

Análisis de series temporales de parámetros atmosféricos mediante teledetección por satélite y su correlación con riesgos para la salud en Canarias

Caballero-Leiva, I., Marrero-Betancort, N., Rodríguez-Betancor, J.J., Rodríguez-Esparragón, D., Marcello-Ruiz, F.J.
 Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC.
 Campus de Tafira. 35017 Las Palmas de Gran Canaria. España. isabel.caballero@ulpgc.es

Resumen: Las islas canarias son bien conocidas por padecer frecuentes episodios de calima (polvo del Sahara en suspensión). A través del análisis de correlación entre parámetros climáticos y clínicos se estudia como las condiciones atmosféricas afectan a la salud de los grancanarios. Las herramientas usadas son la teledetección, usada para la extracción de parámetros atmosféricos velocidad e intensidad del viento y presencia de aerosoles (*Aerosol Optical Thickness*, AOT), y los análisis de correlación lineal bivariado, realizados entre los distintos parámetros atmosféricos entre sí, y para cada uno de ellos con respecto a Ingresos Urgentes por Patologías Respiratorias (IUPR). Los resultados mostrados en este estudio pertenecen a análisis preliminares de series temporales de 14 años y muestran una correlación significativa entre la intensidad del viento y la presencia de AOT. Para entender mejor la relación de dependencia entre el resto de parámetros climáticos y los IUPR se propone introducir otras variables como el tamaño de partículas de los AOT, los distintos tipos de patologías respiratorias, la estacionalidad de los parámetros atmosféricos en la zona de estudio e incrementar la resolución temporal de los datos de viento.

Palabras clave: teledetección, riesgos para la salud, cambio climático.

English: Atmospheric Parameters time series analysis by the use of satellite imaging and its correlation with health risks in the Canary Islands

Abstract: The Canary Islands are well known for the strong and frequent influence of the Sahara dust (calima) in its air. This work presents the correlation between climatic and clinical parameters and aims to understand how the calima affects the health quality of the Gran Canaria population. The tools employed are remote sensing, used to extract the atmospheric parameters (wind speed, wind direction and Aerosol Optical Thickness (AOT), and lineal bivariate correlation analysis. This correlation has been studied among the atmospheric parameters and also between those and the clinical data (Urgent Admissions due to Respiratory Pathologies, IUPR). The results of a preliminary analysis applied to a 14-years data set as a bulk, show significant statistical correlation for one of the studied pairs, wind intensity and AOT. In order to understand the correlation among the other variables, we propose to reduce the temporal resolution (accounting for seasonality), discriminate among different AOT particle sizes and among different respiratory pathologies.

Keywords: satellite imagine, health risks, climate change.

1. INTRODUCCIÓN

Las Islas Canarias se ven sometidas gran parte del año a vientos de componente este que con cierta regularidad portan polvo del Sahara, evento meteorológico comúnmente conocido como “calima”. Este hecho es sobradamente conocido por los servicios de Urgencias de Canarias, que ven claramente incrementada la afluencia de pacientes en los días en los que el evento se encuentra presente (Carrasco et al., 2001). La presencia de altas concentraciones de polvo durante largos periodos de tiempo, y su interacción con la contaminación atmosférica de origen humano, genera preocupación en cuanto a los efectos adversos sobre la salud y la idoneidad de las medidas de intervención establecidas por las autoridades sanitarias (Pérez et al., 2019). Hay muchas publicaciones sobre la relación entre esas dos variables (Mallone et al., 2011; Jiménez et al., 2010; Pérez et al., 2019; Sajani et al., 2011), pero hasta donde sabemos, no se ha realizado ninguna utilizando herramientas de teledetección en las Islas Canarias.

