.
nicotacor@ugr.es

⁽²⁾ Instituto Interuniversitario de Investigación Tierra en Andalucía (IISTA-CEAMA), Granada, Spain

SUMMARY

This study evaluates the effectiveness of the Noah-MP Land Surface Model integrated into the WRF v3.9.1 framework for high-resolution climate modeling across the Iberian Peninsula (IP), focusing on its parameter sensitivity for accurately depicting the region's varied climate conditions. The study uses the ERA5 reanalysis data to drive WRF simulations at two resolutions: a broader 50 km domain aligning with the Euro-CORDEX area and a more detailed 10 km domain concentrated on the IP. The methodology incorporates a preliminary spin-up phase consisting of 30-year simulations to ensure soil variable stability, followed by a series of 52 one-year experiments over 26 different parameter settings aimed to improve the model's precision for both wet and dry years. Critical parameters, including vegetation dynamics and soil heat transfer processes, are adjusted to determine their optimal configurations. This approach seeks to improve the model's capability in capturing the climate dynamics and land-atmosphere interactions processes in the IP.

For high-resolution climate modelling using coupled Land Surface Models (LSMs), selecting appropriate parameterization schemes is crucial for model accuracy, especially in regions with diverse climates and complex topography. This study embarks on an in-depth evaluation of the sensitivity of the Noah-MP LSM to various parameter combinations within the Weather Research and Forecasting (WRF) model v3.9.1 framework, specifically focusing on the Iberian Peninsula (IP). Using WRF configured in two distinct domains: the broader Euro-CORDEX area at 50 km of spatial resolution and a more detailed, nested domain centered on the IP at 10 km of spatial resolution, we aim to determine the most effective parameterization schemes to represent the climatic conditions of this region. The methodology involves different experiments from WRF driven by ERA5 reanalysis, leveraging different combinations of Noah-MP parameters to determine the optimal configuration for accurate climate simulation over the IP.

The research is structured around two fundamental phases: initial spin-up simulations to ensure that soil variables reach equilibrium, followed by specific experiments to select the most suitable Noah-MP parameters. As soil-related variables require a long spin-up period to reach their equilibrium [1, 2], this phase encompasses two 30-year simulations under consistent conditions with the decadal experiments, employing those parameters set in WRF Noah-MP by default. These simulations, guided by the procedure proposed in [3], are strategically chosen to include one dry and one wet year, reflecting contrasting climatic conditions to be thoroughly examined in subsequent analyses for years 2005 and 2010, considered as dry and wet years, respectively, in the IP.

In the next phase, we carried out 52 1-year simulations from 26 different combinations of parameters for each climate scenario (wet year and dry year), meticulously analyzing variations in the representation of precipitation and minimum and maximum temperature. We incorporated a variety of WRF configurations from previous studies [4, 5], focusing on specific parameter settings including dynamic vegetation, canopy resistance, soil heat transfer and others. This comprehensive evaluation aims to enhance the understanding and selection of parameterization schemes and ultimately improve the performance of the NOAH-MP model in accurately representing the climate dynamics of the IP. This is particularly relevant as the IP is a transitional region where land-atmosphere interactions are especially significant.

REFERENCES

- Chang, et al. (2020): *An optimal ensemble of the Noah-MP land surface model for simulating surface heat fluxes over a typical subtropical forest in South China*. Agric. For. Meteorol., 281, p. 107815
- Chang, et al. (2020): *Improvement and Impacts of Forest Canopy Parameters on Noah-MP Land Surface Model from UAV-Based Photogrammetry*. Remote Sens. 12, 4120
- Hu, et al. (2023): *Sensitivity analysis of the Noah-MP land surface model for soil hydrothermal simulations over the Tibetan Plateau*. JAMES, 15, e2022MS003136.
- Khodayar, et al. (2015): *Sensitivity of soil moisture initialization for decadal predictions under different regional climatic conditions in Europe*. Int. J. Climatol, 35: 1899-1915.
- Rosa-Cánovas, et al. (2020): *An Assessment of the Spinup Time for Soil Moisture over the Iberian Peninsula by Using a Regional Climate Model*. In 100th American Meteorological Society Annual Meeting. AMS, Boston, USA 2020

Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado en el marco del proyecto PID2021-126401OB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER Una manera de hacer Europa.

INCERTIDUMBRES EN LA PREDICCIÓN DEL HURACÁN LESLIE: CASO DE ESTUDIO CON EL MODELO MPAS

UNCERTAINTIES IN THE FORECAST OF HURRICANE LESLIE: CASE STUDY WITH THE MPAS MODEL

Mauricio López-Reyes^(1,2), J.J. González-Alemán⁽³⁾, M. Martín-Pérez^(4,5), C. Calvo-Sancho⁽⁴⁾, P. Bolgiani⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Av. Vallarta 2602, Guadalajara, México

⁽²⁾ Departamento de Física y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid, Plaza. de Ciencias 1, Madrid, España, murilop@ucm.es

⁽³⁾ Agencia Estatal de Meteorología, C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, España, jgonzaleza@aemet.es

⁽⁴⁾ Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Valladolid, Pl. del Colegio de Santa Cruz 8, Valladolid, España, mlmartin@uva.es

⁽⁵⁾ Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI), Universidad Complutense de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Plaza de Ciencias 1, Madrid, España

SUMMARY

Hurricane Leslie made landfall in the Iberian Peninsula in 2018. Leslie was a system with several tropical and extratropical transitions, as well as a system with high uncertainty in the forecasts. Leslie's interaction with a trough showed that difficulties still exist in cyclone forecasting, particularly in complicated synoptic settings. Using high-resolution simulations with MPAS model find notable differences in Leslie's path depending on different initial conditions. This work emphasizes the critical role that initial conditions play in forecasting and highlights the better performance of the ECMWF data assimilations system.

En 2018 el huracán Leslie fue un sistema que impactó la Península Ibérica caracterizado por tener una larga vida sinóptica, diversas transiciones tropicales y extratropicales, así como una alta incertidumbre en la predicción de la trayectoria e intensidad (López-Reyes et al., 2023). Aunque el pronóstico de la trayectoria de los ciclones tropicales (CT) ha experimentado avances significativos en las últimas décadas (NHC, 2020), aún existen desafíos notables, especialmente bajo ciertas condiciones sinópticas. Por ejemplo, durante su fase de transición extratropical (TE), Leslie interactuó con una vaguada, lo que demostró cómo pequeñas variaciones en las condiciones iniciales (CI) pueden crecer rápidamente la incertidumbre en las predicciones, incluso a corto plazo. Esto fue evidente en los errores de pronóstico de modelos globales importantes como el Global Forecast System (GFS) del National Center for Environmental Prediction y el Integrated Forecast System (IFS) del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, cuyas predicciones mostraron alta incertidumbre en la fase final del huracán Leslie.

En este trabajo se presentan los resultados principales de dos simulaciones realizadas con el modelo global de alta resolución: Model for Prediction Across Scales (MPAS; detalles en Skamarock et al., 2012) bajo las mismas configuraciones, pero con distintas CI. Las simulaciones 1 y 2 (S1 y S2) usan las CI operativas del IFS y GFS respectivamente. Los campos de CI se obtienen por medio de los métodos de asimilación de datos de cada uno de los modelos globales. Por un lado, el GFS utiliza el método 3D-var llamado Global Data Assimilation System (GDAS; NCEI, 2023) mientras que el IFS obtiene las CI a partir del método 4D-var (ECMWF, 2023b). Detalles sobre los modelos y la configuración de las simulaciones en López-Reyes et al. (2023).

La inicialización de las simulaciones se realiza a las 0000 UTC del 13 de octubre de 2018. Se utiliza un algoritmo en Python usando la presión media a nivel del mar para determinar la posición del centro del huracán Leslie en ambas simulaciones. Para determinar el comportamiento del flujo sinóptico en niveles altos, se utiliza el concepto de temperatura potencial en la tropopausa dinámica ($\theta - PV$) asociado con la vorticidad potencial (PV ; Hoskins et al., 1985; Ec. 1) a una altura de 2 PVU¹,

$$PV = -\frac{g}{\rho}(\xi_{\theta} + f)\frac{\partial \theta}{\partial p} \quad (1)$$

¹ Unidades de vorticidad potencial: 1 PVU = 10⁻⁶ Km²kg⁻¹s⁻¹.

donde θ es la temperatura potencial, ρ la densidad, $\xi_\theta + f$ la suma de la vorticidad relativa más la planetaria, respectivamente y $\partial\theta/\partial p$ representa el parámetro de estabilidad.

Se utiliza la desviación estándar y el error cuadrático medio para evaluar el desempeño de las simulaciones comparado con las observaciones de trayectoria e intensidad del Centro Nacional de Huracanes (NHC; Pasch and Roberts, 2019).

La trayectoria del huracán Leslie en S1 es muy cercana a las observaciones del NHC (Figura 1a). A 24 h de la inicialización el error en la posición de Leslie en S1 es de 70 km. Por otro lado, en S2 Leslie tiene un desplazamiento más zonal. En S2, error en la posición crece rápidamente superando 300 km a 24 h de la inicialización (Figura 1a). Esto sugiere que, el flujo sinóptico tiene una configuración distinta a la de S1, particularmente de vaguada en niveles medios y altos. Como se comprueba en López-Reyes et al. (2023), la amplitud y velocidad de propagación de la vaguada con la que interacciona Leslie es diferente entre las simulaciones. En S1 la vaguada se desplaza más lento que en S2 (Figura 1b), esto permite que el sistema Leslie se enganche en la zona de divergencia a la derecha de la vaguada y la desplazara hacia la Península Ibérica, tal y como ocurre en la realidad. De la misma manera, la posición de Leslie respecto de la vaguada favorece que Leslie entre en un proceso de TE con una intensificación adicional antes de tocar tierra en Portugal.

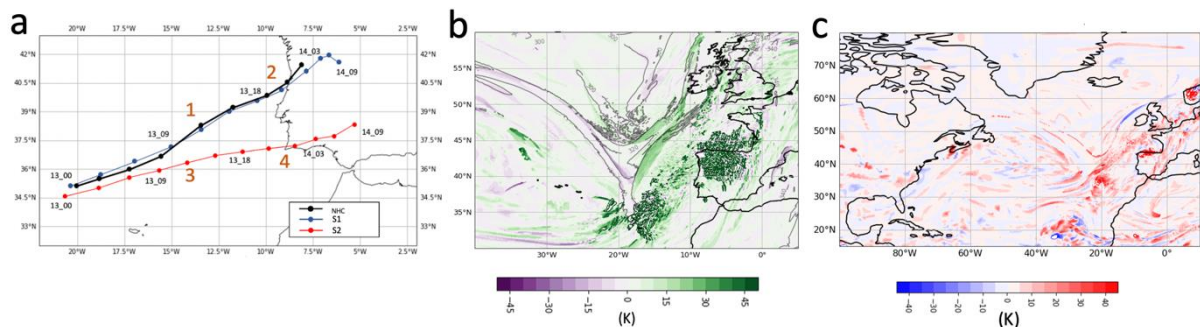


Figura 1 – (a) Trayectorias de Leslie S1 (azul), S2 (rojo) y trayectoria del NHC (negro); (b) diferencias de θ (S1–S2; sombreado) y (S1; contornos) a las 0000 UTC del 14 de octubre y (c) diferencias de las CI de θ (S1–S2; sombreado). Figuras adaptadas de López-Reyes et al. (2023).

Debido a que la única diferencia entre las simulaciones fueron las CI, estas son las causantes de las diferencias en las trayectorias de Leslie, en la Figura 1c se presentan las diferencias entre las CI (S1–S2) para θ , se observa el predominio de valores más altos de θ en S1 en la vaguada. Además, se muestra una región con diferencias positivas notables alrededor de -60°O y 45°N , donde el huracán Michael está en un proceso de TE. Casos particulares donde hay liberación de calor latente corriente arriba (p.ej., con un CT) modifican el flujo y reducen la predictibilidad corriente abajo (Keller et al., 2019) aumentando la incertidumbre en los pronósticos.

Aunque en las últimas décadas se han mejorado notablemente los pronósticos de trayectoria de CT, bajo condiciones particulares (como en este estudio) en las que la predictibilidad es baja, tener buenas CI contribuye a mejorar los pronósticos, tal y como se demuestra en el caso de la simulación S1 con las probadas ventajas del 4D-var.

