

# Variación espacial del índice de aerosol para el Departamento de Junín

*Spatial variation of the aerosol index for the Department of Junín*

*Variação espacial do índice de aerossóis para o Departamento de Junín*

Roberto Julio Angeles Vasquez 

Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú

roanvas@hotmail.com

Julio Miguel Angeles Suazo 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

julioangeles@unat.edu.pe

Nataly Angeles Suazo 

Universidad Alas Peruanas, Perú

nati2643@hotmail.com

Arlitt Lozano 

Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

lozanopovisarlitt@gmail.com

Jose Flores Rojas 

Instituto Geofísico del Perú, Perú

jflores@igp.gob.pe

## RESUMEN

En este trabajo realizado se expone el comportamiento dinámico espacial del índice de aerosol para el departamento de Junín. La información básica para el desarrollo de esta investigación son datos satelitales obtenidos de la NASA. El satélite AURA que lleva instalado el sensor OMI ha estado monitoreando el índice de aerosol (IA) desde octubre del 2004-2018. Las observaciones satelitales son en su conjunto una serie histórica de la concentración del índice de, los datos también cuentan con información de coordenadas geográfica por lo cual se utilizó para evaluar y simular el comportamiento espacial mediante metodología de interpolación espacial de Kriging. Donde se observa mayor cantidad de partículas suspendidas tanto en la época seca como húmeda en la zona urbana que pertenece a la provincia de Huancayo.

**Palabras clave:** Índice de aerosol, observaciones satelitales, modelo espacial.

## ABSTRACT

In this work, the spatial dynamic behavior of the aerosol index for the department of Junín is exposed. The basic information for the development of this research is satellite data obtained from NASA. The AURA satellite that has the OMI sensor installed has been monitoring the aerosol index (AI) since October 2004-2018. The satellite observations are as a whole a historical series of the concentration of the index, the data also have geographic coordinate information, which is why it was used to evaluate and simulate the spatial behavior using Kriging's spatial interpolation methodology. Where the greatest amount of suspended

particles is observed both in the dry and wet season in the urban area that belongs to the province of Huancayo.

**Keywords:** Aerosol index, satellite observations, tropospheric ozone, atmosphere, spatial model.

## RESUMO

Neste trabalho, é exposto o comportamento dinâmico espacial do índice de aerossóis para o departamento de Junín. A informação básica para o desenvolvimento desta pesquisa são os dados de satélite obtidos da NASA. O satélite AURA que transporta o sensor OMI monitora o índice de aerossol (IA) desde outubro de 2004-2018. As observações de satélite são como um todo uma série histórica da concentração do índice, os dados também possuem informações de coordenadas geográficas, razão pela qual foi utilizado para avaliar e simular o comportamento espacial através da metodologia de interpolação espacial Krigagem. Onde se observa uma maior quantidade de partículas em suspensão tanto na estação seca como chuvosa na área urbana que pertence à província de Huancayo.

**Palavras-chave:** Índice de aerossol, observações de satélite, modelo espacial.

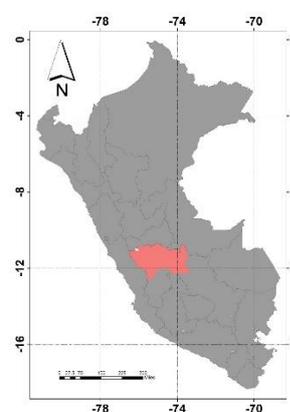
## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Huancayo ( $12^{\circ}$  S,  $75^{\circ}$  W) está ubicada en los Andes centrales del Perú, a una altura de 3249 m. Ubicado dentro del pintoresco Valle del Mantaro y el interior central de Perú, Huancayo tiene un clima cálido, templado y seco. La temporada de verano cae entre diciembre y marzo, cuando el clima soleado ve temperaturas promedio de alrededor de  $26^{\circ}$  C o  $27^{\circ}$  C, superando los  $30^{\circ}$  C durante el clima más soleado. Sin embargo, en lugar de ser categorizado como estaciones tradicionales de primavera, verano, otoño e invierno, el clima de Huancayo en realidad se divide en dos períodos muy distintivos, seco y húmedo. La estación seca en Huancayo se extiende entre mayo y principios de octubre, mientras que la estación húmeda cae entre noviembre y abril, y febrero y marzo tienden a ser predeciblemente los meses más lluviosos. Por otro lado, los aerosoles atmosféricos son suspensiones de partículas sólidas y / o líquidas en el aire y afectan el balance de radiación de la Tierra a través de interacciones con la radiación solar y terrestre, tanto de forma directa como mediante la dispersión y absorción de la radiación de onda corta y de onda larga (Charlson et al., 1992) e indirectamente, actuando como núcleos de condensación. El efecto indirecto aumenta el contenido de agua líquida de las nubes, favorece el aumento de la duración de las nubes e influye fuertemente en la química heterogénea de la atmósfera (Schwartz et al., 1995). La propiedad clave del aerosol que gobierna el forzamiento radiativo directo de onda corta es la profundidad óptica del aerosol (AOD) (integral del coeficiente de extinción del aerosol con la altura); que es una medida de la carga de aerosol, o propiedad "extensa" del aerosol

(Ogren et al., 1996). Por ello la presente investigación, pretende determinar la variación espacial del índice de aerosol para el departamento de Junín 2004-2019, para observar la distribución espacial de las partículas suspendidas en la atmósfera.

## METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la provincia de Huancayo ( $-12.05$  latitud Sur,  $-75.85$  Longitud Oeste, altitud 3313msnm), departamento de Junín, Perú. En las últimas décadas, la población en la provincia de Huancayo refleja la evolución de la población a partir del año 1940. En el año 2007, la población censada de la provincia de Huancayo fue de 466 mil 346 habitantes. Asimismo, el incremento de la población medido por la tasa de crecimiento promedio anual, indica que la población de la provincia de Huancayo ha presentado un crecimiento promedio anual para el periodo 1993–2007 de 0,5% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007).



**Figura 01:** Mapa de ubicación.

El procedimiento utilizado para realizar la interpolación espacial se basa en el método de kriging. Kriging es un predictor espacial lineal óptimo con predicción de error medio de mínimo cuadrático que se ha utilizado con éxito para muchas aplicaciones ambientales (Ruiz-Arias et al., 2011; Schulz et al., 2009)

### Productos de aerosol OMI

OMI es un instrumento holandés-finlandés a bordo del NASA EOS. La nave espacial Aura (Levelt et al., 2006) fue lanzada en julio de 2004. OMI es el sucesor de los instrumentos TOMS y se dedica al seguimiento del ozono, la calidad del aire y el clima de la Tierra. Mide la luz solar dispersada por la atmósfera en el rango de longitud de onda de 270-500 nm con

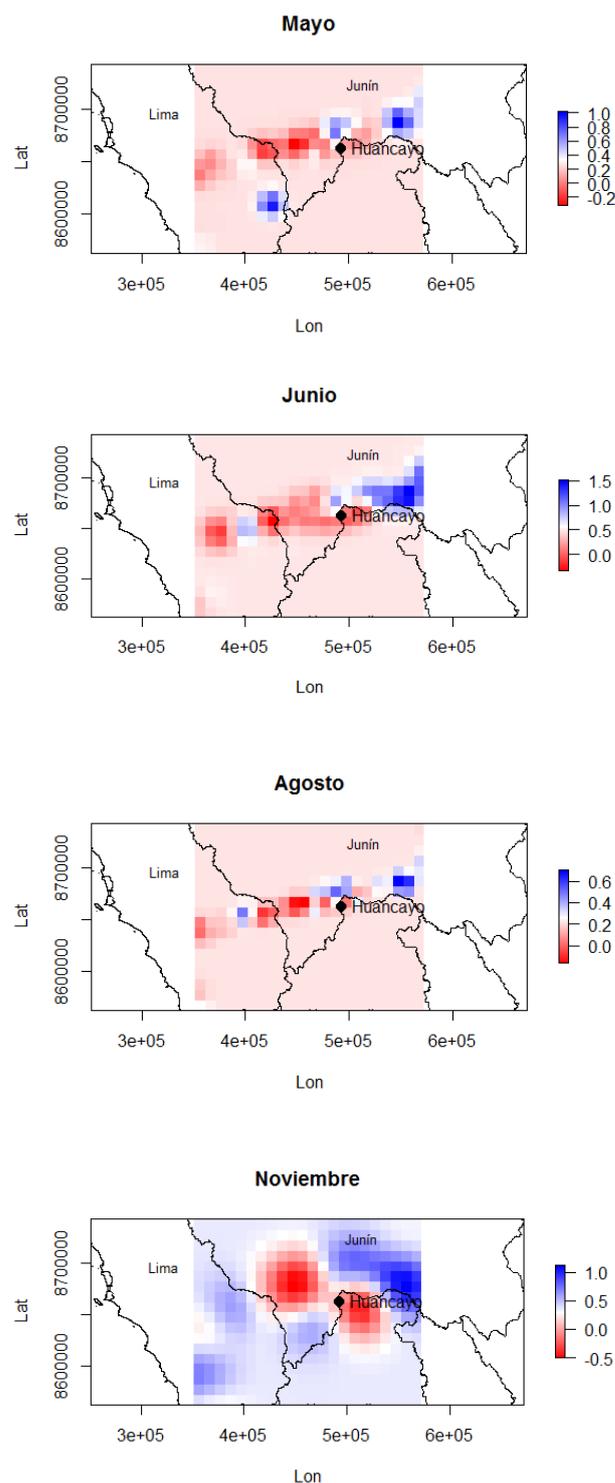
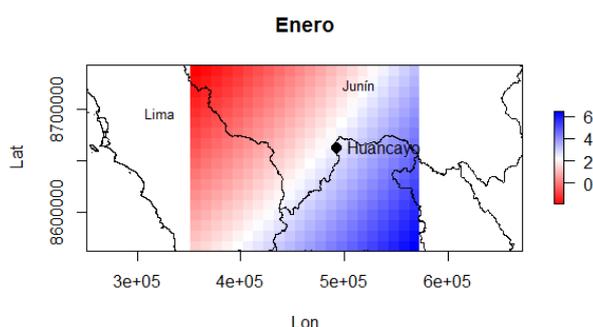
una resolución espacial que varía de 13 km × 24 km en el nadir a unos 28 km × 150 km a lo largo de sus bordes de exploración. El IA UV

