

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

CARACTERIZACIÓN TEMPORAL DEL ESPESOR ÓPTICO DE AEROSOLES Y SU RELACIÓN CON LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS

María Violeta Gonzales Pérez ¹ y René Estevan Arredondo ²

RESUMEN

Los aerosoles son partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera. Su alta concentración, así como determinados tipos de aerosoles, pueden causar daños a la salud humana. El objetivo de este trabajo es relacionar el Espesor Óptico de Aerosoles (EOA) con las infecciones respiratorias agudas (IRAs). El EOA es una medida de la dispersión y absorción de luz visible por las partículas de aerosoles en la columna vertical de la atmósfera. Este indicador en conjunto con el Exponente de Ångström (EA o α) nos permiten caracterizar los aerosoles atmosféricos, siendo herramientas útiles para el análisis de la calidad del aire.

En tal sentido, se caracterizó la variación diurna, mensual, estacional y tipos de aerosoles con datos registrados por el fotómetro CIMEL 318T de la red AERONET, operado en la estación del IGP en Huancayo (nivel 2.0, $\lambda = 440$ nm), durante el período comprendido entre marzo de 2015 y diciembre de 2017. La evaluación estadística de la relación entre los aerosoles e IRAs se realizó mediante el análisis de correlación de Pearson (r). De acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontró una relación estadísticamente significativa entre estas dos variables, por lo que los casos de IRAs estarían más relacionadas a otros factores de riesgo, como climáticos y socioculturales.

El artículo científico original se encuentra en: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4882>

Palabras clave: Aerosoles, espesor óptico de aerosoles (EOA), coeficiente de Ångström (EA o α), infecciones respiratorias agudas (IRAs).

AFILIACIÓN:

1. Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).
1. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como: Gonzales, M., Estevan, R. (2020). Caracterización temporal del espesor óptico de aerosoles y su relación con las infecciones respiratorias agudas. *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 08. pág. 4-10.*

INTRODUCCIÓN

El papel de los aerosoles atmosféricos en la calidad del aire y la salud pública es un tema latente en el Perú y viene despertando interés en la comunidad científica. Diversas metodologías e instrumentos han sido desarrollados en los últimos años, con el objeto de obtener información global y regional, que permita caracterizar la variabilidad e informar sobre las posibles fuentes de los aerosoles atmosféricos. De acuerdo a Estevan et al. (2019), la caracterización de los aerosoles depende de las condiciones geográficas, además de la combinación de fuentes específicas y su tiempo de vida, lo que explica su distribución no uniforme en todo el planeta.

A partir de mediciones de la radiación directa emitida por el sol se puede estimar un parámetro óptico de los aerosoles atmosféricos conocido como espesor óptico de aerosoles (EOA). El EOA se puede interpretar como la carga total de aerosoles en la columna atmosférica. Complementariamente a este parámetro se determina el exponente de Ångström (EA), el cual permite identificar el tamaño de los aerosoles, donde valores de $EA < 0.5$ indican presencia de partículas grandes y valores de $EA > 1.5$ indican predominio de partículas pequeñas.

Según Dubovik & King (2000), la teledetección terrestre se ha convertido en una técnica poderosa para caracterizar los aerosoles suspendidos, los cuales, afectan el balance radiativo, el clima y ocasiona problemas de salud, sobre todo en las vías respiratorias (Andreae, 1995). Estudios epidemiológicos y toxicológicos demuestran los efectos en la salud de las personas y poblaciones expuestas a contaminantes del aire, ya sea en espacios interiores y exteriores (Oeder et al., 2012). Dichos estudios están relacionados principalmente a los efectos en la salud de los materiales particulados PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁. Especial interés se presenta en las partículas PM_{2.5} debido a que son las más fáciles de ingresar a las vías respiratorias y pulmones.

