

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

INFLUENCIA DE EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS) EN LA VARIACIÓN DE LA CAPA DE OZONO EN LA REGIÓN ANDINA CENTRAL DEL PERÚ

Luis Suárez-Salas¹

RESUMEN

El ENOS tiene una importante influencia en el sistema océano-atmósfera en la costa peruana. Entre estos factores también se han identificado alteraciones en la capa de ozono en la región tropical. Este trabajo evalúa el efecto que tiene sobre la variación de la capa de ozono registrada en la región Andina central. Mediante nueva instrumentación en tierra y sensores satelitales, se hace un primer avance presentando sus capacidades y limitaciones para identificar dicho efecto.

Palabras clave: Capa de ozono, fotómetro solar, El Niño-Oscilación del Sur, irradiancia solar.

AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como: Suárez-Salas, L. (2021). Influencia de El Niño-Oscilación del sur (ENOS) en la variación de la capa de ozono en la región andina central del Perú. *Boletín científico EL Niño*, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 8 n.º 06, págs. 14-20.

INTRODUCCIÓN

La capa de ozono es el principal escudo de protección contra la radiación ultravioleta proveniente del Sol, siendo un importante elemento para la vida sobre la superficie de la Tierra. Asimismo, la capa de ozono tiene su máxima concentración en la estratósfera y una activa influencia en la dinámica de esta región, debido a sus propiedades radiativas que son de importancia para la circulación atmosférica. Por estos importantes aspectos, la capa de ozono tuvo amplia atención en los últimos años como consecuencia de la notoria reducción de su concentración, especialmente en los polos, que ocasionó la aparición del agujero en la capa de ozono.

La capa de ozono en los trópicos tiene una variación estacional menor que en latitudes más altas o regiones polares. El rango entre los meses del año es de solo 10 unidades Dobson (1 UD = 2.69×10^{20} moléculas m^{-2}) mientras que en latitudes medias y altas alcanza hasta 5 veces dicho valor (Ziemke et al., 2011). Los trópicos registran una concentración cercana a 250 UD, mientras que en latitudes medias y polares cerca de 450 UD. Esto significa que la región tropical recibe el máximo de radiación ultravioleta (UV) y en el caso de la región Andina, debido a su altura, se registran los valores más altos del planeta (Suarez et al., 2017).

La concentración de ozono tiene una fuerte variación vertical hasta los 40 km de altura. En los trópicos la máxima concentración del ozono se registra en la estratósfera, a unos 25 km de altura. La mayor cantidad de ozono es producida en los trópicos y luego es transportada a latitudes medias y altas por la circulación meridional (Brewer Dobson) al resto del planeta (ver Figura 1).

