

Una climatología de tormentas y sus índices realizada con ERA5 para Canarias

David MARTÍN MUÑIZ¹, David QUINTERO PLAZA²,
David SUÁREZ MOLINA³, Luis Cesáreo CANA CASCALLAR⁴

¹Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, david.martin125@alu.ulpgc.es

²Agencia Estatal de Meteorología, D. T. Canarias, dquinterop@aemet.es

³Agencia Estatal de Meteorología, D. T. Canarias, dsuarezm@aemet.es

⁴Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, luis.cana@ulpgc.es

Resumen: Este artículo es una exposición resumida de un trabajo de fin de grado realizado por el alumno de la ULPGC (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) David Martín Muñoz, codirigido por la propia ULPGC y por la Delegación Territorial de AEMET en Canarias. Se presenta una climatología de tormentas y sus índices asociados (sobre todo el CAPE) realizada con el reanálisis del modelo ERA5, desde 1979 a 2021, ambos inclusive. Se mostrará un desglose por estaciones, momentos del día y una descomposición usando estadística de series temporales. Los datos procedentes de ERA5 se compararán con la serie observada de descargas en un área alrededor del archipiélago, disponibles desde 2007. Se llevarán a cabo varios análisis y se extraerán algunas conclusiones.

Palabras clave: climatología, tormentas, Canarias, estadística, series temporales, ERA5, reanálisis.

1. INTRODUCCIÓN

Las islas Canarias son un archipiélago situado ligeramente por debajo de latitud 30° N, que forma parte de la Macaronesia. Dada su ubicación, las islas Canarias estarían, estrictamente hablando, en latitudes tropicales, si bien en numerosas ocasiones se ven afectadas por fenómenos de latitudes medias. Además de ellos, experimentan la cercanía e influencia del continente africano. En total se pueden distinguir tres tipos de tiempo: alisio, africano y bajas atlánticas de latitudes medias o tropicales. Los vientos alisios, producidos por las altas presiones de Azores, son la situación sinóptica predominante en gran parte del año (SUÁREZ MOLINA y otros, 2020) y tienen como característica el proporcionar gran estabilidad y suprimir desarrollos convectivos que puedan llevar a tormentas (aunque con nubes medias en ocasiones puede haber convección elevada, aprovechando capas con no tanta estabilidad).

Dos herramientas fundamentales en este trabajo han sido el reanálisis del modelo ERA5 que proporciona el programa europeo Copernicus. La otra ha sido la serie de descargas eléctricas observadas, existente desde 2007. ERA5 es un modelo con unos 31 kilómetros de resolución horizontal (poco para Canarias, ciertamente) y 137 niveles verticales. Es un reanálisis, es decir, es un modelo fijo (al que no se le hacen modificaciones) que recibe como entradas las situaciones de tiempo pasado reconstruidas en base a modelos antiguos y observaciones. Para este trabajo se ha usado ERA5 desde 1979 a 2021, ambos años inclusive, en un área limitada por 27° N y 30° N, y 13° W y 20° W (área de interés). Las descargas eléctricas, desde 2007, también han tenido estas coordenadas como límites; es importante mencionar que cuanto más lejos está la descarga del área más cercana a las islas, más incertidumbre hay en su detección.

Las variables usadas del modelo ERA5 han sido el CAPE (que mide la energía disponible para la convección) y la precipitación total (TP), junto a algunos otros índices convectivos. Estas variables no se definen con mayor detalle por ser más o menos bien conocidas, en todo caso una buena referencia para aprender sobre ellas es <https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/>

Instability+Indices. También se han usado, para estudiar el influjo de teleconexiones sobre patrones sinópticos, índices de circulación, en particular el SOI (*Southern Oscillation Index*), que mide el ENSO (negativo, indica probable El Niño; positivo, tendencia a La Niña); el TWI (*Trade Wind Index*), que mide la intensidad del alisio y es la diferencia de presión normalizada entre Azores y Cabo Verde; el AMO (*Atlantic Multidecadal Oscillation*), que mide la variabilidad de la temperatura del agua (SST) en la cuenca atlántica norte; y la NAO (*North Atlantic Oscillation*), que mide la diferencia de presión normalizada entre Azores e Islandia. Solo algunos de estos índices se mostrarán en este artículo. Una referencia de patrones de teleconexión a nivel generalista puede ser la siguiente: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/Cwlink/MJO/climwx.shtml>.