la recuperación se deriva del algoritmo de recuperación de aerosol de UV cercano (OMAERUV) descrito en detalle en (Torres et al., 2007). Además, el IA, utiliza las reflectancias medidas por el sensor OMI a 354 y 388 nm.

## RESULTADOS

### Distribución espacial del índice de aerosol y ozono troposférico

En la figura N° 02 nos indica la distribución espacial de la media mensual del IA durante los meses mayo, junio, agosto y noviembre durante el periodo 2004-2018, como se puede observar nos indica un máximo valor en la zona urbana de Huancayo cerca 1.5 en el mes de junio (época seca) y durante la época húmeda (noviembre a enero) valores máximos a 6 debido a la deposición de partículas en la superficie.



**Figura 02:** Distribución espacial del índice de aerosol.

## CONCLUSIONES

La presente investigación, concluye que, el índice de aerosol se presenta el máximo y mínimo valor en el mes de mayo y enero de 0.3 y 0.1 respectivamente. Cabe señalar que en los últimos años hay un

crecimiento de los valores del índice de aerosol. Asimismo, la distribución espacial del índice de aerosol durante los meses mayo, junio, agosto y noviembre nos indica un máximo valor en la zona urbana de Huancayo cerca 1.5 en el mes de junio (época seca) y durante la época húmeda (noviembre a enero) valores máximos a 6 debido a la deposición de partículas en la superficie, esto se debe a que Huancayo en los últimos años se ha expandido su crecimiento urbano, por ende, la emisión de material particulado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Charlson, R. J., Schwartz, S. E., Hales, J. M., Cess, R. D., Coakley, J. A., Hansen, J. E., & Hofmann, D. J. (1992). Climate forcing by anthropogenic aerosols. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.255.5043.423>
- [2] Levelt, P. F., Hilsenrath, E., Leppelmeier, G. W., Van Den Oord, G. H. J., Bhartia, P. K., Tamminen, J., De Haan, J. F., & Veefkind, J. P. (2006). Science objectives of the ozone monitoring instrument. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.872336>
- [3] Ruiz-Arias, J. A., Pozo-Vázquez, D., Santos-Alamillos, F. J., Lara-Fanego, V., & Tovar-Pescador, J. (2011). A topographic geostatistical approach for mapping monthly mean values of daily global solar radiation: A case study in southern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.07.021>
- [4] Schulz, J., Albert, P., Behr, H. D., Caprion, D., Deneke, H., Dewitte, S., Dürr, B., Fuchs, P., Gratzki, A., Hechler, P., Hollmann, R., Johnston, S., Karlsson, K. G., Manninen, T., Müller, R., Reuter, M., Riihelä, A., Roebeling, R., Selbach, N., ... Zelenka, A. (2009). Operational climate monitoring from space: The EUMETSAT satellite application facility on climate monitoring (CM-SAF). *Atmospheric Chemistry and Physics*. <https://doi.org/10.5194/acp-9-1687-2009>
- [5] Torres, O., Tanskanen, A., Veihelmann, B., Ahn, C., Braak, R., Bhartia, P. K., Veefkind, P., & Levelt, P. (2007). Aerosols and surface UV products from Ozone Monitoring Instrument observations: An overview. In *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. <https://doi.org/10.1029/2007JD008809>
- [6] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2007. Perfil sociodemográfico de la provincia de Huancayo
- [7] Schwartz, S. E., et al. (1995), Group report: Connections between aerosol properties and forcing of climate, in *Aerosol Forcing of Climate*, edited by R. J. Charlson and J. Heintzenberg, pp. 251–280, John Wiley, New York.
- [8] Ogren, J. A., S. Anthony, J. Barnes, M. H. Bergin, W. Huang, L. M. McInnes, C. Myers, P. Sheridan, S. Thaxton, and J. Wendell, *Aerosols and radiation, Summ. Report 1994-1995*, NOAA Climate Monit. And Diag Lab., 1996.