REFERENCIAS

- European Center for Medium-Range Weather Forecasts (2023b): *Implementation of IFS Cycle 45r1. Changes to the Forecasting System*. <https://confluence.ecmwf.int/display/FCST/Implementation+of+IFS+cycle+45r1>.
- Keller, J.H., et al. (2019): *The Extratropical transition of Tropical Cyclones*. Part II. Mon. Weather Rev. 147 (4), 1077–1106. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0329.1>.
- López-Reyes, M., et al. (2023): *On the impact of initial conditions in the forecast of Hurricane Leslie extratropical transition*. Atmos. Res., 295, 107020.
- National Center Environment Information. (2023): The Global Forecast System. https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical_forecast_systems/gfs.php.
- Pasch, R.J., Roberts, D.P. (2019) : *Hurricane Leslie (AL132018)*. National Hurricane Center. Tropical Cyclone Report.
- Skamarock, W.C., et al. (2008): *A Description of the Advanced Research WRF Version 3 (no. NCAR/TN- 475+STR)*. University Corporation for Atmospheric Research. <https://doi.org/10.5065/D68S4MVH>.

MODELIZACIÓN A MESOESCALA DE LA METEOROLOGÍA, CLIMA Y ESTRÉS TÉRMICO URBANO

SIMULATION OF URBAN METEOROLOGY, CLIMATE AND HEAT STRESS AT THE MESOSCALE

Beatriz Sanchez⁽¹⁾, Alberto Martilli⁽¹⁾, Isabel Sáez Teruel⁽²⁾, Fernando Martín⁽¹⁾,
José Luis Santiago⁽¹⁾, Esther Rivas⁽¹⁾, Carlos Yagüe⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Medioambiente, CIEMAT, Avenida Complutense 40, Madrid, Spain,
Beatriz.Sanchez@ciemat.es

⁽²⁾ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid,
Madrid, Spain

SUMMARY

Urban areas influence the local meteorology and climate, and these atmospheric changes affect population heat exposure. The objective of this work is to present the capabilities of a meteorological mesoscale model to simulate heat exposure across the city of Madrid accounting for urban structure effects. The results indicate that air temperatures can give only a partial representation of the heat stress to which people are exposed, and more comprehensive thermo-physiological heat stress indices, like the Universal Thermal Climate Index (UTCI), are needed.

Urban areas influence the local meteorology and climate in many ways:

- (i) The presence of a large amount of impervious surfaces reduces the space available for vegetation, diminishing the cooling evaporative processes and latent heat fluxes.
- (ii) The geometry of urban structures blocks outgoing radiation, reducing the nocturnal cooling.
- (iii) Urban materials have typically lower albedo and greater heat capacity than rural areas, storing more energy during daytime and slowly releasing it during nighttime.
- (iv) Human activities, such as transportation and building climate control, release heat to the atmosphere.
- (v) Buildings modify the airflow and momentum exchange within cities, and in turn affect the exchanges of heat between the surfaces and the air.

The most notorious effect of these features is the Urban Heat Island (UHI) (Oke 1982), that occurs due to differences in the rural and urban energy budgets, whereby urban regions experience warmer air temperatures than their rural surroundings, especially at night (Oke et al. 2017). The magnitude of these effects is continuously increasing due to urbanization, and, combined with climate change, has increased, and will increase in the future, growing the heat exposure for citizens. This urban overheating is one of the main challenges that cities are facing as it entails significant negative impacts on human health. Thermal exposure is determined by physiological responses that lead to human heat stress. Apart from air temperatures, humidity, wind and radiation are other relevant factors that modulate the amount of heat human beings exchange with the air. The close relationship of human physiological response to the thermal component of these atmospheric changes requires estimating a comprehensive thermo-physiological heat stress index (e.g., Universal Thermal Climate Index (UTCI)) to assess population heat exposure.

The objective of this work is to present the capabilities of a meteorological mesoscale model to simulate heat exposure across the city of Madrid accounting for urban structure effects. The model used is the Weather Research and Forecasting (WRF) model adapted to simulate urban structure effects through a multilayer Building Effect Parametrization (BEP) and Building Energy Model (BEM) (Martilli 2002, Salamanca et al. 2010). The urban canopy model BEP+BEM scheme is a sophisticated approach that separately solves energy budgets from roofs, walls, and roads, accounting for radiation trapping and shadowing in the street canyons. Additionally, the simple BEM scheme allows estimating building energy consumption for air conditioning and heating, and anthropogenic heat fluxes, making possible the study of the feedbacks between climate and energy use. The latest developments incorporated in the BEP+BEM parameterization provide the opportunity to estimate impacts for two of the most popular adaptation/mitigation strategies, namely green roofs and rooftop solar panels (Zonato et al. 2021), and heat stress indexes (e.g. UTCI) along with their sub-grid variability at the city scale (WRF-comfort, Martilli et al.

2024). Modelling urban atmosphere using WRF BEP+BEM requires accurate information of the city's extension and urban morphological parameters (e.g. building heights and building packing density) of Madrid (Figure 1).

To illustrate the capabilities of the model, a heatwave event in July 2022 is simulated in Madrid. With the model results, maps of heat stress (UTCI index in Figure 2b-c) can be produced for the city of Madrid, in addition to classical temperature maps (Figure 2a). The results indicate that air temperature can give only a partial representation of the heat stress to which people are exposed, and more complete indices like UTCI are needed.

The main applications of this type of modelling are 1) extreme heat forecasts that can be used to release warning to the population, and 2) evaluation of the effectiveness of heat mitigation strategies, for example, green roofs and cool roofs. Both applications are expected to be increasingly useful in the near future for Spanish cities.

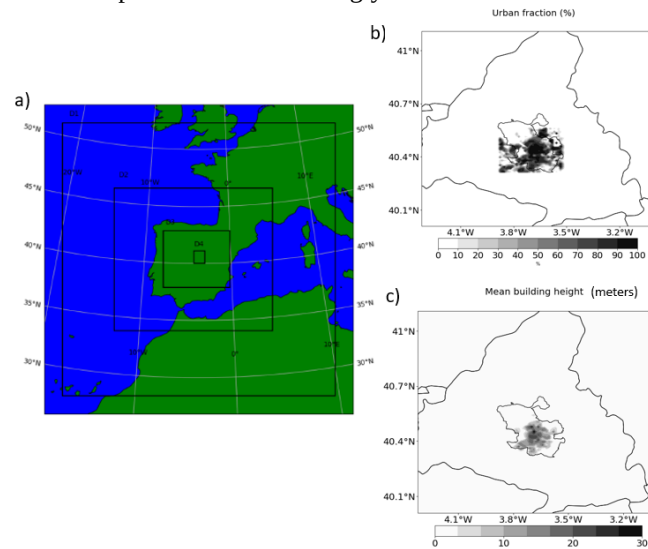


Figure 1 - a) The four domains used in the WRF simulations with 27, 9, 3, and 1 km horizontal resolution, b) the urban fraction, and c) the horizontal fraction occupied by building and mean building height for Madrid.

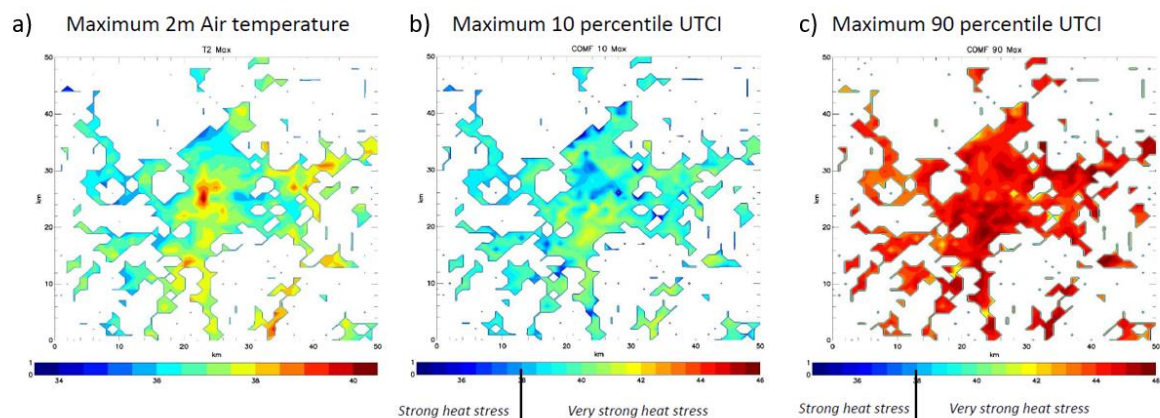


Figure 2 - a) Maximum 2-m air temperature in Madrid during a heat wave, b) maximum UTCI for the cool spot (10th percentile) in each grid cell and c) maximum UTCI for the hot spot (90 percentile) each grid cell.

REFERENCES

- Martilli, A., Clappier, A., Rotach, M. W. (2002): *An urban surface exchange parameterisation for mesoscale models*. Boundary Layer Meteorol., 104, 261-304. <https://doi.org/10.1023/A:1016099921195>
- Martilli, A. et al. (2023): *WRF-Comfort: Simulating micro-scale variability of outdoor heat stress at the city scale with a mesoscale model*. EGUsphere, 1-30. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1069>
- Oke, T. R. (1982): The energetic basis of the urban heat island. Q. J. R. Meteorol. Soc., 108(455), 1-24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Oke T. R. et al. (2017): *Urban Climates*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
- Salamanca, F. et al. (2010): *A new building energy model coupled with an urban canopy parameterization for urban climate simulations—part I. formulation, verification, and sensitivity analysis of the model*. Theor. Appl. Climatol., 99, 331-344. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0142-9>
- Zonato, A. et al. (2021): *Exploring the effects of rooftop mitigation strategies on urban temperatures and energy consumption*. Theor. Appl. Climatol. (Atmospheres), 126(21), e2021JD035002 <https://doi.org/10.1029/2021JD035002>

PASADA DE NOWCASTING EN AEMET

AEMET'S NOWCASTING SUITE

Jose M. Perez de Gracia⁽¹⁾, María Díez⁽²⁾, Javier Calvo⁽³⁾

⁽¹⁾ AEMET, Madrid, España, jperezdegraciad@aemet.es

⁽²⁾ AEMET, Madrid, España, mdiezm@aemet.es

⁽³⁾ AEMET, Madrid, España, fcalvos@aemet.es

SUMMARY

Nowcasting is an area of deep interest and development right now in the meteorological community. The object of this communication is to present the nowcasting suite that has been developed at AEMET. The differences between this suite and the low resolution operational run are highlighted. In general, the results are encouraging and similar to the developments among other meteorological centers.

El nowcasting consiste en el uso de técnicas y métodos científicos para realizar predicciones a muy corto plazo (0-6 horas). Durante el rango 1-2 horas se pueden extrapolar las observaciones pero generalmente en el rango 2-6 horas se obtienen mejores resultados con los modelos atmosféricos de predicción. AEMET integra operativamente una versión de HARMONIE-AROME orientada a la predicción inmediata. El sistema realiza predicciones que actualiza cada hora con alcance de predicción de 12 horas. Para poder disponer de las predicciones de forma rápida (en menos de 1 hora respecto a la hora nominal del análisis), el sistema espera menos tiempo por las observaciones (23 minutos) lo que se compensa parcialmente por el mayor número de análisis diarios (24 frente a los 8 de la suite operativa estándar). Además, el sistema de *nowcasting* aumenta la resolución horizontal hasta 1.25 km frente a los 2.5 km de la suite estándar. La combinación de las predicciones iniciadas en las últimas horas permite construir un ensemble “de hombre pobre” en el rango 1-6 horas para poder evaluar la predictibilidad de la situación meteorológica.

La verificación muestra la mejora de las predicciones en el muy corto plazo sobre todo debido a poder disponer de las predicciones mucho más rápidamente. Creemos que el sistema puede jugar un papel muy importante en el Sistema Nacional de Predicción especialmente por su impacto en la predicción de Avisos Meteorológicos y la mejora de la seguridad en distintos sectores.

El sistema está en desarrollo y en el futuro puede mejorar con el aumento de las observaciones asimiladas (AMVs, MTG por ejemplo), con la mejora del tratamiento de los datos existentes para mejorar su calidad (modelos, radar y GNSS GPS) y con la disminución del *spinup* en los primeros momentos de la predicción.

Por otra parte, se espera que este sistema de predicción numérica pueda ser combinado con los sistemas de extrapolación de las observaciones para obtener un sistema “sin costuras” en el rango 0-6.

PRESENTE Y FUTURO DE LOS SISTEMAS DE NOWCASTING EUROPEOS

PRESENT AND FUTURE OF EUROPEAN NOWCASTING SYSTEMS

Luis María Bañón Peregrín

Agencia Estatal de Meteorología, España lbannonp@aemet.es

SUMMARY

According to the WMO, nowcasting is considered as forecasting with local detail, by any method, over a period from the present to 6 hours ahead, including a detailed description of the present weather, and is the last line of defense in the prediction of severe phenomena. Traditionally, each National Meteorological and Hydrological Service, NMHS, has approached nowcasting techniques and systems differently. Since 2013, EUMETNET, a consortium of European NMHSs, has promoted a program, called E-NWC, for exchanging experiences and knowledge in nowcasting. This presentation, led by a member of the E-NWC Expert Team, explores diverse strategies employed in nowcasting systems, both those aimed at convective objects and those aimed at fields, either from radar, satellites or lightning detectors. The discussion concludes by reviewing the advancements in seamless nowcasting systems currently under development within different NMHSs.