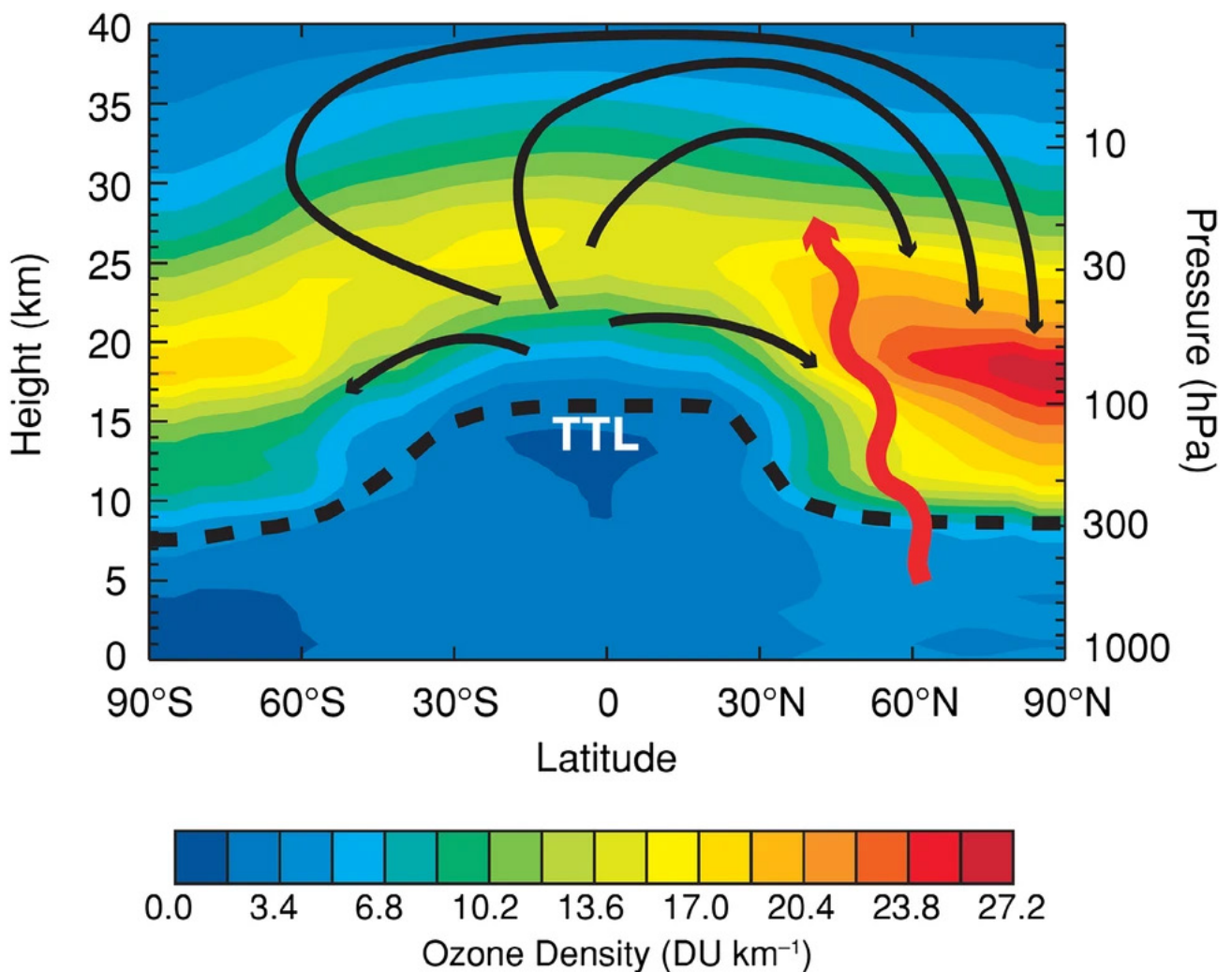


Figura 1. Corte seccional meridional de la atmósfera mostrando la concentración del ozono (colores mostrado en la escala en Unidades Dobson por km). Las líneas punteadas indican la tropopausa, y TTL representa la capa de la tropopausa tropical. Las flechas negras representan la circulación Brewer-Dobson durante el invierno del hemisferio norte, y la flecha roja representa las ondas planetarias que se propagan en la tropósfera hacia la estratósfera (tomado de Langematz, 2019).

Asimismo, en el Pacífico tropical se registra que la aparición del El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es la mayor perturbación del sistema océano-atmósfera con graves consecuencias adversas para el territorio peruano debido a su variabilidad. El ENOS no se limita a la capa inferior de la atmósfera (tropósfera), también afecta la circulación de la estratósfera profundamente (Domeisen et al., 2019). Esta severa alteración de la atmósfera también afecta la capa de ozono, modificando su variabilidad espacial y temporal debido al intercambio intenso de masas de aire entre la tropósfera (pobre en ozono) y estratósfera (rico en ozono).

Por ello, este trabajo en curso se enfoca en mejorar el entendimiento sobre el efecto del ENOS en la capa de ozono en la región Andina central, debido a que una anomalía negativa del ozono incrementaría la radiación UV en la superficie, aumentando el riesgo de daño a la salud de las personas y los ecosistemas.

