

AGOSTO 2022
Vol.08

**BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL OZONO
ATMOSFÉRICO EN EL
OBSERVATORIO DE
VIGILANCIA ATMOSFÉRICA
MARCAPOMACOCHA**





Introducción

La capa de ozono se encuentra dentro de la atmósfera terrestre y tiene la función de ser una capa protectora que preserva la vida del planeta Tierra, haciendo las veces de escudo contra la radiación proveniente del sol llamados UV o radiación ultravioleta, absorbiendo del 97% al 99% de ella. Se encuentra a una distancia de la superficie de la tierra de 15 a 50 kilómetros de altura en mayor concentración, aunque cercano al suelo también está presente.

Debido a los productos generados por los humanos y llamados halocarbonos, la disminución en la concentración de ozono se ha acelerado, en los últimos 30 años, en comparación a su ritmo natural. Esto provoca el adelgazamiento de la capa y se generen los mal denominados agujeros de ozono, con lo cual la tierra pierde protección contra la radiación solar. El paso de la radiación solar más intenso provoca en la vida humana enfermedades como el cáncer a la piel o las cataratas en los ojos, así como la reducción del sistema inmunológico.

En vista de estos procesos que ocurren en la atmósfera el Perú, como país miembro del Protocolo de Montreal, viene reduciendo poco a poco el consumo de los productos químicos que destruyen la capa de ozono y además por intermedio del SENAMHI viene monitoreando el estado de la capa de ozono en la región central del país con la finalidad de alertar a la comunidad científica nacional e internacional sobre su variabilidad temporal y posible deterioro.

Asimismo, es importante no solo la información de superficie sino también la información proveniente de los satélites porque estamos ante un problema en evolución. Se requiere que estemos pendientes de forma constante.

ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con el Observatorio de Vigilancia Atmosférica (OVA) Marcapomacocha, ubicada en la sierra central del país (provincia de Yauli y departamento de Junín), asimismo, se encuentra a una altitud de 4,479 metros sobre el nivel del mar, a una latitud de 11°24'18"S y longitud de 76°19'31"O. Es una de las pocas estaciones a nivel mundial cercanas a la línea ecuatorial y en un medio natural megadiverso. A nivel sudamericano conjuntamente con las estaciones VAG de Natal (Brasil) y Chacaltaya (Bolivia) son las que reportan información continua de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera en esta parte del continente.

Las actividades del OVA Marcapomacocha se enmarcan en las mediciones de la concentración de ozono total atmosférico en forma diaria realizadas con el Espectrofotómetro Dobson el cual contribuye con el Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global - VAG de la Organización Meteorológica Mundial - OMM. Otras variables como la radiación ultravioleta, radiación solar global y parámetros meteorológicos también se vienen midiendo en dicha estación.

Con las mediciones realizadas desde 1964 en el Perú, se ha podido conocer el estado y evolución del espesor de la capa de ozono sobre el territorio peruano y en general sobre la porción de la atmósfera tropical sobre el continente sudamericano.

En el futuro el OVA Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de dióxido de carbono (CO₂) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).

I. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFÉRICO

1. MEDICIÓN EN SUPERFICIE

Con un instrumento denominado Espectrofotómetro Dobson (Figura 1), es posible realizar mediciones de la cantidad de ozono total atmosférico, en forma indirecta, ya que lo que se mide son las intensidades relativas, de un par de longitudes de ondas (LDO), seleccionadas de antemano, siendo estas generadas y emanadas por el sol o simplemente por el Zenith del cielo. Se llamarán a estas longitudes de ondas (LDO) seleccionadas, LDO: "A", "C" y "D".

FIGURA N°1

Espectrofotómetro Dobson



La luz entra al instrumento a través de la ventana que se encuentra en la parte superior del mismo y este selecciona solo dos haces (de luz), esta selección se controla manualmente basándose en el método de diferencia de absorción en la banda ultravioleta de Huggins en donde el ozono presenta una fuerte absorción. El principio de la medida depende de la relación de intensidad de la luz del sol a dos longitudes de onda. La combinación de pares usados es a sol directo (doble par AD) de 305.5 nm ($1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$) a 325.4 nm y de 317.6 nm a 339.8 nm.