La predicción meteorológica inmediata, o nowcasting, es, según la Organización Meteorológica Mundial (WMO, en sus siglas en inglés), la predicción del tiempo con carácter local de las primeras 6 horas, por cualquier método, e incluyendo una descripción detallada del estado actual del tiempo, (WMO. No. 1198). Este tipo de predicciones están altamente basadas en las observaciones meteorológicas intensivas, como radar, satélites, o detectores de descargas eléctricas, y suponen una “línea de defensa” vital en la protección de vidas y bienes ante el impacto del tiempo severo, complementando las predicciones a más largo plazo (Sugier, 2019).

En el entorno europeo, el desarrollo de modelos numéricos de predicción del tiempo se ha llevado a cabo a través de consorcios formados por diferentes Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales, SMHN, aunando esfuerzos y, posteriormente, adaptando los modelos a sus respectivas áreas de responsabilidad. Sin embargo, tradicionalmente, cada SMHN ha abordado el nowcasting con técnicas y sistemas con parecidos fundamentos, pero con muy diferentes resultados (Bojinsky, 2023).

EUMETNET, una red de 33 SMHN europeas impulsó en 2013 el programa inicial *Nowcasting Activity* como plataforma de cooperación e intercambio de experiencias y conocimientos en nowcasting. A partir del 2014, el programa se formalizó con el nombre *ASIST*, añadiendo como objetivo la coordinación en desarrollos, investigación y evaluación de sistemas de nowcasting. En 2019, con el nombre de *Eumetnet Nowcasting Programma*, E-NWC, el programa amplió su interés a los sistemas de predicción sin costuras. Entre las tareas del programa E-NWC figura la recopilación de técnicas y sistemas de nowcasting, así como las herramientas sin costuras, que ensamblan la extrapolación de la observación con los campos previstos por los modelos numéricos (Figura 1). Además, con carácter bianual, el programa organiza la Conferencia Europea de Nowcasting, donde se exponen, entre otros aspectos, nuevas técnicas y sistemas de nowcasting.

En la presentación, liderada por un miembro del Equipo de Expertos de E-NWC, se revisarán las diferentes estrategias usadas por los distintos SMHN en los sistemas de nowcasting, según estén orientadas a la identificación, seguimiento y extrapolación de tormentas, tratadas como objetos convectivos, identificados por los radares, por los satélites, o por los detectores de descargas eléctricas, o bien estén orientadas a la extrapolación de todo el campo radar o satélite. Se hará distinción de las herramientas de carácter más determinista de aquellas que exploran la incertidumbre en el nowcasting. Se mostrarán algunas soluciones singulares en los sistemas de nowcasting, como el cálculo de probabilidades de severidad asociada a objetos convectivos utilizando técnicas MOS (*Model Output Statistic*), o el uso de análogos para extrapolar el campo radar de manera probabilística sobre zonas montañosas.

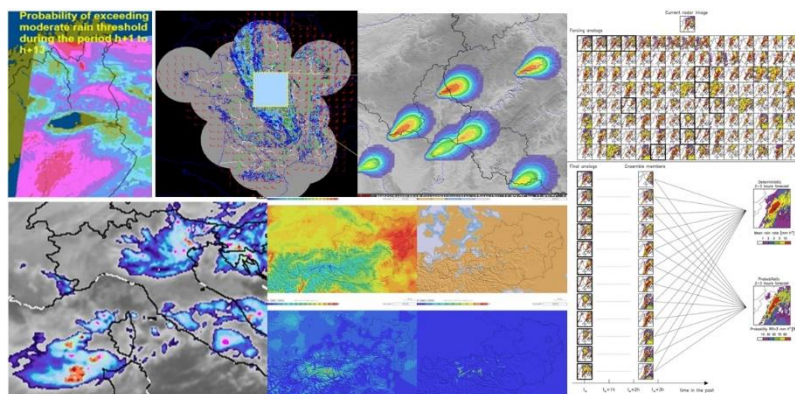


Figura 1 – Sistemas de nowcasting en varios SMHN europeos. De arriba abajo y de izquierda a derecha: RAVAKE del FMI, 2PiR de Mètèo-France, CellMOS del DWD, NORA de MeteoSwiss, NEFODINE de Aeronautica Militare Italia, e INCA de Geosphere.

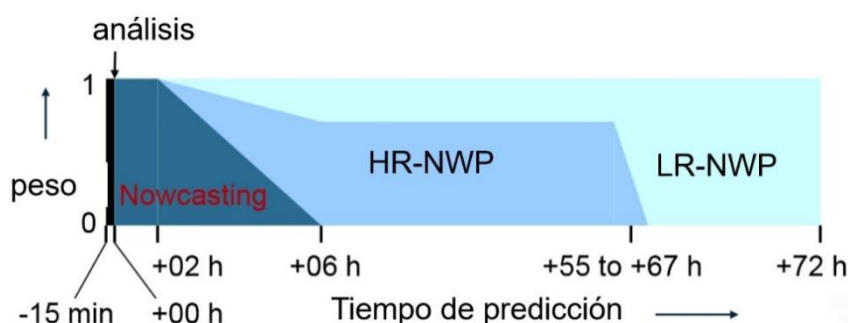


Figura 2 – Modelo conceptual de un sistema sin costuras. Algunas de las variables son extrapoladas directamente durante los primeros minutos (en este caso 2 horas), para después ir combinándose con los valores previstos por el modelo de alta resolución (HR-NWP), y posteriormente con el de menor resolución y más largo alcance (LR-NWP). Imagen adaptada del sistema INCA de Geosphere.

Para finalizar, se presentarán brevemente los sistemas sin costuras, cuyo fundamento muestra la Figura 2, que están desarrollando algunos de los SMHN europeos. Estas nuevas herramientas acompañan la incertidumbre a través de todos los rangos de predicción, desde la misma observación, a la extrapolación y a la predicción de los modelos de *ensembles*.

En resumen, el objeto de la presentación es ofrecer una perspectiva de los enfoques que sobre el nowcasting hacen los distintos SMHN.

REFERENCIAS

- Bojinski, S. et al. (2023): *Towards nowcasting in Europe in 2030*. Meteorological Applications. <https://doi.org/10.1002/met.2124> E-NWC - Eumetnet
- Haiden, T. et al. (2011): *The Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) system and its validation over the Eastern Alpine region*. Weather Forecasting, 26(2), 166-183.
- Heinonen, M. et al. (2013): *Improved wet weather wastewater influent modelling at Viikinmäki WWTP by on line weather radar information*, Water Sci. Technol., 68 (3) 499-505; DOI: 10.2166/wst.2013.213.
- Panziera, L. et al. (2011): *NORA–Nowcasting of Orographic Rainfall by means of Analogues*. Q. J. R. Meteorol. Soc. 137: 2106–2123. DOI:10.1002/qj.878
- Sugier, J. (2019): EMN/STAC19/Doc3, “EUMETNET Observation CA Research & Development Plan”, 29th Oct 2019.
- WMO (2017): *Guidelines for Nowcasting Techniques*. No 1198.

SINGULARIDAD PLUVIOMÉTRICA DE GRAZALEMA

GRAZALEMA PLUVIOMETRIC SINGULARITY

Carlos Manuel Jiménez Caveró⁽¹⁾, David Momblona Montiel⁽¹⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, DT en Aragón,

cjimenezc@aemet.es, dmomblonam@aemet.es

SUMMARY

Grazalema mountain range constitutes a rainfall singularity in the entire national territory. It is located halfway between the provinces of Cádiz and Málaga, with altitudes up to 1600 meters, in an environment of great beauty and natural wealth, where the orographic enhancement of precipitation plays a key role in the rainfall totals amounts. This study shows a brief review of the main climatological features of Grazalema, based on the information available in the AEMET National Climatological Database. Next, we intend to carry out a brief analysis of what the typical meteorological situations are like that enable episodes in which several hundred liters are measured in 24 hours, and that can sometimes reach 1000 liters weekly. Also, a brief review of recent study cases and the behavior of numerical prediction models is intended. It is, therefore, a descriptive work whose conclusions can be useful in operational weather forecast since these episodes still constitute an important challenge for numerical weather prediction models.

Grazalema constituye una singularidad pluviométrica, no solo del sur peninsular, sino de todo el territorio nacional. Desde hace décadas es conocida por ser una de las localidades más lluviosas a nivel nacional. Se halla ubicada en la sierra del mismo nombre, a caballo entre las provincias de Cádiz y Málaga, a 900 metros de altitud, en un entorno de gran belleza y riqueza natural. De igual forma se sitúa en la frontera imaginaria entre las vertientes atlántica y mediterránea peninsular, pero con una peculiaridad: la citada frontera se encuentra muy próxima a ambos mares, y por tanto, muy cerca de la principal fuente de humedad.

Todos estos rasgos la caracterizan y la definen, y cada uno de ellos aporta su grano de arena para que la localidad destaque de manera excelsa en el pódium pluviométrico nacional. En este trabajo se muestra un breve repaso de los principales rasgos climatológicos de la localidad, en base a la información disponible en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET. A continuación, se pretende realizar un breve análisis de cómo son las situaciones meteorológicas tipo que facilitan que se den episodios de precipitación en los que se llegan a medir varios cientos de litros en 24 horas, y que en ocasiones pueden llegar a alcanzar los 1000 litros semanales. He aquí donde radica la mayor singularidad pluviométrica de Grazalema en comparación con otros puntos: el fuerte gradiente pluviométrico con el resto de localidades próximas, puesto que es habitual que en este tipo de episodios se registren valores de precipitación dos órdenes de magnitud superiores al resto.

Para tratar de obtener un modelo conceptual básico, riguroso y útil para diagnosticar adecuadamente tales situaciones, primero se muestra cuál es el contexto sinóptico apropiado y, a continuación, se analizan desde el punto de vista mesoescalar otros detalles no menos importantes, y que aportan un plus en el realce orográfico de precipitación que se produce en el entorno de Grazalema. Por último, se pretende hacer un breve repaso a casos prácticos recientes y al comportamiento de los modelos numéricos de predicción.

Se trata, por tanto, de un trabajo descriptivo, basado en datos climatológicos y también en el análisis de episodios meteorológicos concretos, cuyas conclusiones pueden ser de utilidad en la predicción operativa. También se pone de manifiesto que para los modelos numéricos de predicción del tiempo, la variable de precipitación prevista en este tipo de episodios, y en el entorno de Grazalema, todavía constituye un reto importante.

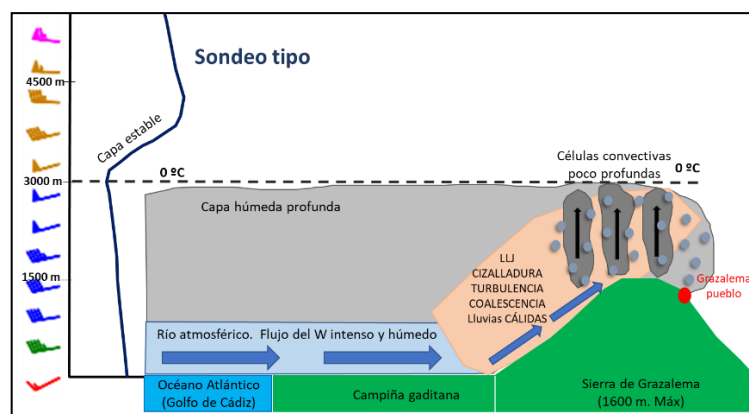


Figura 10 - Modelo conceptual de realce orográfico de precipitación propuesto.