El presente trabajo se centra en el análisis temporal de parámetros atmosféricos (viento y presencia de aerosoles en la atmósfera) del entorno de la isla de Gran

Canaria (GC), y el grado de correlación de los mismos con la afluencia de ingresos por patologías respiratorias (Hospital Dr. Negrín). Las herramientas usadas para ello son la teledetección y la estadística.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Las Islas Canarias se encuentran en la costa oeste del continente africano y forman parte del conjunto de archipiélagos de la Macaronesia. Su climatología se caracteriza por el predominio de los vientos alisios que soplan del N y NE. Cuando la dirección dominante del viento es este y sureste se produce la invasión de aire sahariano caracterizado por temperaturas cálidas, humedad relativa muy baja y polvo sahariano en suspensión (calima) (Carrasco et al., 2001).

2.2. Datos

Los datos usados corresponden al periodo de enero de 2003 a diciembre de 2017, 14 años.

Datos Climáticos. Los datos climáticos son tres: la dirección del viento, la intensidad del viento y el espesor de la capa de aerosoles (AOT).

Con respecto al viento, los datos utilizados son datos desarrollados por el Centro Nacional de Predicción Atmosférica y el Centro Nacional de Investigación Atmosférica de Estados Unidos (NCEP/NCAR) (Kalnay et al., 1996) y consisten en un reanálisis de las medias mensuales de las componentes u y v del viento medidos a 10 m de altura. Los datos se suministran en una matriz de 192 píxeles de longitud y 94 píxeles de latitud (Grilla Gaussiana), tienen un procesado de nivel 4, con una resolución geográfica de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ($\approx 25 \text{ km} \times 25 \text{ km}$). Se proporciona en formato HDF5.

En el caso del AOT, estos son un producto del MODIS (Espectrorradiómetro de Imágenes de Media Resolución) que se encuentra a bordo del satélite Aqua de la NASA (Levy et al., 2015). Las imágenes tienen un procesado de nivel 3, contienen una matriz de 8640 píxeles de longitud y 4320 píxeles de latitud, con una resolución geográfica de $0,04^\circ \times 0,04^\circ$ ($\approx 4.4 \text{ km} \times 4.4 \text{ km}$) y una resolución temporal mensual. El formato es HDF5.

Datos Clínicos. Los datos clínicos son aportados por el equipo de admisiones del Hospital Universitario Doctor Negrín de la isla de GC. Consisten en el número de Ingresos Urgentes diarios por Patología Respiratorias (IUPR). El número de ingresos urgentes por patologías respiratorias (IUPR) durante los 14 años de estudio es de 15814.

2.2.1. Pre-Procesamiento de Datos

En cuanto al pre-procesamiento de los datos de viento se hizo un corte para la región de interés entre 27°N y 30°N y longitudes de 11°W a 18°W , un filtro para eliminar datos anómalos y se calculó la intensidad y la dirección del viento a partir de sus componentes u y v . Posteriormente se extrajeron series temporales de 8 puntos repartidos al norte de GC. Los datos de viento mostrados en este trabajo consisten en la media de los 8 puntos extraídos, siendo Pm_I la media de la dirección de los 8 puntos para cada paso de tiempo, y Pm_D la media de la intensidad de los mismos.

Con respecto a los datos de AOT se les aplicó un filtro para minimizar las alteraciones debidas a la cobertura de nubes y se extrajeron series temporales de 6 puntos localizados al norte de la isla. Debido a la similitud de las series de datos de los puntos extraídos, los datos de AOT

utilizados para los análisis consisten en una media de los 6 puntos (Pm_AOT).

Los datos clínicos fueron recibidos como número de casos diarios por lo que el procesamiento consistió en acumularlos en meses y pasarlos a tantos por 1000 poblacional sobre el número de adscritos al Hospital; 350 000 (Gobierno de Canarias, s.f.).

3. RESULTADOS

Una vez procesados los datos climáticos y clínicos, se realizaron análisis de correlación lineal bivariada entre las distintas variables (Coeficiente de correlación de Pearson para series temporales).