INSTRUMENTACIÓN

Como parte de las actividades relacionadas al Año Geofísico Internacional de 1957 se iniciaron las coordinaciones para ampliar la red mundial de medición de la capa de ozono. En el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú se realizaron las primeras mediciones de la capa de ozono de la región tropical. Estas comenzaron en febrero de 1964 y continuaron hasta diciembre de 1992. Para esta labor se utilizó el espectrofotómetro Dobson (ver figura 2), instrumento que fue la base fundamental para el entendimiento de la variabilidad de la capa de ozono a escala global. Esta labor contó con el apoyo de la NOAA (por las siglas en inglés de National Oceanic and Atmospheric Administration de los EE. UU).

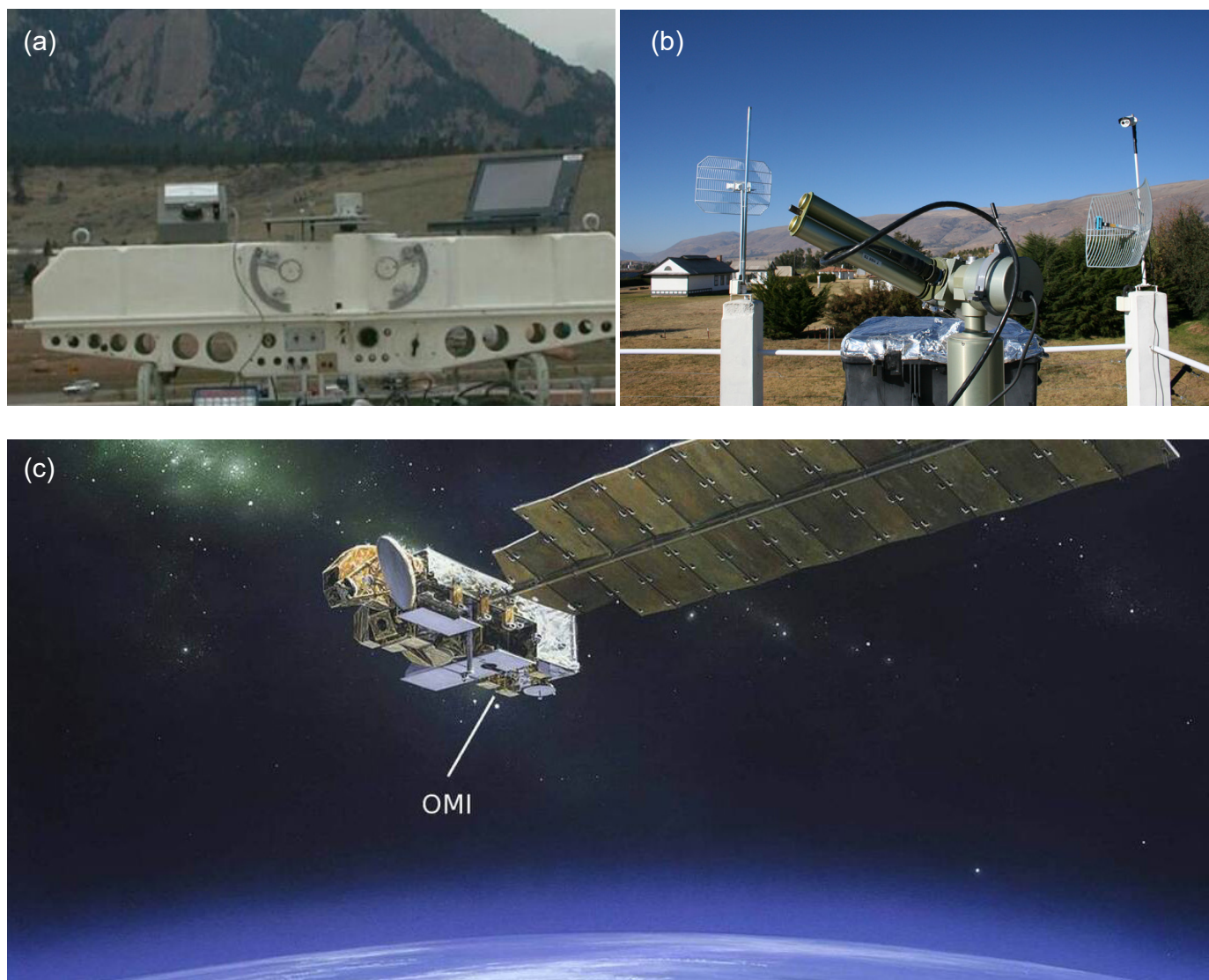


Figura 2. Equipos utilizados para la medición de la capa de ozono en relación con el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú. a) Espectrofotómetro Dobson que registró mediciones de 1964 a 1992. b) Fotómetro solar del programa AERONET de la NASA actualmente instalado en el Observatorio de Huancayo. c) Ubicación del sensor OMI en la plataforma satelital lanzada por la NASA en el 2004.

En años recientes, y en cooperación con el programa Aerosol Robotic Network (AERONET) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration de EE. UU.) se logró la instalación de un fotómetro solar de marca Cimel (Francia) y modelo CE-318T. Este instrumento está diseñado para cumplir los requisitos operativos de monitoreo continuo en términos de confiabilidad, larga vida útil y muy bajo costo de mantenimiento. En la actualidad, hay alrededor de 300 instrumentos operando en diversos lugares del planeta.