En el primer par, la primera longitud de onda (305.5 nm) es atenuada en la alta atmósfera por el ozono y reduce su intensidad al llegar a la superficie de la tierra, mientras que la segunda longitud de onda (325.4 nm) no es absorbida por el ozono, por lo tanto, a través de una diferencia comparativa de las intensidades, podemos determinar la cantidad de ozono atmosférico total.

2. MEDICIÓN DESDE SATÉLITE

Uno de los satélites que mide en forma continua la concentración de ozono es el AURA, el cual dispone de cuatro instrumentos para la medición de la tropósfera superior, estratósfera y mesósfera. El AURA lleva el sensor conocido como “instrumento de monitoreo de ozono” (OMI), el cual continúa recopilando información de ozono desde hace 34 años, estas mediciones comenzaron con el detector ultravioleta de retro dispersión (Backscatter Ultraviolet Detector, BUV) en 1970 y con el espectrómetro de representación de la distribución de ozono total (Total Ozone Mapping Spectrometer, TOMS) en 1978. El OMI mide la luz solar reflejada y retrodispersada en las porciones ultravioleta y visible del espectro. Las capacidades hiperespectrales del instrumento (recopilación y procesamiento de la información a lo largo de todo el espectro electromagnético) mejoran la precisión y exactitud de la cuantificación de las cantidades de ozono atmosférico total.

II. RESULTADOS

Cabe mencionar que el mes de agosto ha presentado características térmicas cada vez menores, debido a condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral propios de la estación astronómica de invierno. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país, se encuentran en el hemisferio norte, lo cual permite la presencia de otros fenómenos meteorológicos provocando mayores condiciones frías sobre nuestro país, los cuales llegan a tener una interrelación con propiedades físicas de la baja estratósfera.

Ahora bien, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Cuasi Bienal (OQB) el cual se presenta en la región tropical ecuatorial con vientos zonales que duran entre 27 y 30 meses. La concentración de vapor de agua va cambiando en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en las reacciones fotoquímicas que se realizan, el cual induce la variabilidad de las concentraciones de ozono atmosférico.

Para acentuar lo mencionado, se tiene que en niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha observado (según el Modelo GFS) la presencia de flujos de aire, como el mes pasado, pero con ciertas características diferentes. Si bien es cierto que, durante gran parte del mes, los flujos de viento fueron meridionales, pero hay que recalcar que también se registraron vientos provenientes del noreste, condiciones similares al mes anterior. Por otro lado, los sistemas anticiclónicos característicos en meses anteriores sobre América del Sur, cada vez fueron menos notorios permitiendo el ingreso moderado de masas de aire con concentraciones bajas de ozono sobre nuestro país. Cuando estos sistemas se presentan con mayor continuidad y cercanos a la línea ecuatorial, desplazan masas de aire hacia regiones de mayor latitud, trayendo como consecuencia una ligera disminución en las concentraciones de ozono. Figura 2.