2. EXPLORACIÓN DE LOS DATOS

2.1. Variabilidad estacional

El desglose por estaciones, usando medias mensuales, muestra algunos patrones interesantes. Para el CAPE (figura 1) se puede ver cómo los valores son poco relevantes en verano. En el invierno los valores altos se concentran al noroeste, ya que las perturbaciones del alisio tienen casi todas su origen en el frente polar, que entra al archipiélago por el noroeste. En otoño se localiza el máximo CAPE, especialmente al suroeste del archipiélago, sugiriendo un origen tropical, y de hecho es en otoño, con aguas más cálidas, cuando las bajas tropicales pueden llegar a las islas. La primavera sigue un patrón similar al invierno, pero menos significativo.

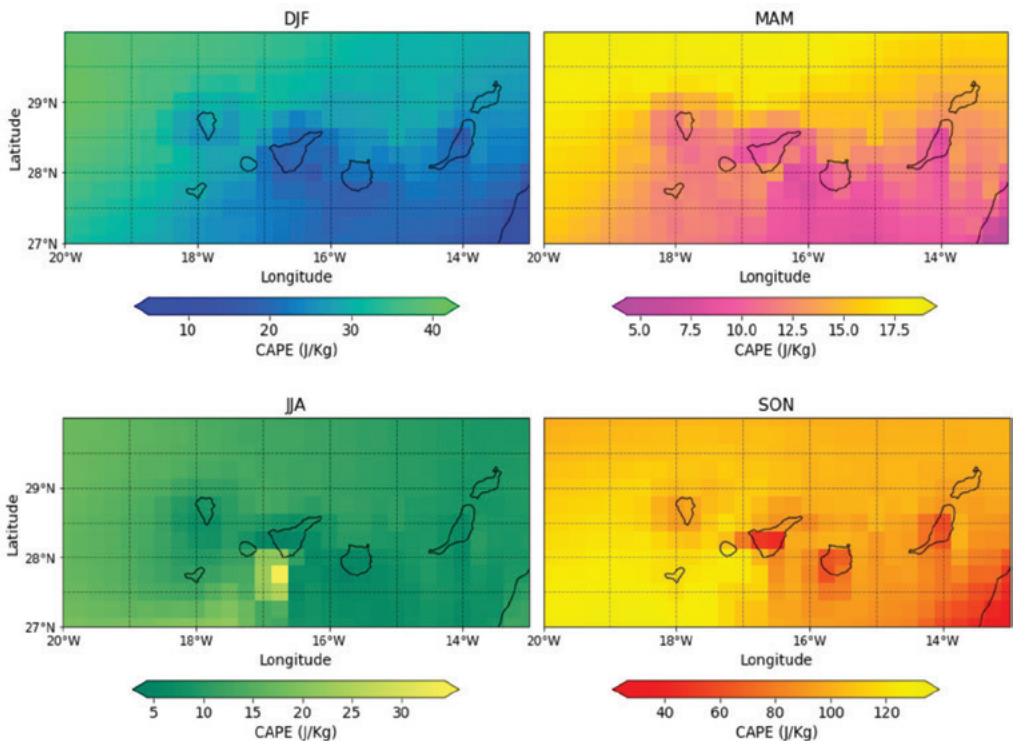


Figura 1. Variación estacional del CAPE medio mensual. DJF: diciembre, enero, febrero; MAM: marzo, abril, mayo; JJA: junio, julio, agosto; SON: septiembre, octubre, noviembre.