El fotómetro Cimel (ver figura 2a) está diseñado para realizar la medición de las propiedades ópticas de la atmósfera, especialmente, mide la irradiancia directa del Sol y la Luna y, en determinadas horas del día, la irradiancia de cielo. Este modelo de fotómetro realiza mediciones de irradiancia solar en ocho longitudes de onda: 340, 380, 440, 500, 675, 870, 1020 y 1640 nm. A partir de las mediciones que realiza este instrumento se deriva información sobre los aerosoles atmosféricos obteniéndose una detallada caracterización de sus propiedades físico-ópticas. De modo complementario, el programa Aeronet reporta los datos de la capa de ozono con una frecuencia diaria. Del mismo modo, y dada su importancia, las mediciones de la capa de ozono son parte habitual de los programas de vigilancia satelital de la atmósfera tanto de parte de la NASA como de la ESA (European Space Agency), contando en la actualidad con sensores dedicados como son el Ozone Monitoring Instrument (OMI, ver figura 3b) y el TROPOspheric Monitoring Instrument (TROPOMI), respectivamente.

RESULTADOS PRELIMINARES

Ciertas publicaciones han demostrado que debido a ENOS se registra una alteración en el ozono total de la región tropical, teniendo una variabilidad que se manifiesta a escala de tiempo característico de cerca de 4 años (Bojkov y Fioletov, 1996; Wang et al., 2011). Se ha demostrado que hay una diferencia longitudinal de la capa de ozono durante la ocurrencia del ENOS que ocasiona anomalías positivas en el Pacífico occidental y negativas en el Pacífico oriental, estas condiciones se invierten durante la ocurrencia de eventos La Niña (Bojkov, 1987; Zerefos et al., 1992; Manatsa y Mukwada, 2017).

En el avance de esta investigación se ha evaluado la consistencia de las mediciones de la capa de ozono obtenidas en el Observatorio de Huancayo (latitud: 12.05° sur, longitud: 75.32° oeste y altura: 3314 m s. n. m.) con el fotómetro solar Cimel desde marzo del 2015 respecto a las mediciones del sensor satelital OMI, que tiene una mayor antigüedad y regularidad desde octubre del 2004.