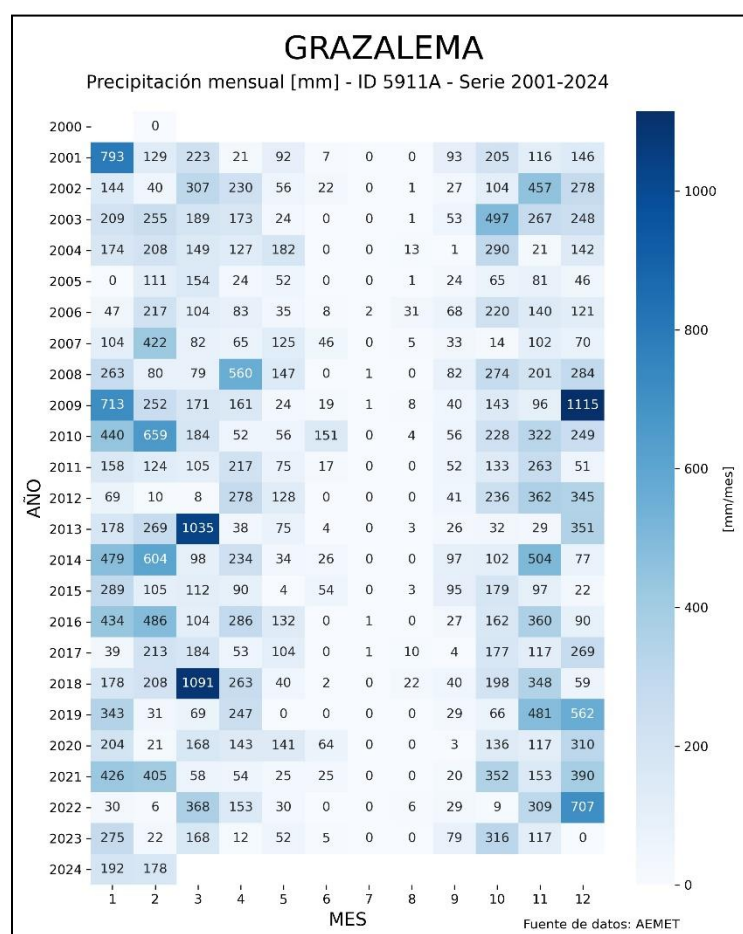


Figura 11 - Precipitación mensual de la Estación Meteorológica Automática de Grazalema (AEMET).

REFERENCIAS

- Dolan, B. et al. (2017): *Primary Modes of Global Drop Size Distributions*.
https://journals.ametsoc.org/view/journals/atms/75/5/jas-d-17-0242.1.xml?tab_body=pdf
- Doperto, M. (1927): *Las lluvias orográficas. Aplicación a la sierra de Grazalema*.
<https://www.divulgameteo.es/uploads/Lluvias-orogr%C3%A1ficas-Doperto.pdf>
- Jansá, A. (1971): *Investigación del máximo pluviométrico de España peninsular*.
 Revista de Geofísica. <https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/M%C3%A1ximo-pluviom%C3%A9trico.pdf>
- López, L. et al. (1989): *Estudio de una situación atmosférica con intensa circulación zonal en la sierra de Grazalema (Cádiz)*. Primer Simposio Nacional de Predictores del INM.
https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/3546/1/1Sim_Pred_01.pdf

TRAM: EL NUEVO MODELO NUMÉRICO DE METEO-UIB ADECUADO PARA TODO TIPO DE PREDICCIONES ATMOSFÉRICAS REGIONALES

TRAM: THE NEW NUMERICAL MODEL OF METEO-UIB SUITED FOR ALL KINDS OF REGIONAL ATMOSPHERIC PREDICTIONS

Romualdo Romero

Grupo de Meteorología, Departamento de Física, Universidad de las Islas Baleares (UIB)
Palma de Mallorca, Spain. romu.romero@uib.es

SUMMARY

A new limited-area numerical model, TRAM (Triangle-based Regional Atmospheric Model), has recently been developed at Meteo-UIB. The model utilizes a nonhydrostatic and fully compressible (NHFC) version of the Navier-Stokes equations and incorporates numerous original characteristics. In this work, it is presented and validated through numerous 2D and 3D tests. TRAM performs as well as state-of-the-art models and is suitable for simulating circulations ranging from small-scale thermal bubbles to synoptic-scale baroclinic cyclones, including orographic circulations, thermally driven flows, squall lines, supercells, all kinds of precipitation systems, and medicanes. Besides opening a myriad of academic and research applications, TRAM regional forecasts at different resolutions are available at <https://meteo.uib.es/tram>

At the project's inception several years ago, our goal was to develop a novel atmospheric numerical model from scratch, encompassing a wide range of time-space scales. Encouraged by the consistently positive results achieved at every stage of model-building — steps precisely outlined and discussed in this talk — we successfully created a state-of-the-art numerical model, significantly enhancing the modeling capabilities of Meteo-UIB.

The incorporation of the NHFC dynamical set with minimal simplifications, advanced numerical integration methods, and intermediate-complexity physical parameterizations resulted in a versatile modeling system. TRAM is well-suited to simulate processes spanning from thermal bubbles to extratropical baroclinic cyclones — circulations differing in size and life cycle by several orders of magnitude.

The model accurately represents a full spectrum of atmospheric waves, flow perturbations, and instability types, linked to both internal dynamics and external factors such as orography. TRAM can effectively simulate circulations associated with differential heating, including phenomena like sea/land breezes and slope/valley winds, as well as cyclonic disturbances, encompassing tropical-like cyclones. Moreover, the model captures the diverse facets resulting from atmospheric moisture, highlighting its crucial role in the genesis of high-impact convective and mesoscale weather systems (e.g. Fig. 1).

Key Technical Characteristics of TRAM are:

1. **Dynamical Core:** The model employs a classical NHFC version of Euler's equations for the atmosphere, predicting three velocity components and perturbations of Exner pressure and potential temperature. Although not in flux-form, this formulation is suitable for short- to medium-range weather predictions. No explicit filters are required to control numerical instabilities.
2. **Spatial Representation:** TRAM uses a mesh of equilateral triangles in the horizontal (3D version of the model), with no staggering of variables. Horizontal advection avoids dimensional splitting and employs the Reconstruct-Evolve-Average (REA) strategy with the MC slope limiter.
3. **Vertical Coordinate:** The classical height coordinate is used in the vertical with arbitrary stretching of computational levels, allowing higher resolution in the Planetary Boundary Layer (PBL). The fields are not staggered vertically, and a one-dimensional REA method is used for advection. A proper treatment of terrain slopes and bottom BCs allows to correctly incorporate the effects of the complex orography.
4. **Time Integration:** Time splitting is applied, with a short timestep for fast terms (e.g., gravity waves and acoustic modes) and a longer timestep for slow terms (e.g., advection). Second-order Runge-Kutta (RK2) is used for fast terms, and semi-implicit solving in the vertical relaxes the CFL stability condition.
5. **Physical Parameterizations:** TRAM is fully coupled with up to six water species, incorporating realistic parameterizations for cloud microphysics, cumulus convection, radiation, PBL processes, and surface fluxes. Moist effects on pressure and thermodynamics are retained.

6. Earth Representation: Applications on the real Earth use the Lambert map projection, retaining all Coriolis and curvature terms in the equations.

While TRAM has achieved crucial milestones, there are areas for further development. Enhancing the complexity and options of physical schemes, implementing data assimilation methods, and allowing nested domains with varying resolutions are ongoing considerations. Despite its continuous evolution, TRAM is already being utilized for educational and research activities at Meteo-UIB, demonstrating its effectiveness in investigating synoptic and mesoscale mechanisms. Real-time applications, available to the public and stakeholders at <https://meteo.uib.es/tram>, serve as a valuable testbed for assessing the model's performance across different scales and weather situations. Continuous improvements, testing, and debugging are anticipated, with the ultimate goal of releasing an open-source version for external use.

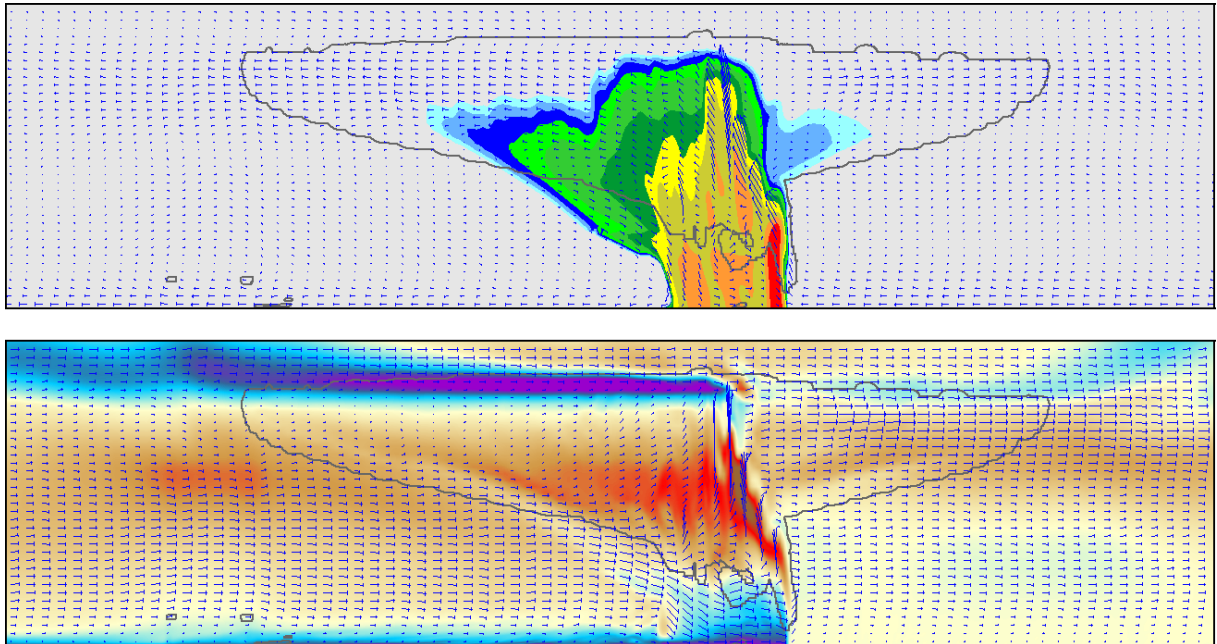


Figure 1 - Numerical simulation with TRAM of a squall line, corresponding to the case with moderate vertical wind shear: (a) Reflectivity (color field, with an interval of 5 dbZ starting at 5 dbZ) and storm relative wind (vector field); (b) Potential temperature perturbation (colors, ranging from -10 K to +10 K from magenta to brown, with yellow indicating zero perturbation) and absolute wind (vector field). In both panels the cloud envelope of the storm is also displayed by means of the grey contour.

REFERENCES

Romero, R. (2023): *TRAM: A new nonhydrostatic fully compressible numerical model suited for all kinds of regional atmospheric predictions*. Q. J. R. Meteorol. Soc., DOI 10.1002/QJ.4639.

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DEL MODELO WRF A DIFERENTES CONFIGURACIONES FÍSICAS EN EL MODO DE CONVECCIÓN PERMITIDA PARA ANDALUCÍA

ASSESSMENT OF WRF MODEL RESPONSE TO DIFFERENT PHYSICS CONFIGURATIONS IN CONVECTION-PERMITTING MODE FOR ANDALUSIA

David Donaire-Montañó⁽¹⁾, Feliciano Solano-Farías⁽¹⁾, Matilde García-Valdecasas Ojeda^(1,2), Juan José Rosa-Cánovas⁽¹⁾, Emilio Romero-Jiménez⁽¹⁾, Yolanda Castro-Díez^(1,2), María Jesús Esteban-Parra^(1,2), Sonia R. Gámiz-Fortis^(1,2)

⁽¹⁾ Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, Granada, Spain, dadonaire@ugr.es

⁽²⁾ Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA-CEAMA), Granada, Spain

SUMMARY

Convection Permitting Models (CPMs) are a significant advancement for conducting climate simulations with fine-scale resolution (<4 km). Microphysics (MP) and cumulus (CU) dynamics play crucial roles in climate patterns at these scales. Evaluating CPM performance in regions with complex terrain is vital for understanding their response to diverse topographical and climatic conditions. This study focuses on analyzing simulations conducted using the WRF model over Andalusia, a complex region encompassing coastal areas, plains, and mountainous terrain. The experiments were based on two nested domains, one (d01) covering the Iberian Peninsula and the other (d02) focusing on Andalusia. A total of 12 schemes were run, combining three MP options (THOMPSON, WSM6 and WSM7) with four CU options (G3, GF, KF and OFF). Results show that simulations with GF or OFF in d01 exhibited superior performance, while THOMPSON performed better in high mountain regions. The WSM7-GF scheme emerged as the optimal configuration for Andalusia.

To conduct climate simulations with fine-scale resolution, Convection Permitting Models (CPMs) represent a significant advancement, enabling finer spatial resolution than 4 km. At these scales, certain processes, such as microphysics (MP) and cumulus (CU) dynamics, play a relevant role in climate patterns. Furthermore, assessing the CPM's performance in regions with complex terrain is crucial for understanding its response to diverse topographical and climatic conditions. Hence, this study focuses on analyzing simulations conducted using the Weather Research and Forecasting (WRF) model in its version 4.3.3 (Skamarock et al., 2021) over the diverse landscape of Andalusia, in the southern part of the Iberian Peninsula (IP), a complex region encompassing coastal areas, plains, and mountainous areas, previously studied by other authors (Argüeso et al., 2012; García-Valdecasas Ojeda et al., 2020; Garrido et al., 2020). In this context, precipitation and temperature variables were analyzed spatially and temporally throughout the year 2018, which was notably rainy in Andalusia.