Se muestra también el caso de la precipitación, con promedios mensuales. Hay que señalar que tanto el CAPE como (incluso más) la precipitación son variables muy sesgadas y con colas largas, lo que significa que tomar la media simplifica drásticamente; no obstante, se pueden apreciar patrones de interés incluso en una versión tan simplificada. En la figura 2 se ve cómo la precipitación alcanza sus mayores valores sobre las islas de mayor tamaño, gracias al conocido efecto de realce por el relieve. Los valores máximos se sitúan en las islas de mayor tamaño, aunque hay que tener en cuenta que para ERA5 islas como El Hierro o La Gomera apenas son captadas (debido a la baja resolución del propio ERA5). La precipitación promedio mensual, en su evolución estacional, parece aproximadamente bimodal, con los dos máximos correspondiendo al otoño y al invierno. (Se hace de nuevo hincapié en el carácter muy simplificado de una variable como esta al tomar promedios).

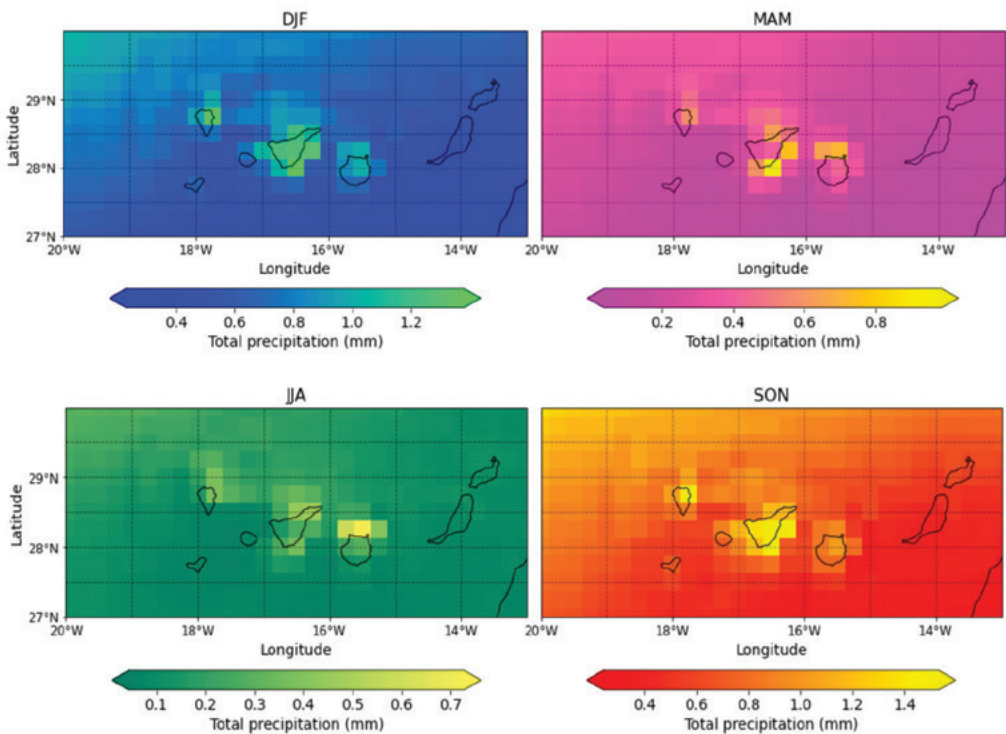


Figura 2. Variación estacional de la precipitación media mensual.

2.2. Correlaciones estacionales

Es interesante ver cómo la correlación evoluciona con las estaciones climatológicas. En este caso se ha usado la correlación de Spearman, similar a la de Pearson, pero centrada en detectar cambios en la monotonía (tendencia creciente o decreciente) de la serie.

Se muestra (figura 3) solo CAPE y TP, ya que la experiencia operacional de los predictores del GPV de Canarias da una mayor importancia al CAPE sobre índices como TT o K. Se aprecia que en algunos puntos y estaciones la correlación aumenta apreciablemente. De especial interés resulta el Teide, que tiende a acumular valores altos de correlación, lo que demuestra la influencia del complejo relieve de las islas para el desencadenamiento no solo de la lluvia sino también de las tormentas.