La figura 1 muestra el gráfico de la serie temporal de la dirección y la intensidad del viento frente al AOT. Con respecto a la dirección del viento, se muestra un claro predominio de la componente NNE durante todo el periodo de estudio, siendo la dirección más frecuente entre los 20 y los 30 grados. La correlación lineal entre la dirección del viento con el AOT no es estadísticamente significativa ($-0,03$), pero si lo es la de los aerosoles con la intensidad del viento ($0,26$, $p < 0,01$). Claros periodos de correlación entre Pm_AOT y Pm_I se encuentran marcados en el gráfico con cajas grises.

La figura 2 muestra las medias mensuales del AOT frente a los IUPR (%1000) y junto a sus correspondientes líneas de tendencia para los 14 años que ocupa este estudio. Dichas líneas de tendencia tienen comportamientos opuestos; mientras que la del AOT es claramente descendente, la de los IUPR aumenta a lo largo del mismo periodo. En comparación, la cantidad de casos hospitalarios aumenta más rápido de lo que decae la cantidad de aerosoles en la atmósfera. El coeficiente de correlación de Pearson para los datos mostrados en esta gráfica es de $-0,08$, por tanto, no estadísticamente significativo. A pesar de ello, cabe comentar que sí existe una clara correlación visual en el gráfico de las series de datos. Algunos ejemplos se encuentran marcados en el gráfico con cajas grises. De hecho, si estudiamos la correlación de periodos de tiempo más cortos en medias mensuales acumuladas y las analizamos trimestralmente, el coeficiente de correlación de Pearson sube significativamente. El coeficiente de correlación de Pearson para la media mensual acumulada (14 años) del trimestre julio, agosto, septiembre es de $0,401$ y el de marzo, abril, mayo crece hasta un $0,448$, ambos con un $p < 0,01$.

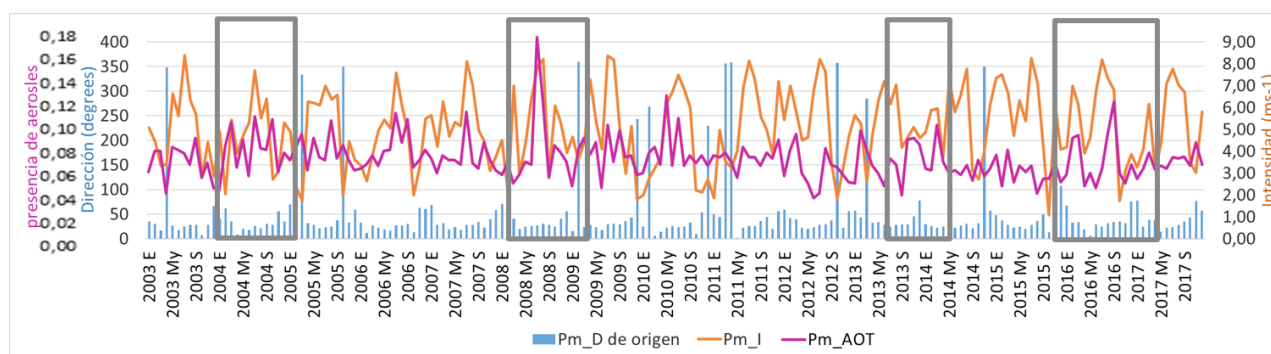


Figura 1. Presencia de AOT (Pm_AOT) (rosa) frente a la velocidad (Pm_D) (azul) y la intensidad (Pm_I) (naranja) del viento. Cajas grises muestran ejemplos de periodos de correlación visual entre Pm_AOT y Pm_I . Medias mensuales. Periodo 2003-2017.