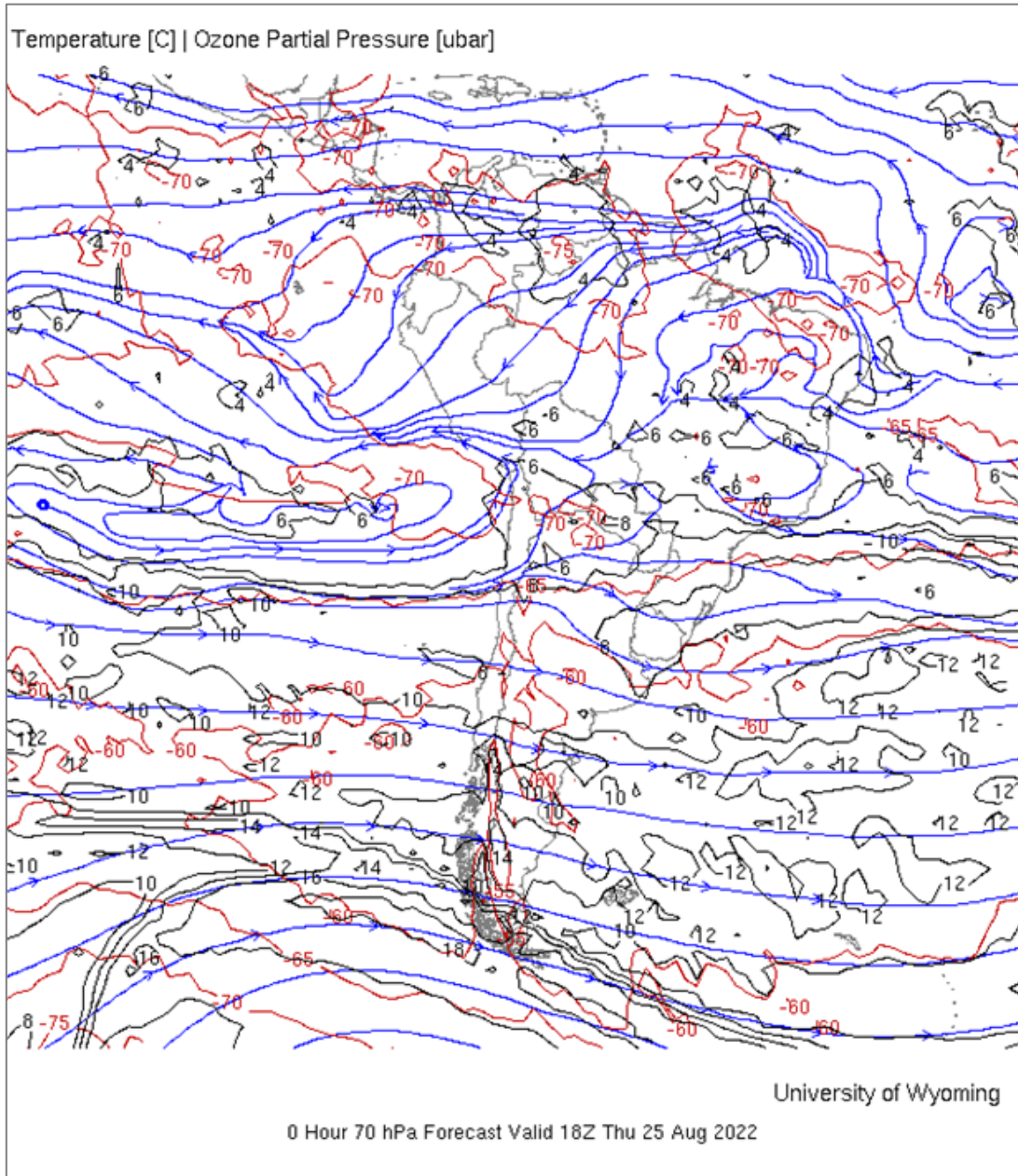
Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de agosto, en superficie, en el Observatorio de Vigilancia Atmosférica Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 238.0 UD y 248.6 UD (UD = Unidades Dobson), valores ligeramente inferiores a lo registrado en el mes de julio del presente.

Cabe mencionar que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto en la mañana como en la tarde, pero siempre con la misma tendencia (disminuye y luego aumenta).

Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja (mucho más en la época fría), por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas (debido al ozono residual), a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son relativamente altos (en los meses de otoño e invierno disminuyen), permite una reducción del ozono y en horas de la tarde a medida que el sol va llegando al ocaso (disminución de la intensidad de la radiación solar) las concentraciones de ozono vuelven a incrementarse. Este comportamiento horario también va a depender de otros factores como los ambientales (efectos residuales de ozono del día anterior a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono provenientes de otras latitudes). Un punto importante a remarcar es el proceso de formación y destrucción del ozono por efectos fotoquímicos, mientras que la intensidad de la radiación solar sea baja, dicha actividad será menor y viceversa. En el periodo analizado, dado de que en este mes la intensidad de la radiación ultravioleta más bien se ha incrementado ligeramente con respecto al mes de julio, las reacciones fotoquímicas han sido un poco mayores debido a factores de circulación atmosférica y ambientales.