The experiments conducted by WRF were based on two "one-way" nested domains (Messmer et al., 2021). On the one hand, the parent domain (d01) covers the entire IP with a spatial resolution of 5 km. On the other hand, the nested domain (d02) covers the region of Andalusia with a spatial resolution of 1 km. To analyze the model's response to different parameterizations, a total of 12 configuration schemes were run, combining three MP options (THOMPSON, WRF single moment 6-class (WSM6), and WRF single moment 7-class (WSM7)) with four CU options (Grell 3D (G3), Grell-Freitas (GF), Kain-Fritsch (KF) for d01, and the deactivated cumulus parameterization (OFF)). The study involved comparing precipitation and temperature with various observational datasets (gridded, station-based, and satellite-derived) using different metrics and time aggregations (hourly, daily, and monthly).

The primary findings indicate that simulations utilizing the Grell-Freitas (GF) or deactivated cumulus parameterization (OFF) in d01 showed superior performance compared to reference datasets. Conversely, while THOMPSON performed better in high mountain regions, it generally displayed less agreement with reference datasets compared to WSM6 and WSM7. Respect to annual cycle, GF and OFF CU show better performance, than the others, while THOMPSON, WSM6, and WSM7 depends on the altitude regions. Regarding temperature, the results showed significant similarity, highlighting the importance of focusing on precipitation outcomes. The WSM7-GF scheme emerged as the most optimal configuration for the Andalusia region, emphasizing its

effectiveness in both capturing complex meteorological patterns and representing properly the temporal series of this complex area.

REFERENCIAS

- Argüeso, D. et al. (2012): *Evaluation of WRF mean and extreme precipitation over Spain: present climate (1970–99)*. J. Climate, 25, 4883–4897. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00276.1>
- Garrido, J. L. et al. (2020): *Regional surface temperature simulations over the Iberian Peninsula: evaluation and climate projections*. Clim. Dyn., 55, 3445–3468. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05456-3>.
- García-Valdecasas Ojeda, M. et al. (2020): *The role of the surface evapotranspiration in regional climate modelling: Evaluation and near-term future changes*. Atmos. Res., 237, 104867. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104867>.
- Messmer, M. et al. (2021): *Sensitivity of precipitation and temperature over the Mount Kenya area to physics parameterization options in a high-resolution model simulation performed with WRFV3.8.1*. Geosci. Model Dev., 14, 2691–2711. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-2691-2021>.
- Skamarock, W. C. et al. (2021): *A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4.3*. In NCAR Technical Note, TN–556+STR. <http://dx.doi.org/10.5065/1dfh-6p97>.

Acknowledgements

This research has been carried out in the framework of the projects PID2021-126401OB-I00, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER Una manera de hacer Europa, and P20_00035 funded by FEDER/Junta de Andalucía-Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades.

USO DE REDES NEURONALES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS SITUACIONES SINÓPTICAS DE FONT

USING NEURAL NETWORKS FOR IDENTIFYING FONT SYNOPTIC SITUATIONS

Jaime Castro Arias⁽¹⁾, Francisco Javier Bello Millán^(1,2), Álvaro Subías Díaz-Blanco⁽¹⁾, Juan Andrés García-Valero⁽¹⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, C/ Leonardo Prieto Castro 8, Madrid, jcastroa@aemet.es

⁽²⁾ Universidad de Málaga, Escuela de Ingenierías Industriales, Málaga

SUMMARY

Synoptic classifications serve as powerful tools for understanding the atmospheric dynamics that influence climatic variability in a specific region. Inocencio Font's classification, comprising 23 synoptic situations, summarizes the dominant circulation patterns over the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. Since 2020, the Techniques and Applications for Forecasting Area (ATAP, by its Spanish acronym) at Aemet has subjectively classified each day's synoptic situation according to the most representative Font's situation. Automating this task could facilitate expanding the classification to encompass broader time periods, including medium and long-range forecasting, reanalysis or climate projections. To this end, this study presents the development of an automatic classifier comprising 10 artificial neural networks. These networks utilize mean sea level pressure and geopotential at 500hPa as input variables, emulating ATAP's procedure. The results show the assigned synoptic patterns reflect accurately the expected weather based on Font's classification.

Las clasificaciones sinópticas catalogan dentro de una serie de patrones la situación sinóptica de un determinado lugar. Son herramientas muy útiles para entender la dinámica atmosférica que condiciona la variabilidad climática de un territorio. En consecuencia, pueden ser empleadas para estudios climatológicos, predicción meteorológica, proyecciones climáticas, así como para fines divulgativos y comunicativos.

La clasificación sinóptica de Inocencio Font Tullot es una clasificación de tipo subjetivo desarrollada para la península ibérica y Baleares. En ella se identificaron 23 patrones sinópticos que en general resumen la dinámica atmosférica dominante sobre nuestro entorno. La clasificación se basó en el conocimiento profundo del autor, el cual hizo uso de los análisis diarios de situaciones sucedidas durante la década de los años 70 del siglo pasado [1]. Desde 2020, en el Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción de la Agencia Estatal de Meteorología se asigna subjetivamente la situación sinóptica de cada día a aquella situación de Font en la que estaría representada. Esta asignación se basa principalmente en los mapas sinópticos definidos por las variables presión al nivel del mar y altura geopotencial en 500hPa correspondientes a los análisis del modelo HRES-IFS de las 12 UTC. El resultado de esta clasificación para el periodo 2020-2023 se muestra en la Figura 1.a), en la que se representa el histograma del número de días asignados a cada patrón sinóptico.

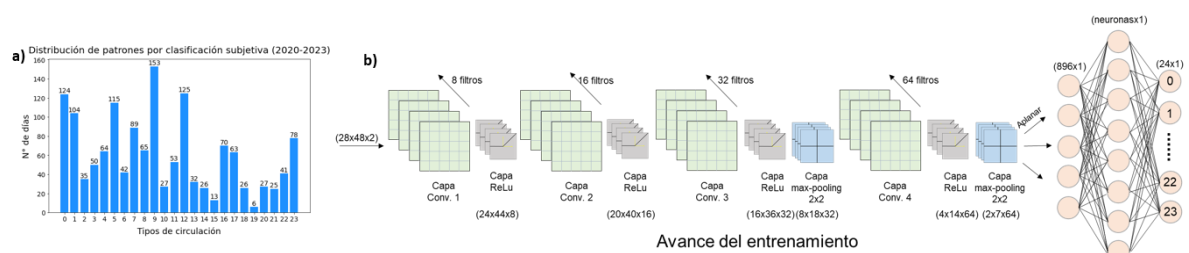


Figura 12 – a) Histograma del número de días asignados de forma subjetiva a cada patrón de la clasificación de Font durante el período 2020-2023. b) Esquema de la arquitectura de la red neuronal convolucional empleada en este trabajo.

La automatización de esta actividad posibilitaría extender la clasificación de Font a un período de tiempo largo, como podría ser a un período de reanálisis o de proyecciones climáticas. También podría aplicarse a los miembros de un ensemble de medio plazo, como puede ser a los miembros del ENS-IFS, lo cual podría ser de utilidad para evaluar la incertidumbre del marco sinóptico previsto. En el actual contexto de auge de las técnicas de Machine Learning (en adelante, ML), estas constituyen una herramienta adecuada para tal fin propuesto, dada su reconocida habilidad en tareas de reconocimiento de patrones [2].

En Chattopadhyay et al. [3], se describe el desarrollo de un clasificador de situaciones sinópticas basado en CNNs. En este caso se entrenaba a la red para que aprendiera a clasificar entre 4 patrones generales usando para ello los resultados de una clasificación de tipo objetivo. Tomando como referencia este trabajo y, partiendo de los resultados de la clasificación llevada a cabo en el ATAP, se ha procedido a entrenar un buen número de redes neuronales convolucionales haciendo uso de los campos diarios de presión a nivel del mar y de altura geopotencial en 500 hPa procedentes de los reanálisis de ERA5. En la Figura 1.b), se muestra la arquitectura CNN usada en este estudio, la cual está formada por 4 capas convolucionales, 2 capas de *max-pooling* y una red neuronal artificial con una capa oculta intermedia. Para buscar una combinación óptima de hiperparámetros se han entrenado múltiples CNNs, quedándonos con aquellas 10 estructuras que mejores resultados ofrecen en un período distinto al que fueron entrenadas. Así, las salidas de estas 10 CNNs se han usado para la asignación de la situación como si se tratara de un ensemble.

Los resultados del ensemble muestran una precisión de 100% para el set de entrenamiento y un 63% para el set de test, mostrando una clara tendencia al sobreajuste. Si ofrecemos al clasificador 3 posibilidades, la precisión aumenta hasta 82% en el set de test.

Para verificar las salidas del ensemble clasificador se han obtenido los patrones de anomalías de precipitación asociados a cada una de las situaciones asignadas por el clasificador en un período distinto al que se usó para su entrenamiento, observándose en general una coherencia física entre las anomalías de precipitación y los Tipos de Font asignados por nuestro clasificador: A modo de ejemplo, en la Figura 2 se muestran los patrones de anomalías correspondientes a las situaciones de Font, 12 (a) y 13 (b). El tipo 12, conocido como *depresión atlántico-ibérica*, está relacionado con el desarrollo de bajas en el Atlántico, al oeste de la Península asociado al desarrollo de precipitaciones que afectan en mayor medida a la fachada atlántica peninsular. Por contra, el tipo 13 se corresponde con la situación de *depresión del golfo de Cádiz*, asociada a precipitaciones más destacables sobre la mitad sur de la Península y vertiente mediterránea, pudiendo ser muy intensas en el Levante y sudeste, mientras que hacia el noroeste las precipitaciones son escasas.

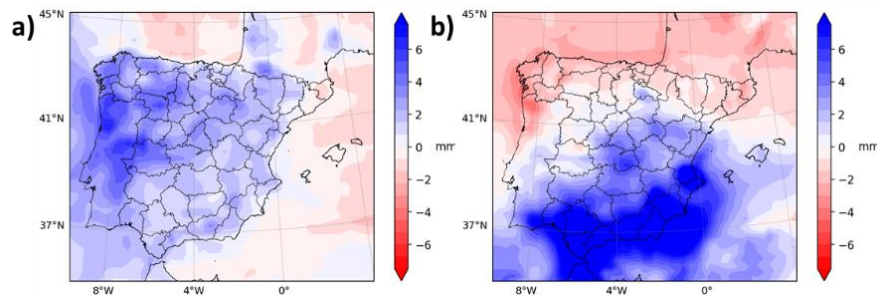


Figura 13 - Anomalías de precipitación obtenidas durante los días en los que el clasificador asignó el marco sinóptico a las situaciones de Font 12 (depresión atlántico-ibérica, a) y 13 (depresión en el golfo de Cádiz, b).

Este trabajo representa una primera incursión en la resolución del problema planteado, abriendo la puerta a futuras exploraciones. El rendimiento del clasificador se beneficiaría significativamente del aumento del tamaño de la muestra de entrenamiento, derivado de distintas pruebas efectuadas. Las aplicaciones potenciales de este clasificador son diversas, desde su uso aplicado a los miembros del ENS-IFS en el medio plazo, hasta su aplicación a un reanálisis o a proyecciones de cambio climático que serviría para analizar cambios pasados y futuros en la dinámica atmosférica sobre nuestro territorio.

REFERENCIAS

- Chase, R. et al. (2022): *A Machine Learning Tutorial for Operational Meteorology. Part I: Traditional Machine Learning*. Wea. Forecasting, 37, 1509–1529, doi: 10.1175/WAF-D-22-0070.1.
- Chattopadhyay, A., Hassanzadeh, P., Pasha, S. (2020): *Predicting clustered weather patterns: A test case for applications of convolutional neural networks to spatio-temporal climate data*. Scientific Reports, 10(1317), doi: 10.1038/s41598-020-57897-9
- Tullot, I. F. (2000): *Climatología de España y Portugal* (Vol. 76). Universidad de Salamanca.

WEATHERMAP, LA NUEVA HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA PARA EMERGENCIAS

WEATHERMAP, THE NEW WEATHER FORECAST TOOL FOR EMERGENCIES

Miguel Iglesias⁽¹⁾, Alberto Cerrillo⁽¹⁾

⁽¹⁾ Vexiza SL, Centro de Empresas de Base Tecnológica (CEBT), miglesias@vexiza.com

SUMMARY

In the current climate change context, particularly sensitive in the Iberian Peninsula due to its transitional climate zone subtropical-extratropical, and its affiliation with the Mediterranean basin, having a tool to monitor daily meteorological extremes becomes crucial. Vexiza's R&D department has developed Weather Map Site, addressing the need for a monitoring and forecast tool, especially for managing information relevant to wildfire campaigns, with potential applications in air quality and renewable energy production. Weather Map Site prioritizes operational efficiency and quick response, utilizing the latest data analysis techniques and artificial intelligence algorithms. It features tools to detect and characterize storm trajectories in real-time, predict front locations, and simulate forest fire development. This comprehensive information, combined with the aforementioned tools, creates an optimal workspace for crafting swift responses to meteorology-related emergencies.