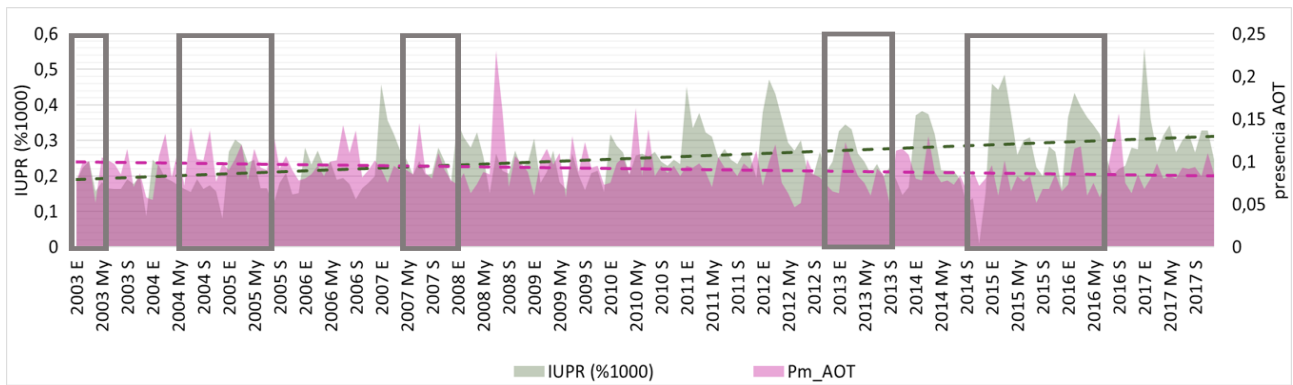


Figura 2. AOT (*Pm_AOT*) (rosa) frente a IUPR (%1000) (verde) y sus correspondientes Líneas de tendencia. Datos mensuales. Periodo 2003-2017.

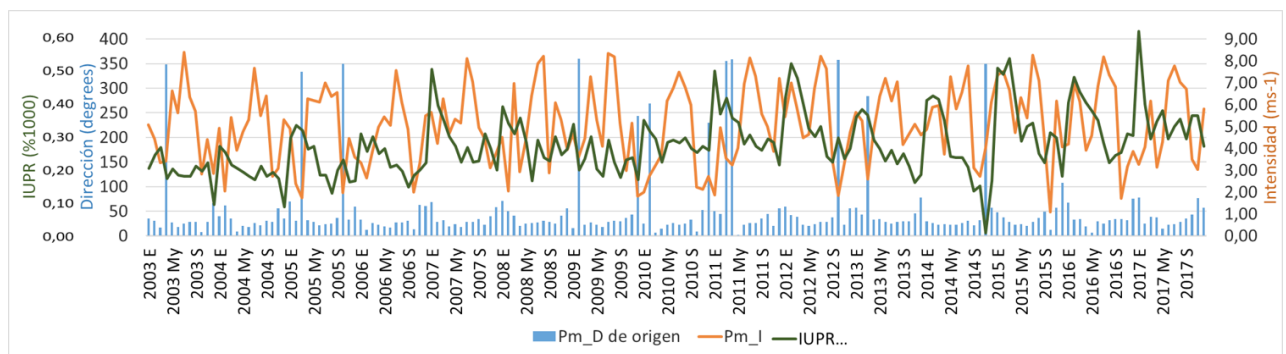


Figura 3. IUPR (%1000) (verde) frente a la dirección (*Pm_D*) (azul) e intensidad (*Pm_I*) (naranja) del viento. Datos mensuales. Periodo 2003-2017

La figura 3 muestra los IUPR (1000%) frente al viento. El coeficiente de correlación entre los casos hospitalarios y la dirección del viento es de -0.03 y con la intensidad es de 0.02 , ambos estadísticamente no significativos.

4. CONCLUSIONES

Este estudio muestra las correlaciones entre los parámetros atmosféricos AOT, velocidad y dirección del viento y el parámetro clínico IUPR. Se ha estudiado, por un lado, la correlación entre las variables atmosféricas entre sí y la existente entre estas y los IUPR durante un periodo de 14 años (2003-2017) y para un solo hospital.

Analizando la correlación lineal bidimensional de las medias mensuales de las distintas series de datos para el periodo de estudio completo, tal y como aparece en la sección de resultados, solo una pareja de datos presenta un coeficiente de correlación de Pearson estadísticamente significativo: la intensidad del viento y la presencia de aerosoles. Sin embargo, a pesar de que los resultados mostrados en este trabajo son preliminares, se ha comprobado que la correlación entre los AOT y las IUPR aumenta significativamente cuando se aplica el análisis a determinados trimestres acumulados en concreto, en lugar de a la serie de datos completa. Esto nos da a entender que podría existir una componente estacional en la relación entre las variables atmosféricas y las clínicas. Cabe puntualizar que la presencia de correlación entre las distintas series de datos presentadas no implica necesariamente causalidad.