FIGURA N°2

Flujos de masas de aire meridionales y fluctuaciones del noreste.



El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de agosto oscila entre 243.0 UD y 248.2 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de agosto del presente año, oscilaron entre 240.3 UD y 244.7 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados en el presente mes, estuvieron en un 95% por debajo de sus valores climáticos.

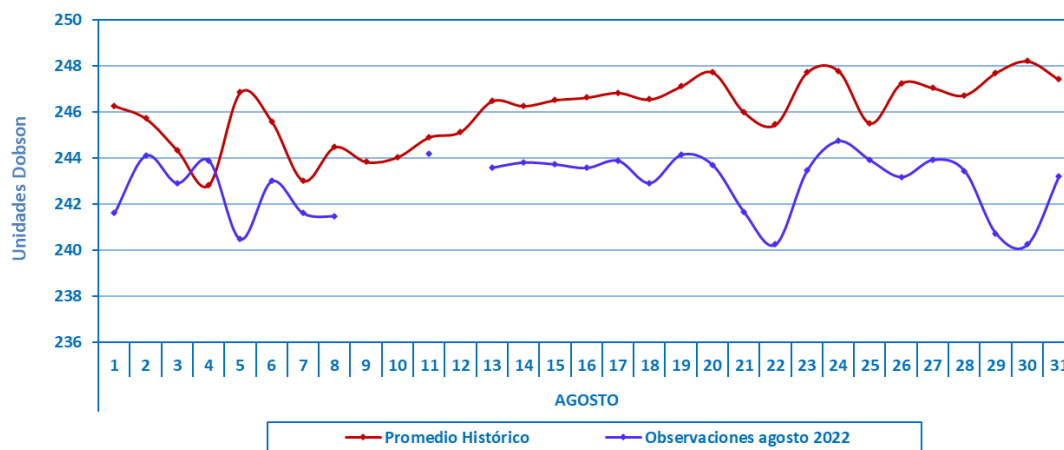
Al comparar ambas series se ha observado un comportamiento algo variable, con valores un poco alejados a sus normales, en gran parte del mes. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de julio fue a mantener valores entre lo normal a una ligera disminución, a pesar del aporte (aunque bajo) del ozono de masas de aire provenientes del noreste. Cabe mencionar que durante el mes de registraron mayormente flujos meridionales

(parecido al mes pasado), así como una escasa formación de circulaciones anticiclónicas, los cuales permitieron el ingreso de estas masas de aire.

En líneas generales, se podría pensar que, en niveles bajos y medios de la estratósfera, el régimen térmico continuo registrando una tendencia a la disminución (el análisis detallado de este proceso se explica más adelante). Habría que analizar el porqué de la disminución en la concentración de ozono, cuando en este mes debería de aumentar con respecto a julio (comportamiento climático).

FIGURA °3

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en el OVA Marcapomacocha. Agosto 2022.



En ese aspecto, la climatología del ozono en el OVA Marcapomacocha, permite observar que durante el año se presentan dos picos, uno en el mes de marzo con un valor de 244.5 UD y el otro, mucho mayor, en el mes de setiembre con un valor de 251.3 UD. Por otro lado, los valores bajos de ozono se registran climáticamente en los meses de enero con valores de 242.2 UD y otro entre los meses de mayo y junio con valores de 240.9 UD y 240.8 UD respectivamente. Los valores registrados no se acercan a ese comportamiento climático. El promedio mensual de ozono en el presente mes fue de 242.9 UD inferior en 3.6 UD al promedio mensual multianual (246.5 UD).

Se debe tener presente que en la región tropical durante los meses del invierno austral, las concentraciones de ozono empiezan a aumentar por efecto de la circulación atmosférica en la capa estratosférica (meridionales mayormente así como del noreste), también es cierto que la circulación de los vientos (a nivel vertical) desde la tropósfera hacia la estratósfera permite el traslado de cantidades de ozono los cuales a lo largo de los meses lo van redistribuyendo hacia latitudes mayores (Circulación Brewer-Dobson), que permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas. A estos procesos se tiene que considerar un factor importante como el régimen térmico, quien entre otoño e invierno empiezan a disminuir.