La base de datos obtenida a partir del fotómetro se inicia en marzo del 2015 y ha permitido evaluar su sensibilidad para registrar la variabilidad de la capa de ozono en esta ubicación de montaña. El coeficiente de variación (CV) es de solo 2.1 %, mientras que el sensor satelital tiene un CV de 3.5 %. Otra diferencia se encuentra en el rango de valores, donde el fotómetro tiene solo 18 UD, y el sensor satelital alcanza los 66 UD. Estos resultados indican que el fotómetro tiene menor sensibilidad para registrar las variaciones de la capa de ozono típicas de una ubicación tropical (Bojkov y Fioletov, 1996). Mayores datos serán necesarios para explicar esta sensibilidad diferente de ambos instrumentos.

La figura 3 muestra la evaluación de correlación existente entre ambos set de datos. Para el periodo marzo del 2015 a marzo del 2021, se ha obtenido una correlación moderada y estadísticamente significativa entre las mediciones del fotómetro Cimel y el sensor satelital OMI (R de Spearman = 63 % y p -value < 0.01). Se espera preparar evaluaciones adicionales para afinar tal correlación e identificar las limitaciones y ventajas de cada medición en esta zona montañosa del Perú. Asimismo, se realizará la correlación con los indicadores del ENOS en el periodo disponible.