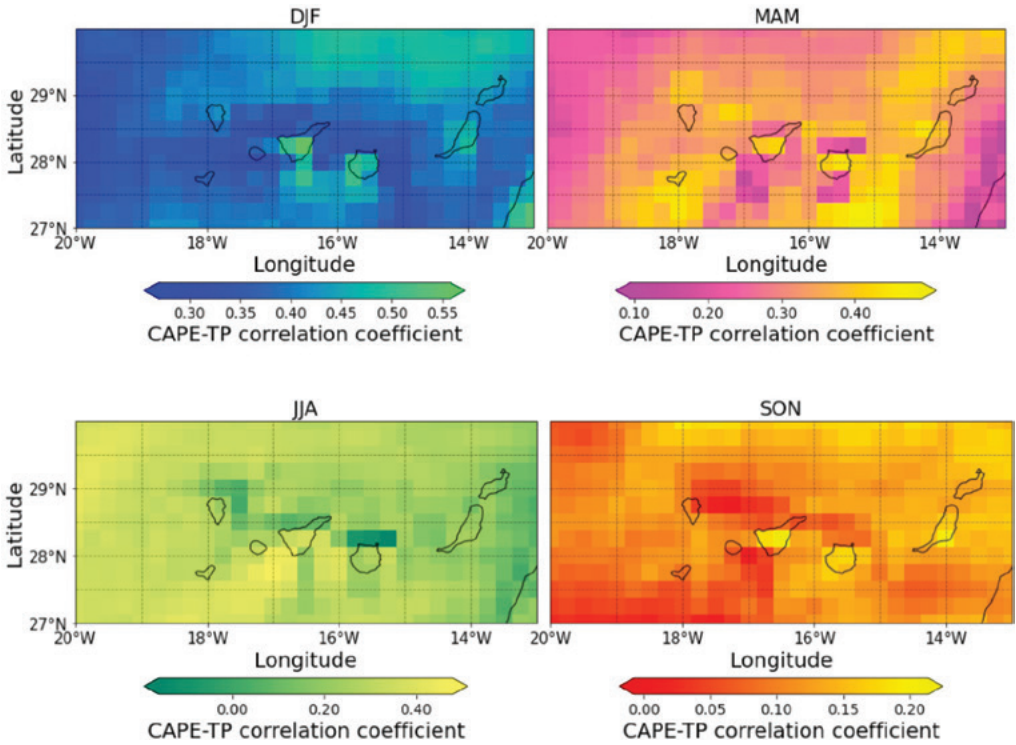


Figura 3. Correlación de Spearman entre CAPE y TP, análisis estacional, promedio mensual.

2.3. Variabilidad diurna

Para estudiar la variabilidad diurna se descargaron datos mensuales por hora del día del CAPE, y se agruparon por intervalos de 6 horas. El gráfico (figura 4) no da, de manera meramente visual, una variación significativa con el periodo del día. Esto se comprobó de forma más rigurosa con un test estadístico Chi cuadrado tomando como hipótesis nula la no variación diurna, el p-valor confirmó que no se puede rechazar dicha hipótesis nula y que las variaciones diurnas parecen deberse más a aleatoriedad que a un patrón subyacente.

No habría, por tanto, ciclo diurno de CAPE en Canarias, a diferencia de lo que ocurre en la Península, donde por ejemplo en verano se ve una tendencia de las tormentas a ocurrir por la tarde/noche.

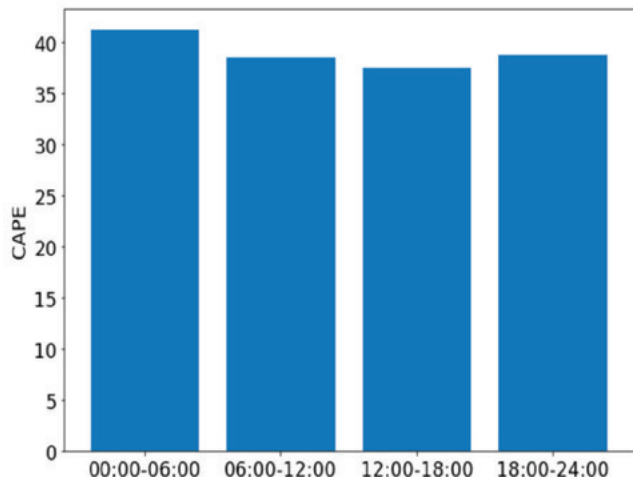


Figura 4. Promedio horario mensual del CAPE agrupado cada 6 horas.