En el contexto actual de cambio climático acelerado en el que nos encontramos, y en uno de los entornos más sensibles ante estas alteraciones como es el de la península ibérica, ya no solo por el hecho de encontrarse en la zona de transición climática entre las características subtropicales y extratropicales, sino también por su pertenencia a la cuenca mediterránea; contar con una herramienta que te permita monitorizar día a día toda la fenomenología meteorológica asociada a este contexto actual de cambio, donde los extremos constituyen cada vez más una parte dominante de la fenomenología observada, constituye una de las necesidades más importantes para cualquier servicio de gestión de emergencias.

Ante esa necesidad, el departamento de I+D+i de Vexiza desarrolla la nueva herramienta Weather Map Site con la que suplir todas estas necesidades, especialmente para la gestión de la información meteorológica necesaria para las campañas de incendios forestales, pero con posibles aplicaciones para otras actividades directa o indirectamente relacionadas con la meteorología como puede ser la calidad del aire o la producción energética renovable.

Centrándose en la operatividad y la rapidez de respuesta de la aplicación, pero también en aplicar las últimas técnicas de análisis de datos y de algoritmos de inteligencia artificial, Weather Map Site cuenta con herramientas capaces de detectar y caracterizar la trayectoria de las tormentas a tiempo real, de predecir la localización de frentes o simular el desarrollo de un incendio forestal teniendo en cuenta no solo factores meteorológicos sino también factores geomorfológicos y de vegetación, claves en el desarrollo de incendios forestales.

Con una estructura sencilla que facilita la interpretación de la información incluso para usuarios cuyos conocimientos técnicos en meteorología no son abundantes, la herramienta cuenta con una sección relacionada con el nowcasting, otra relacionada con modelos mesoescalares no hidrostáticos de alta resolución con un horizonte temporal de 48 h, una tercera en la que se muestra información relacionada con modelos a escala sinóptica y una final relacionada con la climatología presente y pasada basada en las observaciones de estaciones meteorológicas como las de la AEMET. Toda esta información, combinada con las herramientas citadas anteriormente, suponen un entorno de trabajo óptimo para la elaboración de una respuesta rápida ante cualquier tipo de emergencia relacionada con la meteorología.

REFERENCIAS

- Barrera-Animas, A. Y. et al. (2022): *Rainfall prediction: A comparative analysis of modern machine learning algorithms for time-series forecasting*. Machine Learning with Applications, 7, 100204.
- Hewamalage, H., Bergmeir, C., Bandara, K. (2021): *Recurrent neural networks for time series forecasting: Current status and future directions*. Int. J. Forecast., 37(1), 388-427.
- Hu, W. et al. (2023): *Deep Learning Forecast Uncertainty for Precipitation over the Western United States*. Mon. Wea. Rev., 151(6), 1367-1385
- Matthews, J., Trostel, J. (2010): *An improved storm cell identification and tracking (SCIT) algorithm based on DBSCAN clustering and JPDA tracking methods*. http://ams.confex.com/ams/90annual/techprogram/paper_164442

Nguyen, C. et al. (2023): *Machine learning-based cloud forecast corrections for fusions of numerical weather prediction model and satellite data*. Artificial Intelligence for the Earth Systems, 1-47.

Agradecimientos

Queremos hacer constar nuestro agradecimiento al Grupo de Física de la Atmósfera por su contribución al desarrollo de la aplicación ya que sin ellos no habría sido posible.

OBSERVACIÓN

¿CÓMO IMPACTA LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA Y LAS HETEROGENEIDADES SUPERFICIALES EN EL DESARROLLO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS BRISAS COSTERAS Y DE MONTAÑA? EL PROYECTO WINDABL

HOW DO THE VERTICAL STRUCTURE AND SURFACE HETEROGENEITY IMPACT THE DEVELOPMENT AND CHARACTERISTICS OF THE COASTAL AND MOUNTAINOUS BREEZES? THE WINDABL PROJECT

C. Román-Cascón⁽¹⁾, J.A. Jiménez-Rincón⁽¹⁾, P. Ortiz-Corral⁽²⁾, C. Yagüe⁽²⁾, T. Brnas⁽³⁾, P. Fernández-Castillo⁽²⁾, A. Izquierdo⁽¹⁾, M. Bruno⁽¹⁾, R. Mulero-Martínez⁽¹⁾, R. Vázquez⁽¹⁾, J. Šepić⁽³⁾, G.-J. Steeneveld⁽⁴⁾, J.A. Adame⁽⁵⁾, C. Vegas-Cañas⁽²⁾, J. Carbone⁽²⁾, M. Sastre⁽²⁾, V. Cicuéndez⁽²⁾, M. Bolado-Penagos⁽¹⁾, M. Jomé⁽⁶⁾, M. Lothon⁽⁶⁾, F. Lohou⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Universidad de Cádiz, España, carlos.roman@uca.es

⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid, España

⁽³⁾ University of Split, Croacia

⁽⁴⁾ Wageningen University, Países Bajos

⁽⁵⁾ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), España

⁽⁶⁾ Laboratoire d'Aérodynamique, Francia

SUMMARY

Some modelling experiments have shown how the vertical structure of the atmospheric boundary layer is a key factor that controls the breeze characteristics at the surface. This issue motivated the development of the WINDABL project to further investigate this finding through an observational and modelling strategy. We present the methodology carried out for the observational part of the project, which consisted of the installation of meteorological (and surface energy balance) stations at strategic locations for the long-term monitoring of breezes and the launching of atmospheric soundings during intensive observation periods characterised by breeze conditions. This strategy was developed both at a coastal (Gulf of Cádiz) and a mountainous (Pyrenees) area. We also present some first results obtained from the analysis of the data of the different towers and from 26 radio soundings launched during 8 different breeze events that allow to highlight the breezes characteristics during contrasting background winds and different ABL thermodynamic vertical structure at both locations.*

Las brisas son circulaciones de viento mesoescalares que se forman en zonas montañosas o costeras como resultado de un gradiente de temperatura superficial formado durante periodos en los que el gradiente de presión sinóptico es débil (condiciones de buen tiempo). En costa, este gradiente de temperatura aparece debido a las distintas propiedades térmicas entre el océano y la zona terrestre, mientras que en la montaña se deben al desigual enfriamiento/calentamiento entre zonas a la misma altitud, pero diferente altura debido a la orografía.

Las características de las brisas dependen de la fuerza de dicho gradiente de temperatura en superficie, pero también de la interacción con otros vientos de diferentes escalas espaciotemporales, como los vientos sinópticos “de fondo” (que normalmente son de intensidad baja o moderada). Además, el perfil vertical termodinámico de la capa límite atmosférica (CLA) también puede influir en las características de la brisa. En este contexto, algunos experimentos de modelización realizados recientemente con modelos mesoescalares han mostrado cómo la estructura vertical de la CLA preexistente es un factor clave que controla el impacto que tienen cambios específicos en la superficie sobre las características observadas en la brisa. Esta cuestión motivó el desarrollo del proyecto WINDABL (1), cuyo objetivo es comprender mejor la interacción entre las brisas y la estructura vertical de la atmósfera y las heterogeneidades superficiales mediante una estrategia conjunta de observación y modelización.

En este trabajo se presenta la metodología llevada a cabo para la parte observacional del proyecto, que consistió en la instalación de estaciones meteorológicas (y de balance energético superficial) en lugares estratégicos para la monitorización a largo plazo de las brisas, así como el lanzamiento de radiosondeos atmosféricos durante periodos intensivos de observación caracterizados por condiciones de brisa. Esta estrategia se desarrolló tanto en una zona costera como en una zona montañosa (valle), en colaboración con los proyectos LATMOS-i (2) y MOSAI (3). La zona costera corresponde a la parte norte del Golfo de Cádiz (costa suroeste de la Península Ibérica) y la zona montañosa al Vallée d'Aure, en la cara norte de los Pirineos, estando ambas zonas frecuentemente afectadas por el desarrollo de brisas.

En esta presentación también se presentan resultados preliminares obtenidos a partir del análisis de los datos de las diferentes torres y de 26 radiosondeos lanzados durante 8 eventos de brisa que presentan características diferentes en cuanto a las condiciones sinópticas de fondo. A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestran diferentes variables obtenidas mediante el lanzamiento de radiosondeos durante 6 eventos nocturnos de brisas de montaña observados en la cara norte de los Pirineos durante el verano de 2023. Los resultados indican cómo dependiendo de las condiciones sinópticas se obtienen diferencias importantes en las variables atmosféricas que se observan cerca de la superficie, así como en el propio desarrollo de cada evento.

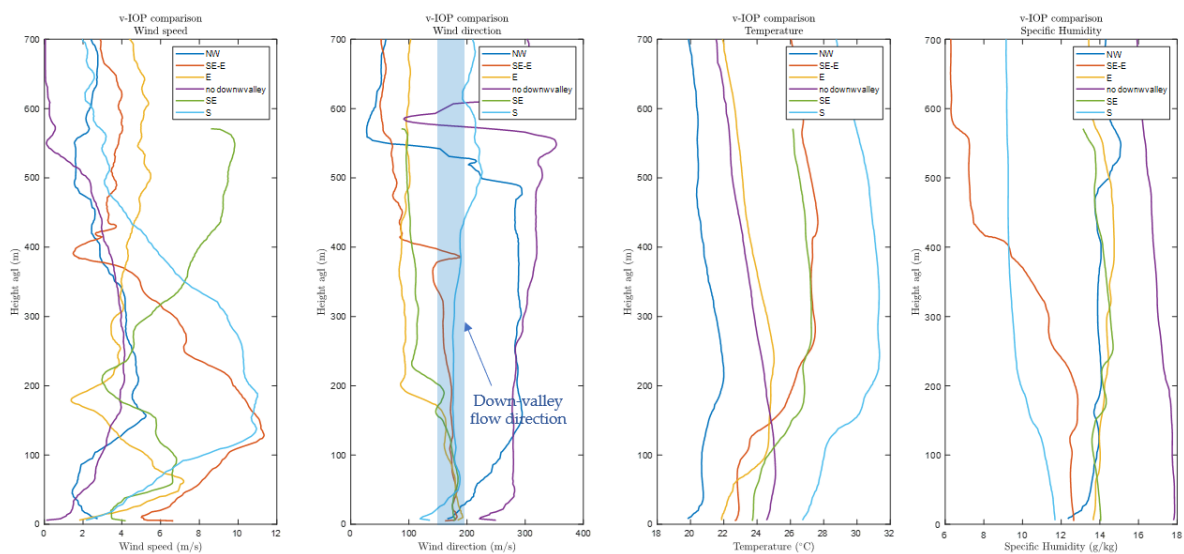


Figura 1 – Perfiles verticales (eje y, metros) de diferentes variables atmosféricas observadas durante 6 eventos de brisas nocturnas de montaña (*downvalley*) observados durante el verano de 2023 en la cara norte de los Pirineos: a) Velocidad del viento (m/s); b) Dirección del viento (grados desde el Norte); c) Temperatura (°C); d) Humedad específica (g/kg).

Agradecimientos

(1) El proyecto WINDABL (PR2022-055) es un proyecto para investigadores nóveles financiado por el Plan Propio de la Universidad de Cádiz. WINDABL: How are the Surface Thermally Driven Winds influenced by the vertical structure and horizontal inhomogeneities of the Atmospheric Boundary Layer?

(2) El Proyecto LATMOS-i es un Proyecto financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033. LATMOS-i: Land-ATMOSphere interactions in a changing environment: How do they impact on atmospheric-boundary-layer processes at the meso, sub-meso and local scales in mountainous and coastal areas? PID2020-115321RB-I00.