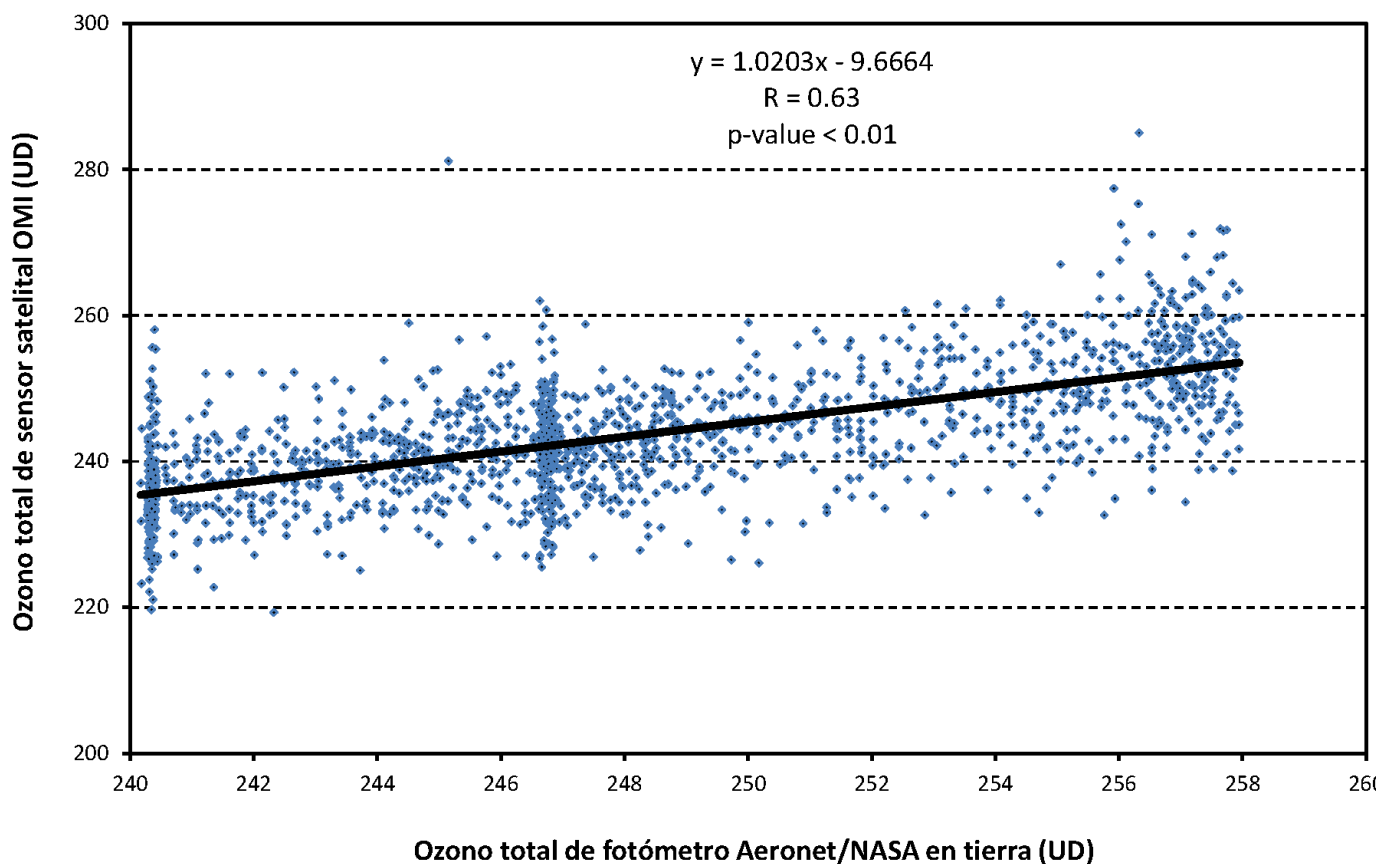


Figura 3. Evaluación de la variación de las mediciones de la columna de ozono total mediante el fotómetro solar Cimel CE-318T instalado en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú y el sensor satelital Ozone Monitoring Instrument (OMI) de la NASA.

CONCLUSIONES

Se ha logrado reiniciar las mediciones de la capa de ozono en el Observatorio de Huancayo como parte de un programa regular de monitoreo de la atmósfera. Esto permitirá evaluar la calidad de los datos frente a otros sensores y, así mismo, evaluar su sensibilidad frente a eventos extremos.

Es necesario mejorar el entendimiento de la influencia del ENOS y otros procesos atmosféricos sobre la capa de ozono en la región andina donde los niveles de radiación UV son los más extremos del planeta, por lo que cualquier reducción tendría un importante impacto negativo en la salud humana y en los ecosistemas. Esto también debe de considerarse en el contexto de una atmósfera cambiante debido al cambio climático.

REFERENCIAS

Bojkov, R.D., (1987). The 1983 and 1985 anomalies in ozone distribution in perspective, *Monthly Weather Review*, 115, 2187-2201.

Bojkov, R.D., y Fioletov, V.E. (1996). Total ozone variations in the tropical belt: An application for quality controlled ground based measurements, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 58, 223-240.

Domeisen, D.I., Garfinkel, C.I., y Butler, A.H. (2019). The teleconnection of El Niño Southern Oscillation to the stratosphere. *Reviews of Geophysics*, 57, 5– 47.

Langematz, U. (2019). Stratospheric ozone: down and up through the anthropocene. *ChemTexts*, 5, 8. <https://doi.org/10.1007/s40828-019-0082-7>

Manatsa, D., y Mukwada, G. (2017). Ultraviolet solar radiation in the tropical central Andes (12.0°S), *Photochemical & Photobiological Sciences*; 16(6):954-971.

Wang, J., Pawson, S., Tian, B., Liang, M., Shia, R., Yung, Y.L., y Jiang, X. (2011). El Niño–Southern Oscillation in tropical and midlatitude column ozone, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 68(9), 1911-1921.

Zerefos, C.S., Bais, A.F., y Ziomas, I.C. (1992). On the relative importance of Quasi-Biennial Oscillation and El Niño/Southern Oscillation in the revised Dobson total ozone records, *Journal of Geophysical Research*, 97, 10135–10144.

Ziemke, J.R., Chandra, S., Labow, G.J., Bhartia, P.K., Froidevaux, L., y Witte, J.C. (2011). A global climatology of tropospheric and stratospheric ozone derived from Aura OMI and MLS measurements, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 9237–925.