2.4. Correlaciones con teleconexiones y con *time lag*

Las variables de interés CAPE y TP se compararon frente a diversos índices de teleconexiones. En general, las correlaciones encontradas fueron bastante poco significativas. Se muestran tan solo algunas como ejemplo.

En las figuras 5 y 6 se correlacionan NAO frente a CAPE y TP, respectivamente. Existe un trabajo que menciona cierto efecto de la NAO sobre Canarias (GARCÍA HERRERA y otros, 2001); lo que se ha encontrado en este trabajo es un efecto pequeño, no obstante hay que recalcar que la correlación sirve para efectos lineales y que las variables promediadas siempre suavizan y simplifican mucho.

En todos estos gráficos se ha comparado la media mensual del índice con el valor medio mensual de la variable en cada punto del área.

Otra técnica usada fue la correlación (tipo Pearson) con *time lag*, esto es, retardando una de las señales para ver qué señal lidera de las dos y con cuánta diferencia de tiempo. Las señales se tomaron en promedio mensual y de área. Nótese que, como siempre con cualquier correlación, la presencia de una correlación no implica causalidad, es decir, en este caso una correlación con cierto *lag* no significa que la señal que lidera genere la otra señal. Los valores obtenidos son poco relevantes salvo la correlación con *time lag* del SST (temperatura superficial del agua del mar) con el CAPE y la TP (figura 8).

La correlación con *time lag* es importante; en la figura 7 el SST, colocado en segunda posición, es la señal que se espera que lidere. El CAPE correlaciona al máximo con el SST 1 mes después, y la precipitación unos 2-3 meses después. Esta técnica estadística debe ser aplicada de forma conjunta con una cierta interpretación física: por ejemplo, se espera que los

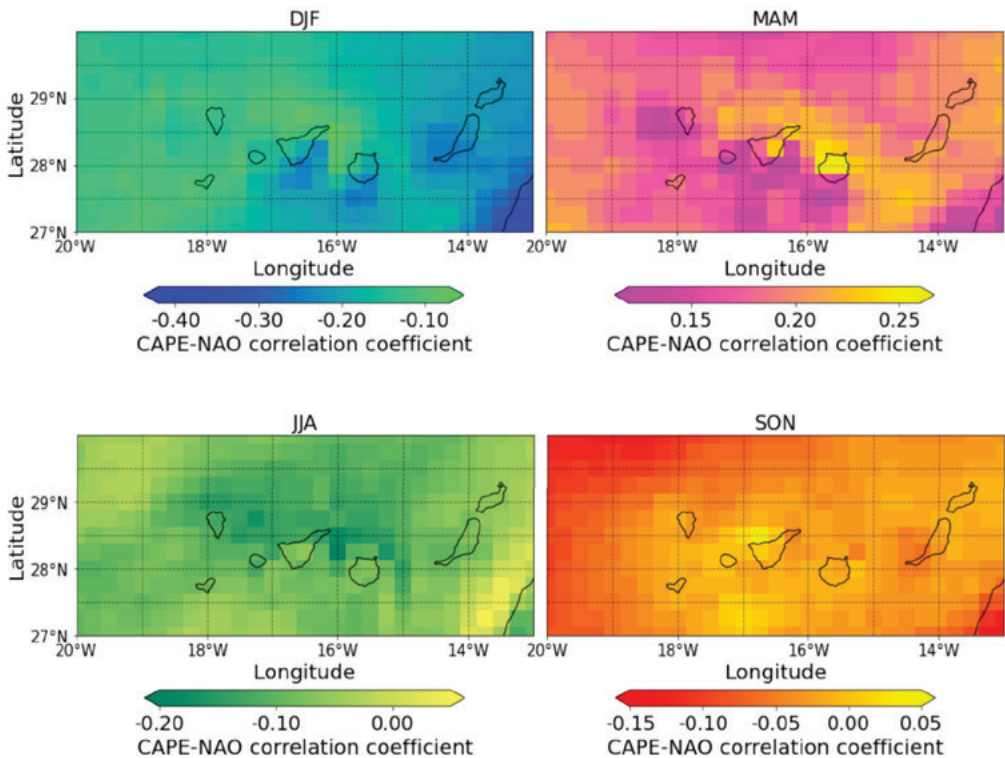


Figura 5. Correlación de Spearman de CAPE promedio mensual con NAO promedio mensual.