Las infecciones respiratorias agudas (IRAs), de acuerdo a la "Décima revisión de la clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud" (Organización Panamericana de la Salud, 1995), son eventos frecuentes en la población y se definen como toda afección que compromete una o más partes del aparato respiratorio (Valero et al., 2009), de evolución rápida y de corta duración (desde unas pocas horas hasta un máximo de 15 días). El objetivo de este trabajo es caracterizar los aerosoles atmosféricos y determinar la relación entre el EOA (obtenidos de la estación IGP-Huancayo, de la Red AERONET) e IRAs (número de casos registrados en el distrito de Huachac, zona rural de la provincia de Chupaca, región Junín) para el periodo comprendido desde marzo del 2015 hasta diciembre del 2017.

DATOS Y METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El distrito de Huáchac se ubica en la provincia de Chupaca, región Junín a una altitud promedio de 3315 msnm. Tiene una población estimada de 3 946 habitantes, de los cuales 2031 son mujeres y 1915 son varones.

SITIO DE MUESTREO

El fotómetro solar CIMEL 318T, es un equipo que pertenece a la Red AERONET (Aerosol Robotic Network - AERONET, 2018), coordinada por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), está instalado en el Observatorio de Huancayo (12.040 °S, 75.321 °O, 3314 m s. n. m.) desde el 19 de marzo del 2015. Los datos del EOA corresponden al periodo de muestreo comprendido desde marzo del 2015 hasta diciembre del 2017.

ANÁLISIS DE DATOS

Para la caracterización de los aerosoles se utilizó el diagrama de dispersión entre EOA y EA en el rango de 440-870 nm utilizando datos del fotómetro solar CIMEL 318 T, nivel 2.0 de calidad y precisión, según el procesamiento realizado por la NASA, en la longitud de onda $\lambda = 440$ nm.

Para determinar el posible origen de los aerosoles se empleó el modelo HYSPLIT (por las siglas en inglés de Trayectoria Integrada Lagrangiana de Partícula Única desarrollada por (NOAA, 2019). Se establecieron las trayectorias de las masas de aire para deducir las posibles fuentes de los aerosoles.

Los datos de las IRAs provienen de registros HIS (por las siglas en inglés de Sistema de Información Hospitalaria) del Centro de Salud del distrito de Huachac, DIRESA Junín. Se realizó la clasificación y el conteo de acuerdo a la décima versión de la clasificación internacional de enfermedades, específicamente en enfermedades del sistema respiratorio - infecciones respiratorias agudas de las vías respiratorias superiores. Se dividió en 3 grupos etarios (niños, jóvenes y adultos, y la tercera edad), además de considerar el sexo del paciente. Para determinar la significancia estadística entre las variables ambientales y de salud se usó el análisis de correlación de Pearson.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE AEROSOLES

La figura 1 muestra, en el panel izquierdo, los diagramas de dispersión entre el Espesor Optico de Aerosoles (EOA) y el exponente de Ångström (EA), así como el porcentaje por tipos de aerosoles (panel derecho de la figura) para los meses con valores más altos de EOA registrados. Basándose en la clasificación de Esteban et al. (2019), los aerosoles medidos en la estación IGP- Huancayo, se clasificaron en seis tipos: Continental (CNT), Urbano (URB), Mezcla (MIX), Polvo (PVO), Marítimo (MAR) y Biomasa (BIO).

A partir de esta clasificación se realizó la caracterización temporal mensual para cada año durante el periodo de estudio. Y con el uso del modelo *HYSPPLIT* se determinan las trayectorias de las masas de aire para verificar si existen fuentes de aerosoles como incendios forestales, zonas industriales y otros. Es de resaltar que en el año 2017 ocurrió el fenómeno llamado El Niño costero, lo cual podría explicar la presencia de aerosoles del tipo BIO en el mes de noviembre para ese año. Durante los años 2015 y 2016, los aerosoles del tipo BIO se registran en el mes de setiembre. La presencia de aerosoles del tipo MAR podría estar relacionada con la intensificación de la brisa marina en la costa, favoreciendo la penetración de humedad hacia la cordillera de los Andes y arrastrando consigo partículas de sal.