(3) El Proyecto MOSAI es un proyecto francés (ANR) que incluía una campaña intensiva de observaciones cerca del Centre de Recherches Atmosphériques (CRA) en la cara norte de los Pirineos. MOSAI: Model and Observation for Surface-Atmosphere Interactions, <https://mosai.aeris-data.fr/>

EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES DEL GPM DPR PARA IDENTIFICAR TORMENTAS DE GRANIZO

EVALUATION OF GPM DPR CAPABILITIES FOR IDENTIFYING HAILSTORMS

Laura Rivero Ordaz ⁽¹⁾, Andrés Merino ⁽¹⁾, Andrés Navarro ⁽²⁾, Francisco Javier Tapiador ⁽²⁾, José Luis Sánchez ⁽¹⁾, Eduardo García-Ortega ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo de Física de la Atmósfera (GFA). Instituto de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Biodiversidad (IMA), Universidad de León (ULE), España. lrivero@unileon.es, andres.merino@unileon.es, jl.sanchez@unileon.es, eduardo.garcia@unileon.es

⁽²⁾ Universidad de Castilla-La Mancha. ICAM. Toledo, España. andres.navarro@unileon.es, francisco.tapiador@uclm.es

SUMMARY

Southern France is one of the regions most severely affected by hailstorms and is among the most thoroughly researched areas, having an extensive operational hailpads network. Satellite sensors are increasingly significant in hailstorm monitoring. The international Global Precipitation Measurement (GPM) mission features a Core Observatory (CO) that is equipped with the first Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR) in space. The aim of this study was to investigate the hailstorms that occurred in France between 2014 and 2021, as observed by the DPR and recorded by the ANELFA. Eight hailstorms were identified, in which the DPR swath coincided with ground observations. Various variables provided by the DPR were examined, and five detection algorithms were assessed. The research confirmed the usefulness of hailpad networks in accurately verifying hailfall. Additionally, it was verified that algorithms using Ku band data are more effective in detecting a greater number of pixels containing hail. This research will serve as a foundation for developing prediction algorithms using GPM data.

Las tormentas de granizo son eventos meteorológicos de escala local y su ocurrencia tiene una corta duración, esto dificulta tanto su detección como su predicción. Las granizadas a nivel mundial tienen un impacto socioeconómico y ponen en riesgo la vida de las personas, fundamentalmente en dependencia del tamaño de los hidrometeoros que llegan a la superficie. En general, el área mediterránea presenta una elevada frecuencia de caída de granizo, siendo el sur de Francia una de las regiones más estudiadas, ya que posee hace varias décadas una valiosa y extensa red de observación terrestre. Esta red está constituida por más de 1000 granizómetros y pertenece a la Association Nationale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques (ANELFA). En la actualidad, los sensores satelitales cobran cada vez más importancia, ya que tienen como objetivo fundamental estudiar de forma más efectiva la heterogeneidad que presenta el patrón espaciotemporal de la precipitación, tanto en estado líquido como sólido. La misión internacional Global Precipitation Measurement (GPM) constituye un referente y es considerada una herramienta potente y sin precedentes para monitorizar las granizadas. El satélite GPM Core Observatory (GPM-CO) lleva a bordo el primer Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR) que se encuentra en el espacio. Este sensor permite estudiar las características de la precipitación, mejorar su estimación a nivel global y analizar con mayor profundidad la microfísica de estos procesos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar las granizadas ocurridas sobre Francia entre 2014 y 2021, observadas por el sensor DPR, y registradas por la red de ANELFA. Para esto se utilizaron datos de ocho campañas de campo, con un total de 2387 registros. Posteriormente se identificaron ocho tormentas de granizo, en las que el barrido del DPR coincidió con observaciones terrestres. Se estudiaron diferentes variables proporcionadas por el sensor satelital que indican la presencia de granizo y se evaluaron en estas tormentas cinco algoritmos de detección. La investigación reafirmó la utilidad de las redes de granizómetros para verificar con precisión la caída de granizo sobre el terreno, ya que proporcionan una “verdad terreno” muy completa y fiable. Por otra parte, las tormentas con mayores valores de reflectividad en la banda Ku del sensor DPR mostraron una estructura vertical más claramente definida y, por tanto, un desarrollo convectivo más potente, lo cual fue confirmado con los datos terrestres. La evaluación de los algoritmos ratificó que aquellos que son calculados mediante variables provenientes de la observación de la banda Ku detectan un mayor número de píxeles o áreas que contienen granizo, principalmente en las tormentas más intensas. Esta investigación servirá de base para futuros trabajos y el desarrollo de algoritmos de predicción basados en relaciones empíricas con datos de GPM.

Agradecimientos

La financiación procede de los proyectos PID2019-108470RB-C22, PID2019-108470RB-C21 y PID2022-1382980B-C21, financiados por MCIN/AEI /10.13039/501100011033. Los autores expresan su agradecimiento a la asociación ANELFA, en particular a Jean Dessens y Claude Berthet.

EXPERIENCIAS SOBRE TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN DE LA NIEVE EN LA SIERRA DE GUADARRAMA Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

EXPERIENCE IN SNOWPACK OBSERVATION TECHNIQUES AND FUTURE LINES OF INVESTIGATION

Diego García-Maroto^(1,2), Álvaro González-Cervera^(1,3), Alejandro Martínez-Foronda⁽¹⁾, Luis Durán Montejano⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo TROPA. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España diegar20@ucm.es, luduran@ucm.es

⁽²⁾ Instituto de Geociencias IGEO (CSIC-UCM), Madrid, España

⁽³⁾ interMET Sistemas y Redes S.L., Madrid, España

SUMMARY

This work presents the findings and insights gained from decades of research on snowfall and its accumulation in mountainous regions. It focuses on the Iberian Peninsula's Central System, a crucial region for water resource management where the impacts of Climate Change are expected to significantly reduce snowfall in the coming decades. Various methods of observation, including manual, automatic and satellite measurements, are discussed. Despite the limitations of these measurements, they have proven crucial in shedding light on the dynamics of snow. A promising new observational method is introduced and results of a test methodology in a polar region are shown. This method is expected to enhance the spatial and temporal representation of data, contributing significantly to future research in this field. Based on these previous experiences of manual and automatic monitoring, new integrating methods are expected to be developed in the future.

La precipitación en forma de nieve y su acumulación en forma de manto nival juega un papel fundamental en el recurso hídrico, especialmente la que ocurre en cordilleras montañosas rodeadas de regiones semi-áridas, como el caso del Sistema Central de la península ibérica. La escorrentía fruto del derretimiento de este manto nivoso que ocurre durante el final del invierno y la primavera juega un papel fundamental en aliviar la extensa sequía estival de los meses posteriores. Las regiones a ambos lados de este sistema montañoso dependen en gran medida de este recurso que deben gestionar cada vez de forma más eficaz debido al aumento de la demanda de agua. Según las últimas proyecciones de cambio climático, se espera que en las próximas décadas la precipitación en forma de nieve en este tipo de montañas medianas decrezca significativamente, y que también lo haga la duración del manto nival en sus cumbres. Es por ello fundamental avanzar en el conocimiento de los procesos que conducen a la formación de la precipitación en forma de nieve, su transformación y el papel que juega en el desarrollo de sus regiones de influencia sin olvidar la influencia sobre los ecosistemas de montañas, muy ricos en biodiversidad.

Uno de los primeros pasos para entender los procesos físicos involucrados en la dinámica del manto nival es medir de forma objetiva algunos de sus parámetros fundamentales. Estas observaciones son cruciales para poder simular con precisión la física involucrada. Aunque existen medidas de nieve realizadas desde satélite, estas tienen una frecuencia limitada a la órbita del mismo y su resolución no alcanza a resolver de forma suficientemente precisa los espesores típicos del manto en este tipo de montañas, que muy a menudo no superan algunos decímetros. En este sentido, las medidas del espesor y propiedades de la nieve realizados in-situ, se tornan indispensables.

Este grupo lleva algunos años intentando arrojar algo de luz sobre la dinámica de la nieve, y en concreto, sobre esta sierra. Desde el año 2000 se han medido con cierto éxito las condiciones meteorológicas en el entorno del Macizo de Peñalara (Durán et al., 2017), trabajo que se ha extendido en los últimos años a otras zonas de la Sierra de Guadarrama. La razón por la que se mide de forma tan intensiva en esta región no es porque sea la que presente el manto nival más voluminoso ni el que tenga la temporada más extensa. Se debe principalmente a la alta colaboración de las autoridades regionales, y a la facilidad que presenta desde el punto de vista logístico.

Esta sierra presenta características típicas del clima alpino con un manto estacional que suele comenzar con las nevadas de noviembre y terminar en abril. La compleja orografía induce una alta variabilidad espacial en el manto de nieve. Estas inhomogeneidades del manto se originan a partir de redistribuciones causadas por la gravedad y el

viento, junto con disparidades en los ritmos de ablación generados por sombras y otros efectos topográficos que impactan en el balance radiativo.

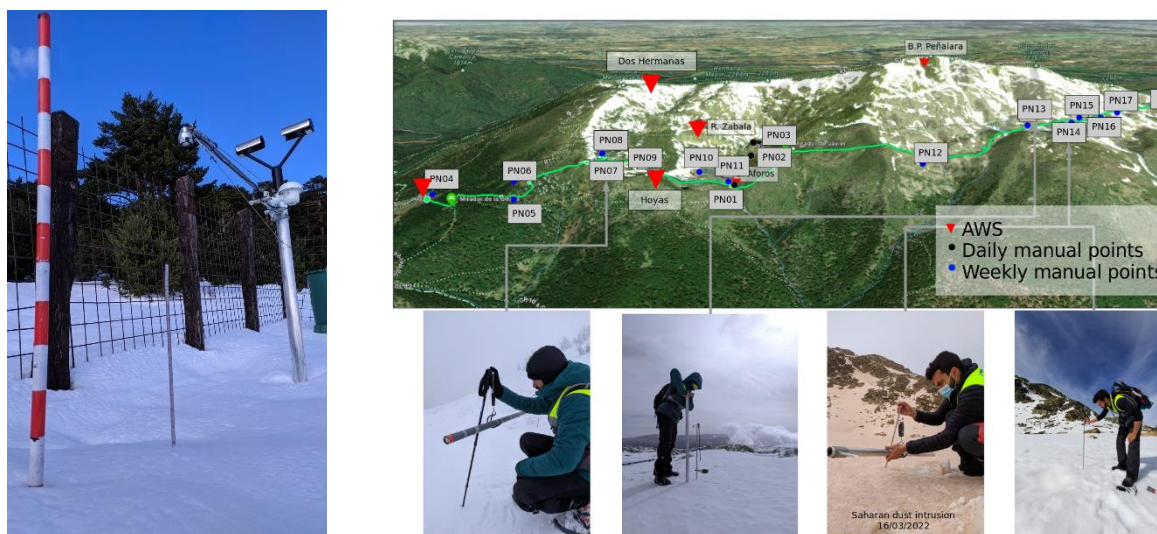


Figura 1 - Proceso de medición manual de las propiedades del manto nival en el Macizo de Peñalara (derecha) y baliza, sensor de ultrasonidos y disdrómetro ubicados en el Puerto de Cotos (izquierda).

Durante estos años hemos estado utilizando diversos métodos para la observación de la precipitación en forma de nieve y del espesor del manto nival. Por un lado se encuentran las técnicas manuales consistentes en la medida del espesor usando una pértiga milimetrada y una báscula para la medida de la densidad. También se han usado sensores de altura de ultrasonidos y disdrómetros láser (Figura 1). También estamos usando la información suministrada por satélites.

En este trabajo se repasan las conclusiones más relevantes de la experiencia acumulada sobre todos estos aspectos en los últimos años. Además, se muestra la potencialidad de un nuevo método de observación que se espera aplicar en los próximos años en esta zona de estudio en el marco de un proyecto de investigación sobre la dinámica del manto nival. Este nuevo método pretende aunar las ventajas de los métodos automáticos en cuanto a su alta representatividad temporal con los de los manuales respecto a su alta representatividad espacial y gran robustez.

Dicho método consiste en la aplicación de técnicas de análisis de datos a un tipo instrumentación, denominada termonivómetro, hasta ahora solo empleada en algunos estudios polares. Se trata de bastones de madera con una serie de pequeños sensores de temperatura dispuestos a diferentes alturas. Gracias al efecto de aislamiento térmico que la capa de nieve ejerce sobre estos sensores, esta metodología hace posible la obtención de información del espesor del manto nivoso e incluso de su densidad. La metodología ha sido probada con éxito gracias a datos de una estación en las inmediaciones de la Base Antártica Española Gabriel de Castilla, mejorando resultados previos obtenidos con otros métodos de la literatura y los mismos datos de temperatura. Los termonivómetros resultan además de especial interés debido a su relativo bajo coste y su capacidad para seguir aportando datos útiles a pesar de fallos localizados de algunos de sus sensores.

Se espera que los resultados obtenidos con esta nueva técnica y las enseñanzas de años anteriores sirvan para el diseño de nuevos instrumentos y métodos de análisis que puedan mejorar la media y marcar las líneas futuras de investigación sobre este campo por el grupo en los próximos años.