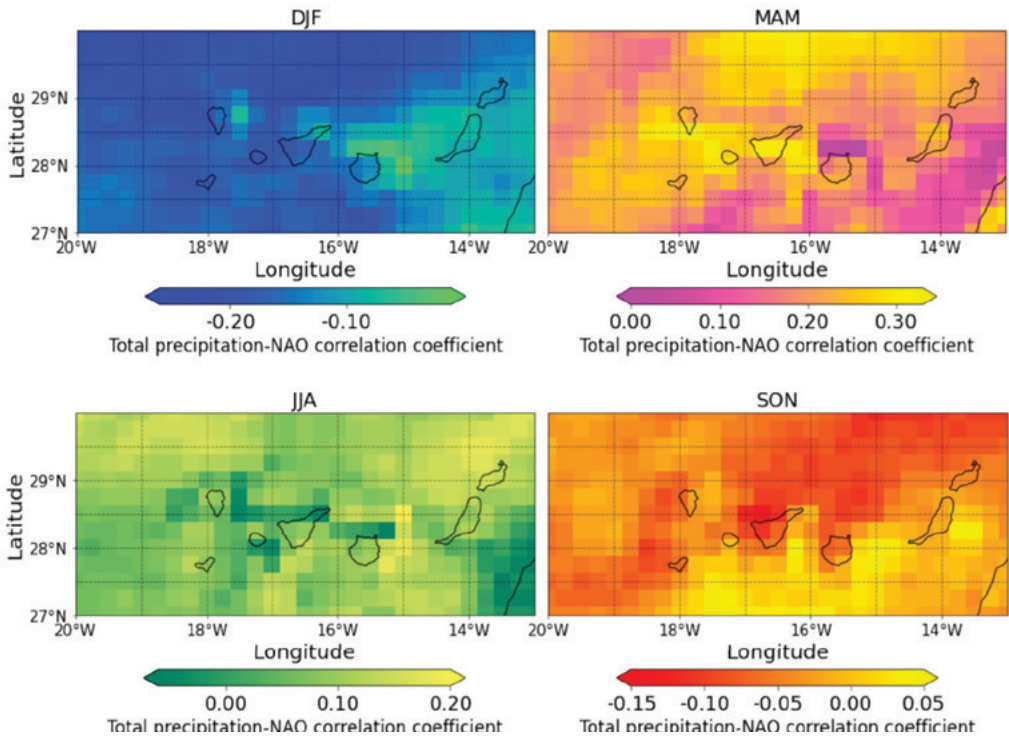


Figura 6. Correlación de Spearman de TP promedio mensual con NAO promedio mensual.

cambios en la temperatura del agua se acaban traduciendo en un entorno más favorable a la inestabilidad, de ahí colocar la SST como segunda (señal líder); por otro lado, las correlaciones con meses más avanzados son más bien la misma correlación de antes pero con respecto al tramo final del año.