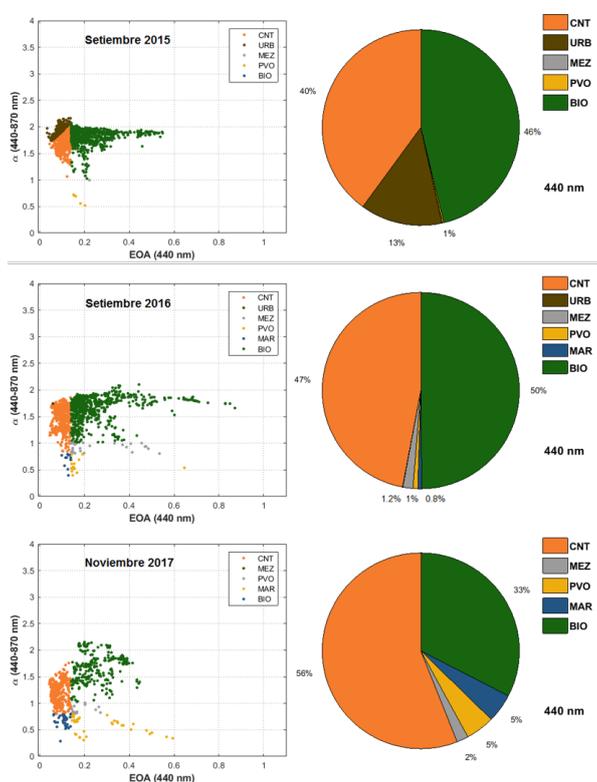


Figura 1. Panel Izquierdo: Diagrama de dispersión entre el Espesor Optico de Aerosoles (EOA) y el exponente de Ångström EA (α) durante los meses que presentaron mayor valor de EOA (440 nm). Panel Derecho: Porcentajes por tipos de aerosoles para las fechas indicadas según la clasificación Continental (CNT), Urbano (URB), Mezcla (MIX), Polvo (PVO), Marítimo (MAR) y Biomasa (BIO).

ANÁLISIS DE DATOS DE IRAs

En la tabla 1 se muestra los resultados del número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario (para el periodo: marzo 2015 a diciembre 2017) donde se evidencia que dentro del grupo etario niños, entre 1 a 4 años, se presenta el mayor registro de IRAs. De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (1995), "las IRAs, son una de las causas más comunes de mortalidad en niños de los países en vías de desarrollo, cada niño registra unas 6 a 8 infecciones respiratorias agudas anualmente hasta los cinco años aproximadamente". Esto podría ser a causa de una mala nutrición, lactancia deficiente o madre muy joven. Entre otros factores de riesgo se incluyen los climáticos y genéticos. Mientras que el grupo etario tercera edad, personas mayores de 60 años, también presentan un porcentaje considerable en los registros de IRAs. Los factores de riesgo para este grupo están asociados al hábito de fumar, malos hábitos alimentarios y el sedentarismo (Linares et al., 2014).

Tabla 1: Número de casos de infecciones respiratorias agudas por grupo etario – periodo 2015-2017
(Fuente: Sistema de Información Hospitalaria - Centro de salud del distrito de Huachac, DIRESA Junín)

Grupo Etario	Edad	Nº de Casos IRAs	% IRAs
Niños	< 29 d	6	0,17
	29 - 59 d	8	0,23
	2 - 11 m	247	7,13
	1 - 4 a	683	19,72
	5 - 11 a	521	15,04
Jóvenes Adultos	12 - 19 a	374	10,79
	20 - 59 a	1064	30,72
Tercera Edad	> 60 a	561	16,20
Total		3464	100