REFERENCIAS

Duran, L., Rodríguez-Muñoz, I., Sanchez, E. (2017): *The Peñalara mountain meteorological network (1999-2014): Description, preliminary results and lessons learned*. Atmosphere, 8(10), 203, <https://doi.org/10.3390/atmos8100203>

LA VARIABILIDAD TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS PRECIPITACIONES DE GRANIZO: ANALISIS DE LAS BASES DE DATOS DE 24 AÑOS EN LAS TERRES DE PONENT (LLEIDA)

THE TEMPORAL AND SPATIAL VARIABILITY OF HAIL PRECIPITATION: ANALYSIS OF 24 YEARS OF DATABASES IN THE TERRES DE PONENT (LLEIDA)

J.L. Sanchez ⁽¹⁾, J.L. Marcos ⁽¹⁾, J. Zabala ⁽¹⁾, E. García-Ortega ⁽¹⁾, L. López ⁽¹⁾, A. Merino ⁽¹⁾, L. Rivero ⁽¹⁾, A. Navarro ⁽²⁾, J. Tapiador ⁽²⁾, T. Rigo ⁽³⁾, C. Farnell ⁽³⁾

⁽¹⁾ GFA. IMARENA. Universidad de León, jl.sanchez@unileon.es

⁽²⁾ Universidad de Castilla La Mancha

⁽³⁾ Servei Meteorologic de Catalunya

SUMMARY

In the territory called “Terres de Ponent” of Lleida, the ADV Terres de Ponent in collaboration with the Servei Meteorologic de Catalunya and the University of León, have been developing hail precipitation detection campaigns since 2000 with the help of almost two hundred hail meters. The database of these 24 years is composed of more than 160,000 data identified in 290 days in hail. With this we have been able to analyze the temporal variability of hail precipitation in this area, verifying the changes that occur between some years and others, as well as the enormous spatial variability between some areas and others. In the same way we have studied the size spectra of hail and hail.

Las precipitaciones de granizo afectan, habitualmente, a territorios de apenas unas pocas decenas de km². Mayoritariamente se producen en la época estival cuando la convección se ve favorecida por el mayor calentamiento solar y siempre y cuando los entornos meteorológicos sean favorables para la formación de desarrollos verticales. Aún así, necesitan un mecanismo de disparo y este no es fácil de predecir ya que resulta muy dependiente de las condiciones que se den en un marco local. Si a ello unimos los factores meteorológicos a mesoescala, el resultado es que no es raro que se señale que las precipitaciones de granizo resultan ser “irregulares”, entendiéndose por ese concepto que están dotadas de elevada variabilidad temporal y espacial.

Por otro lado, no es una cuestión menor poder contar con una base de datos fiable de la “verdad terreno” que permita establecer las características de las precipitaciones de granizo en el sentido de conocer el territorio afectado, los tamaños de las piedras, la energía y todas aquellas variables que permiten conocerlas. Por tanto, por un lado nos encontramos con que la detección de las precipitaciones de granizo, en general, no es sencillo, y a todo lo anterior le tenemos que añadir la elevada variabilidad temporal y espacial que tienen.

En el caso del territorio denominado “Terres de Ponent” de Lleida, la ADV Terres de Ponent en colaboración con el Servei Meteorologic de Catalunya y la Universidad de León, se vienen desarrollando desde el año 2000, campañas de detección de precipitaciones de granizo con ayuda de casi dos centenares de granizómetros. La utilidad de este tipo de redes es enorme y junto con la francesa de la ANELFA, constituyen las mayores redes de información detallada y precisa de las precipitaciones de granizo en Europa y probablemente en el mundo. En el caso de la de las Terres de Ponent, los granizómetros se distribuyen a lo largo de unos 4000 km² de forma que cada granizómetro cubre un área de 5 x 5 km². La base de datos de estos 24 años está compuesta de más de 160.000 datos identificados en 290 días en granizo. Para ello se emplea un tipo de granizómetro desarrollado por la Universidad de León, así como un sistema de medida de las marcas que han dejado las piedras de granizo, basado en un software de reconocimiento de formas que también ha sido desarrollado en esta Universidad por el Grupo de Física de la Atmósfera. Con ello hemos podido analizar la variabilidad temporal de las precipitaciones de granizo en esta área, comprobando los cambios que se producen entre unos años y otros, así como la enorme variabilidad espacial entre unas zonas y otras. Del mismo modo hemos estudiado los espectros de tamaños de granizo y de granizo.

REFERENCIAS

- Dessens J., C. Berthet, C., Sanchez, J. L. (2007): *A point hailfall classification based on hailpad measurements: the ANELFA scale*. Atmos. Res., 83, 132-139.
- Frailé, R. et al. (1999): *Some results from the hailpad network in León (Spain): Noteworthy Correlations among hailfall parameters*. Theor. Appl. Climatol., 64, 105-117.

Lopez L., Sánchez J. L. (2009): *Discriminant methods for radar detection of hail*. Atmos. Res., 93, 358-368.

Merino, A. et al. (2021): *Evaluation of gridded rain-gauge-based precipitation datasets: impact of station density, spatial resolution, altitude gradient and climate*. Int. J. Climatol., 41, 3027–3043. <https://doi.org/10.1002/joc.7003>

Sanchez, J. L. et al. (2009): *Characterization of hailstone size spectra in hailpad networks in France, Spain, and Argentina*. Atmos. Res., 93, 641-654.

Agradecimientos

La financiación procede de los proyectos PID2019-108470RB-C22, PID2019-108470RB-C21 y PID2022-1382980B-C21, financiados por MCIN/AEI /10.13039/501100011033. Los autores expresan su agradecimiento a la asociación a la AVE Terres de Ponent y en especial a Maite Torá.

PÓSTER CORRESPONDIENTE A LAS SESIONES DEL DÍA 15 DE MARZO

O PROGRAMA FRESAN NO SUDOESTE DE ANGOLA: AS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

THE FRESAN PROGRAM IN SOUTHWEST ANGOLA: AUTOMATIC WEATHER STATIONS

Jorge Marques⁽¹⁾, Ricardo Deus⁽¹⁾, João Afonso⁽²⁾, Isidro Ihadua⁽²⁾, Nelson Vasco⁽²⁾

⁽¹⁾ IPMA, Rua C ao Aeroporto, 1749-077 Lisboa, Portugal, jorge.marques@ipma.pt

⁽²⁾ INAMET, Rua 21 de Janeiro, Rotunda do Gamek à direita, S/N-RC, Luanda, Angola

SUMMARY

The data measured in Automatic Meteorological Stations (AWS) are fundamental information for mathematical forecasting models in meteorology, to prepare surface analyses, forecasts, weather warnings, climatology, climate change, etc. Africa is one of the regions of the world that has a low AWS density compared to other continents. The FRESAN program is financed by the European Union and co-managed by Camões - Institute for Cooperation and Language, I.P., and has the Portuguese Institute for Sea and Atmosphere (IPMA) as a technical partner. One of the activities from the program has promoted the installation of six AWS in the south-west region of Angola. These AWS are currently in operation, recording data that will start to be made available on a public consultation agrometeorological platform and is expected to contribute to the improvement of the numerical forecasting models. Data from this AWS are freely accessible and support agricultural development in southwestern Angola.

O Programa FRESAN – Fortalecimento da Resiliência e da Segurança Alimentar e Nutricional em Angola tem como objectivo contribuir para a redução da fome, da pobreza e da vulnerabilidade à insegurança alimentar e nutricional nas províncias do sudoeste de Angola (províncias do Cunene, da Huíla e Namibe). Este programa é financiado pela União Europeia, co-gerido parcialmente pelo Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, I.P., pela FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, pelo PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano e tem como parceiro técnico o Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Os dados registados por estações meteorológicas automáticas (EMA) são uma base fundamental de informação para os modelos matemáticos de previsão e por sua vez para a elaboração de análises de superfície, previsões, avisos meteorológicos, fins climatológicos e alterações climáticas, finalidades económicas e de proteção civil, etc. Mas, à escala global verifica-se uma grande assimetria na densidade de sistemas de observação meteorológica. O continente africano é uma das regiões do globo que apresenta uma baixa densidade de EMA relativamente a outros continentes. O repositório oficial da Organização Meteorológica Mundial (OMM) de metadados WIGOS para todas as estações e plataformas de observação baseadas na superfície (OSCAR/Surface), revela que na região de Angola a densidade de EMA é baixa, embora nos últimos anos se esteja a assistir a um esforço de grande investimento por parte das autoridades nacionais Angolanas na implementação de novas estações de superfície (sinópticas, hidrológicas) e até estações de radiossondagem.

O sudoeste de Angola tem sido nas últimas décadas a região mais afectada pelas alterações climáticas, nomeadamente as províncias Cunene, Huíla e Namibe. O programa FRESAN na componente do clima e das alterações climáticas instalou seis EMA nas três províncias, duas em cada provincia (Figura 1). Estações meteorológicas que vão estar integradas na plataforma WIGOS da OMM e a rede de estações nacionais de Angola.

Estas EMA estão atualmente em funcionamento, a registar dados que são disponibilizados numa plataforma de consulta pública através de internet e contribuem para a melhoria no desempenho dos modelos de previsão numérica do tempo bem como para a vigilância e previsão meteorológica. Com recurso à informação obtida nestes equipamentos meteorológicos, estão também a ser elaborados mensalmente boletins climatológicos para as três províncias e respetivos municípios para o acompanhamento do clima e das alterações climáticas. Estes boletins estão a ser desenvolvidos numa parceria conjunta entre os técnicos do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Angola (INAMET) e do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

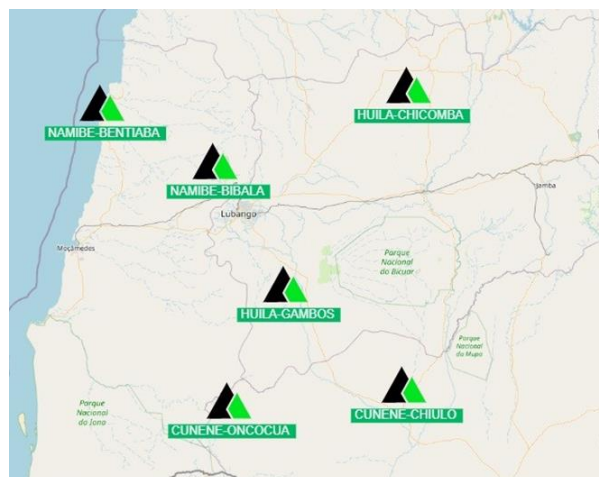


Figura 1 – Estações meteorológicas automáticas no sudoeste de Angola : Projeto FRESAN

No âmbito do Programa FRESAN está a ser implementada uma plataforma de monitorização agro-climática de acesso livre para os agricultores e população em geral, com dados de temperatura do ar, humidade relativa, percentagem de água no solo, evapotranspiração, vento (direção e intensidade) pressão atmosférica e índice de stress animal. Está também contemplado nesta plataforma previsão meteorológica (quinzenal e sazonal), assim como uma área de informação de culturas agrícolas, com época de sementeira e colheita favorável e época de sementeira e colheita para culturas de melhor adaptação nas três províncias do sudoeste de Angola (Figura 2).

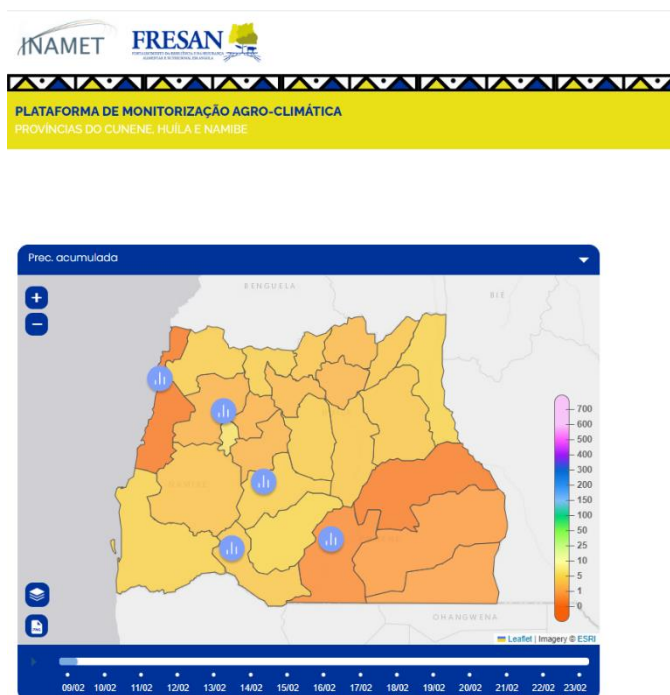


Figura 2 – Plataforma de monitorização agro-climática para o sudoeste de Angola

REFERÊNCIAS

<https://oscar.wmo.int/surface//index.html#/>
<https://fresan-angola.org/>
<http://inamet.gov.ao/ao/>
<https://www.ipma.pt/pt/index.html>
<https://aws-fresan.ipma.pt/ambids/do.asp?display=netda&idnet=1019&maptype=sat>
<http://dev3.widegeo.com/pt/>