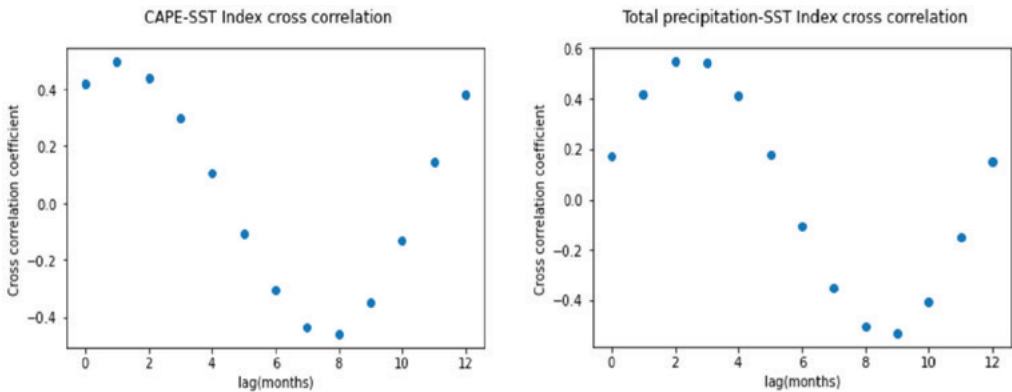


Figura 7. Correlación con time lag. La señal en segunda posición (SST) es quien se espera que lidere. Promedios mensuales y de área.

3. BREVE ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES Y EVENTO MÁXIMO

3.1. La descomposición STL

Para analizar la serie temporal de CAPE se llevó a cabo una descomposición STL (*Seasonal and Trend decomposition using LOESS*) (CLEVELAND y otros, 1990). Este es un método muy flexible y robusto que permite extraer la tendencia y la componente estacional de una serie temporal de datos, usando para ello diferentes filtros, basados todos ellos en LOESS, una regresión que ajusta un subconjunto local de variables (variables cercanas) mediante un procedimiento iterativo. En la figura 8 se ve la descomposición del CAPE promedio mensual del área.



Figura 8. Descomposición STL del CAPE promedio mensual del área de 1979 a 2021, ambos inclusive. Primera gráfica: valores del CAPE. Segunda gráfica: tendencia. Tercera gráfica: componente estacional. Cuarta gráfica: residuos.

En la figura 8 no se aprecia tendencia en la serie mensual promediada al área del CAPE. Sí se ve la estacionalidad, con máximos en el otoño, como en la figura 1. También se puede ver una segunda señal, una especie de envolvente que modula y presenta una periodicidad de aproximadamente unos 13-18 años. Se pensó que la señal iría en sintonía con el índice AMO (*Atlantic Multidecadal Oscillation*), pero la correlación lo descartaba. Se barajaron otras opciones, pero en el momento de escribir este artículo no se ha logrado determinar la causa de esa señal envolvente.

De todas formas, hay que tener en cuenta que, aunque la serie cumple los más de 30 años de la OMM para poder considerarla serie climática, es aún muy corta para un estudio detallado de la envolvente.

3.2. Serie de descargas medidas y evento máximo

Para no usar tan solo datos de modelo, se descargaron las descargas eléctricas (rayos) observadas desde que existen registros en AEMET, esto es, desde 2007, para el área de interés. La serie es demasiado corta para hacer una descomposición STL, por lo que se muestra tan solo la evolución temporal en la figura 9.

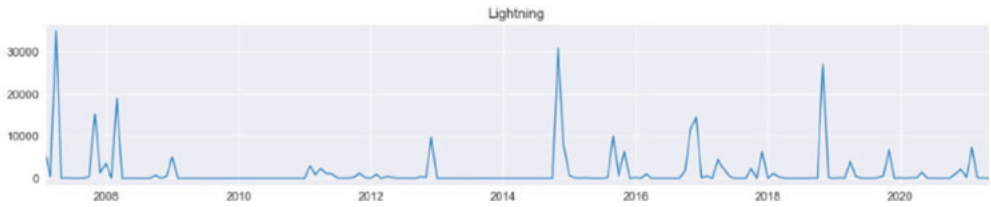


Figura 9. Serie temporal de descargas eléctricas (rayos) observadas en el área de interés.

Como curiosidad, se buscó el día con mayor número de descargas, que resultó ser el 19 de octubre de 2014, con 29 402 descargas medidas, tanto nube-tierra como nube-nube y tierra-nube. En la figura 10 se aprecia que los valores de CAPE resultaron ser altísimos. Valores superiores a 1000 J/kg son extremadamente inusuales en el archipiélago, y además se sabe que no hacen falta valores muy altos en las islas para desatar tormentas (SUÁREZ MOLINA y otros, 2020). A simple vista se ve la coincidencia de las descargas con los grandes valores de CAPE.