CORRELACIÓN ENTRE EOA E IRAS

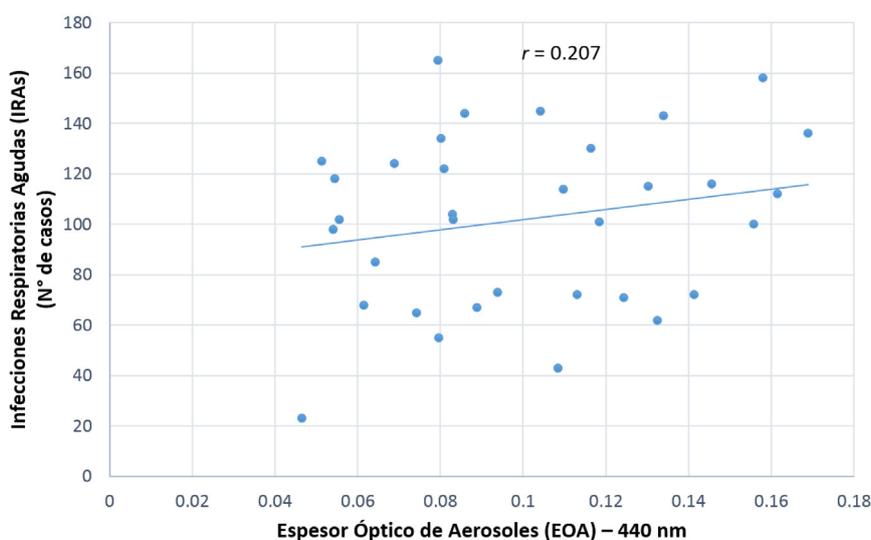


Figura 2 Diagrama de dispersión entre EOA (440 nm) e IRAs, durante el periodo 2015 - 2017 Distrito de Huachac.

En la tabla 2 se observa el número de muestras (N=34) que corresponde a la información a paso de tiempo mensual durante el periodo de estudio: 2015 (10 meses), 2016 (12 meses) y 2017 (12 meses). Para el EOA son los promedios mensuales y para las IRAs son los números de caso por meses.

De acuerdo al diagrama de dispersión (figura 2) y los resultados presentados en la tabla 2, se observa un $r = 0.207$. Dicho valor indica que no existe una relación estadísticamente significativa entre los datos ambientales y la salud. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.043$ indica que la variación del EOA solo explica el 4.3 % de la ocurrencia de infecciones respiratorias agudas. La covarianza hallada $SXY = 0.247$ indica una relación directa.

Tabla 2: Correlación de Pearson entre datos registrados de EOA y de IRAs periodo 2015 -2017 en el distrito de Huachac – Chupaca – Junín.

EOA (440nm)	IRAs
Correlación de Pearson	0.207
p - valor	0.237
SXY	0.247
N	34

Tabla 3: Correlación de Pearson con datos registrados de EOA y de IRAS periodo 2015 -2017 por grupos etarios para el distrito de Huachac, provincia de Chupaca, región Junín

Grupo Etario	Edad	p - valor	r	R ²
Niños	< 29 d	0.566	-0.102	0.01
	29 - 59 d	0.257	0.2	0.04
	2 - 11 m	0.626	-0.087	0.008
	1 - 4 a	0.6	0.093	0.009
	5 - 11a	0.372	0.158	0.025
Jóvenes	12 - 19 a	0.146	0.255	0.065
Adultos	20 - 59 a	0.171	0.241	0.058
Tercera Edad	> 60 a	0.169	0.241	0.058

De acuerdo a la tabla 3, cada grupo etario tiene correlaciones variables. Para el grupo etario niños, en las edades comprendidas entre <29 días y de 2 - 11 meses, las correlaciones son negativas, quiere decir que a mayor EOA, habrá menor número de casos de IRAs. Entre las edades (29-59 días, 1-4 años y 5-11 años), se obtienen correlaciones positivas muy bajas (valores de r: 0.200, 0.093 y 0.158 respectivamente). En los grupos de jóvenes, adultos y tercera edad, las correlaciones que se registran son bajas (valores de r: 0.255, 0.241 y 0.241 respectivamente). De acuerdo a la fortaleza de las correlaciones están acotadas entre bajas y muy bajas, no siendo estadísticamente significativas.