La no correlación lineal entre la dirección del viento y los AOT, y entre la primera y los IUPR, podría deberse a la resolución temporal usada en los datos de viento (medias mensuales). Considerando que los eventos de calima

suelen durar en torno a 3 días, los datos en medias mensuales puede que no capten dichos eventos (p. ej. varios días de viento de componente este en semanas donde predominan los Alisios (NNE)). Para solventar este problema se propone repetir el análisis con una resolución temporal de los vientos diaria, disponible en los datos NCEP. Sería también interesante estudiar qué días del evento de calima se produce un número mayor de casos clínicos, así como la relación entre la permanencia de cada evento y el número de ingresos total por evento meteorológico.

Una hipótesis por comprobar es la influencia de la naturaleza de los datos de AOT. Los datos satelitales reportan la presencia de aerosoles en el total de la columna de aire, por lo que estos pueden hallarse a una altura tal que no afecte la parte de la troposfera cercana a la superficie terrestre. En la misma línea es importante tener en cuenta que los AOT facilitados por la NASA contienen todas las partículas en suspensión en la atmósfera. En este sentido, consideramos que la particularización del estudio para tamaños específicos de partículas, por ejemplo PM_{2.5}-PM₁₀ micrómetros, podría concluir resultados más significativos.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Gobierno de Canarias y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto PASTOR (Parámetros Atmosféricos Teledetección Riesgo).

Se le agradece al equipo de admisiones del Hospital Doctor Negrín de Gran Canaria su colaboración mediante el aporte de los datos clínicos y su valiosa experiencia profesional.

Agradecer a la NOAA/OAR/ESRL PSD (Boulder, Colorado, USA) los datos de viento derivados del reanálisis NCEP.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco, J.G., Vázquez, A.H., Fuente, A.B. De, Hernández, B.C.R. 2001. Invasión de viento sahariano y su impacto en la asistencia sanitaria urgente. *Emergencias*, 372–376.
- Gobierno de Canarias, Servicio Canario de Salud. Recuperado de <https://www.gobiernodecanarias.org/sanidad/>
- Jiménez, E., Linares, C., Martínez, D., Díaz, J. 2010. Role of Saharan dust in the relationship between particulate matter and short-term daily mortality among the elderly in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 408(23), 5729–5736. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.08.049>
- Kalnay et al., The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470, 1996. Obtenido de <https://www.esrl.noaa.gov/psd/>. Accedido el 16/11/2018
- Mallone, S., Stafoggia, M., Faustini, A., Paolo Gobbi, G., Marconi, A., Forastiere, F. 2011. Saharan dust and associations between particulate matter and daily mortality in Rome, Italy. *Environmental Health Perspectives*, 119(10), 1409–1414. <https://doi.org/10.1289/ehp.1003026>
- Levy, R., Hsu, C., et al., 2015. MODIS Atmosphere L2 Aerosol Product. NASA MODIS Adaptive Processing System, Goddard Space Flight Center, USA: http://dx.doi.org/10.5067/MODIS/MYD04_L2.006.
- Perez, L., Tobias, A., Querol, X., Künzli, N., Pey, J., Viana, M., ... Sunyer, J. 2019. Coarse Particles From Saharan Dust and Daily Mortality. *Epidemiology*, 19(6), 800–807. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318181813>
- Sajani, S.Z., Miglio, R., Bonasoni, P., Cristofanelli, P., Marinoni, A., Sartini, C., ... Lauriola, P. 2011. Saharan dust and daily mortality in Emilia-Romagna (Italy). *Occupational and Environmental Medicine*, 68(6), 446–451. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.058156>