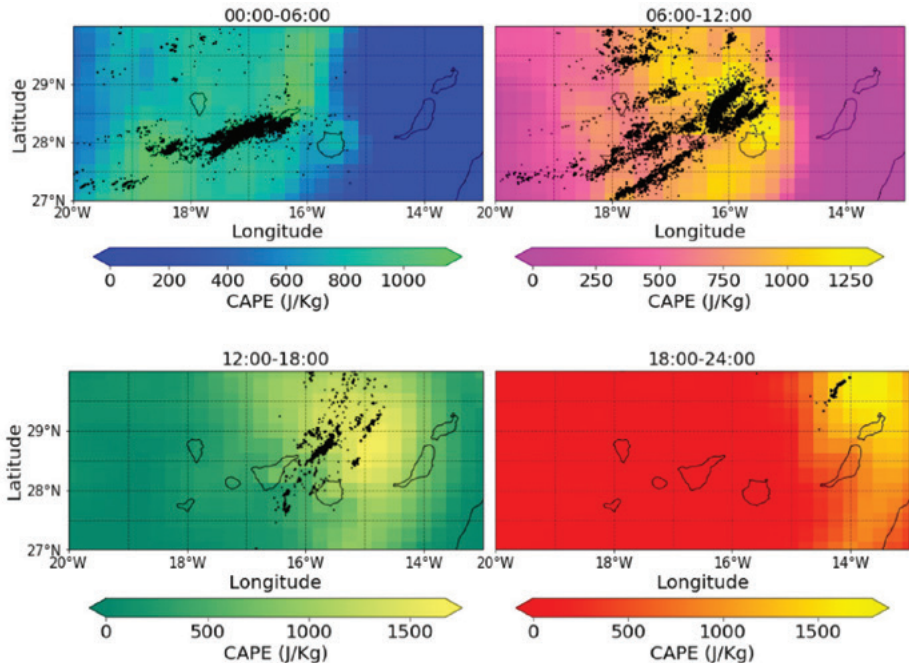


Figura 10. Descargas eléctricas (puntos negros) y valor del CAPE para el día de máxima actividad eléctrica del periodo 2007 a 2021, agrupado por horas del día.

4. CONCLUSIONES

De lo expuesto en este trabajo se puede destacar, resumiendo:

- La importancia del relieve como factor de realce de la precipitación y probablemente de las tormentas.
- Máximos de CAPE en otoño, coincidiendo con cierto debilitamiento del alisio que permite alguna entrada de bajas del sur, y con aguas más cálidas. TP tiene máximos más distribuidos entre otoño e invierno. Se aprecia correlación con *time lag* entre CAPE y TP con SST. No hay aparente variación diurna del CAPE.
- La descomposición STL no encuentra tendencia en el CAPE. Además de la estacionalidad, se aprecia una aparente señal extra, envolvente, cuya explicación no se ha podido determinar.
- Parece que CAPE es un buen indicador de la presencia de probables tormentas.

REFERENCIAS

- CLEVELAND, R. B., CLEVELAND, W. S., McRAE, J. E. y TERPENNING, I. (1990). STL: A Seasonal Trend Decomposition Procedure Based in LOESS. *Journal of Official Statistics*, Vol. 6, No. 1, pp 3-73. Statistics Sweden.
- GARCÍA-HERRERA, R. G., PUYOL, D. G., MARTÍN, E. H., PRESA, L. G. y RODRÍGUEZ, P. R. (2001). Influence of the North Atlantic Oscillation on the Canary Islands Precipitation. *Journal of Climate*, 14(19), 3889-3903. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<3889:IOTNAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3889:IOTNAO>2.0.CO;2)
- SUÁREZ MOLINA, D., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, S., SUÁREZ GONZÁLEZ, J. C. y OLIVER, A. (2020). Analysis of sounding derived parameters and application to severe weather events in the Canary Islands. *Atmospheric Research*, 237, 104865. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104865>