Con respecto al análisis de correlación entre EOA y el sexo de los pobladores se obtiene el valor de $r = 0.28$ para el sexo masculino y $r = 0.141$ para el sexo femenino, en ambos casos existe una correlación baja y no significativa. De acuerdo a Arias et al. (1992) mencionan que el sexo masculino tiene mayor predisposición a adquirir una infección respiratoria aguda. Estudios como Takahashi et al. (2020) atribuyen a que es el sexo masculino quien se ve más afectado con estas enfermedades porque tienen un sistema inmunológico mucho más débil en comparación con el de las mujeres.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Existe baja correlación ($r = 0.207$) entre el espesor óptico de aerosoles (EOA) y las infecciones respiratorias agudas (IRAs), durante el periodo de estudio (2015 -2017), en Huachac, zona rural de la provincia de Chupaca, región Junín.
2. La caracterización del EOA en el canal de 440 nm en el Observatorio de Huancayo muestra mayor presencia de aerosoles del tipo BIO en los meses de setiembre (2015-2016) y noviembre (2017), coincidiendo con las condiciones climáticas prevalecientes y los numerosos brotes de quemaduras e incendios registrados en la región, los cuales son una fuente importante de aerosoles de ese tipo.
3. De acuerdo al análisis estadístico, la relación entre EOA e IRAs, respecto a cada grupo etario, no son significativas, lo que indica que existen otros factores de riesgo como las climáticas, socioculturales y genéticas, que condicionan la prevalencia e incidencia de estas patologías.
4. De acuerdo al análisis estadístico, son los varones que tienen mayor predisposición a tener cualquier patología relacionada con IRAs ($r = 0.284$) con respecto a las mujeres ($r = 0.141$), aunque estos resultados no son estadísticamente significativos, para este estudio.

REFERENCIAS

AERONET. (2018). AERONET Data Display—Site: Huancayo-IGP. https://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/type_one_station_opera_v2_new?site=Huancayo-IGP&nachal=2&level=1&place_code=10

Andreae, M. O. (1995). *Climatic effects of changing atmospheric aerosol levels*. En *World Survey of Climatology* (Vol. 16, pp. 347-398). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0168-6321\(06\)80033-7](https://doi.org/10.1016/S0168-6321(06)80033-7)

Arias, S. J., Benguigui, Y., & Bossio, J. C. (1992). *Infecciones respiratorias agudas en las Americas: Magnitud, tendencia y avances en el control*. Organizacion Panamericana de la Salud. PALTEX.

Dubovik, O., & King, M. D. (2000). *A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol optical properties from Sun and sky radiance measurements*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 105(D16), 20673-20696. <https://doi.org/10.1029/2000JD900282>

Estevan, R., Martínez-Castro, D., Suarez-Salas, L., Moya, A., & Silva, Y. (2019). *First two and a half years of aerosol measurements with an AERONET sunphotometer at the Huancayo Observatory, Peru*. *Atmospheric Environment: X*, 3, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100037>

Linares H.I, Hidalgo S.C, Echemendía S.D, & Reyes C.M. (2014). *Factores de riesgo asociados a infecciones respiratorias en adultos mayores, Banao, Sancti Spiritus, 2013*. Facultad de Tecnología de la Salud, *Revista Cubana de Tecnología de la Salud; Suplemento Especial II Convención "Tecnología y Salud"*.

NOAA. (2019). *Air Resources Laboratory—HYSPLIT - Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory model*. <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>

Organización Panamericana de la Salud, O. M. de la S. (Ed.). (1995). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud: Vol. Volumen 1 (Décima revisión. [10a rev.]*). OPS, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

Oeder, S. D., I. Weichenmeier, W. S., G. Pusch, R. A. J., & R. Schi. (2012). *Toxicity and elemental composition of particulate matter from outdoor and indoor air of elementary schools in Munich, Germany*. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2011.00743.x>

Takahashi, T., Ellingson, M. K., Wong, P., Israelow, B., Lucas, C., Klein, J., Silva, J., Mao, T., Oh, J. E., Tokuyama, M., Lu, P., Venkataraman, A., Park, A., Liu, F., Meir, A., Sun, J., Wang, E. Y., Casanovas-Massana, A., Wyllie, A. L., ... Iwasaki, A. (2020). *Sex differences in immune responses that underlie COVID-19 disease outcomes*. *Nature*, 588(7837), 315-320. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2700-3>

Valero, N., Larreal, Y., Arocha, F., Gotera, J., Mavarez, A., Bermudez, J., Moran, M., & Maldonado, M. (2009). *Etiología viral de las infecciones respiratorias agudas*. *Investigación Clínica*, 11.