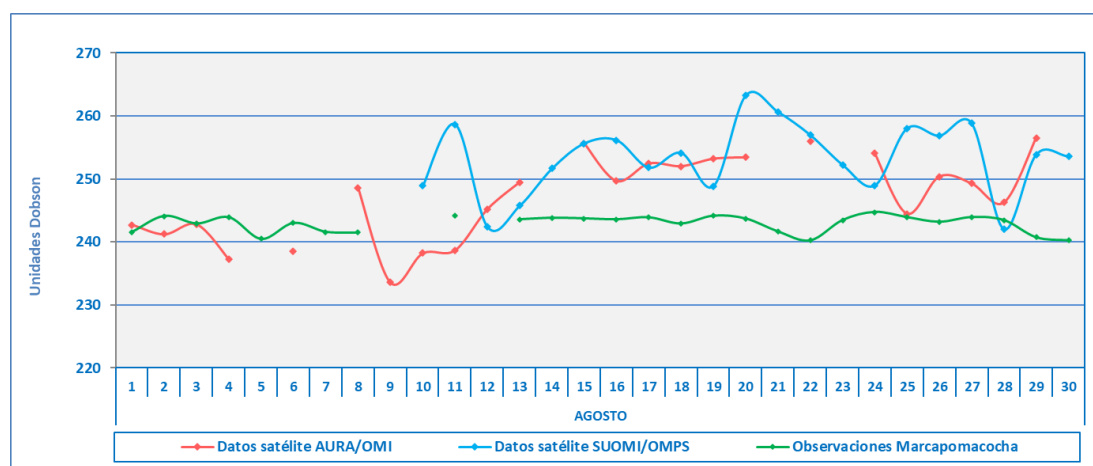
Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo registrado en superficie, se puede observar un cierto desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 77% de días del mes de agosto los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson. Para el caso de SUOMI/OMPS, ocurre algo similar ya que durante el 95% de días del mes estuvieron por encima de lo registrado en superficie. Figura 4.

De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por el satélite y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 22 UD.

Cabe mencionar, que la tendencia de las concentraciones de ozono de superficie es bastante estable en el tiempo mientras que los medidos con los satélites, variable.

FIGURA N°4

Comparación de información proveniente de los satélites AURA y SUOMI con lo registrado en superficie, en el OVA Marcapomacocha.



Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra el perfil vertical (corte) de ozono atmosférico de un día típico del mes de agosto, obtenido del Metop-C/GOME-2 tanto para el hemisferio norte como para el hemisferio sur, notándose mayores concentraciones en la región tropical y en latitudes medias, debido a circulaciones regionales y la estacionalidad. Asimismo, la altura de las altas concentraciones es mayor entre los 60°N y 60°S.

En dicho gráfico, analizando solo la región tropical, se puede observar que, en ambos hemisferios, la menor concentración de ozono se encuentra en la tropósfera, mientras que en la estratósfera baja y media las mayores concentraciones.

Realizando un análisis para el hemisferio sur, podemos decir que, dado las condiciones propias de la estación de invierno, se registra una moderada actividad en cuanto a circulación atmosférica permitiendo que algunos procesos convectivos se registren, especialmente en latitudes bajas, producto de un ligero incremento de la radiación solar sobre la superficie terrestre, los cuales también repercuten en un incremento en la actividad fotoquímica. A pesar de ello las concentraciones de ozono atmosférico han registrado valores entre lo normal a ligeramente inferior.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se siguen registrando entre los 50 hPa y 10 hPa con valores entre 15 UD y 25 UD (similar al mes anterior).

En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las concentraciones de ozono son bajas (oscilan entre 1 UD y 8 UD), esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior. En todo momento siempre quedan cantidades de ozono en las primeras horas del día.

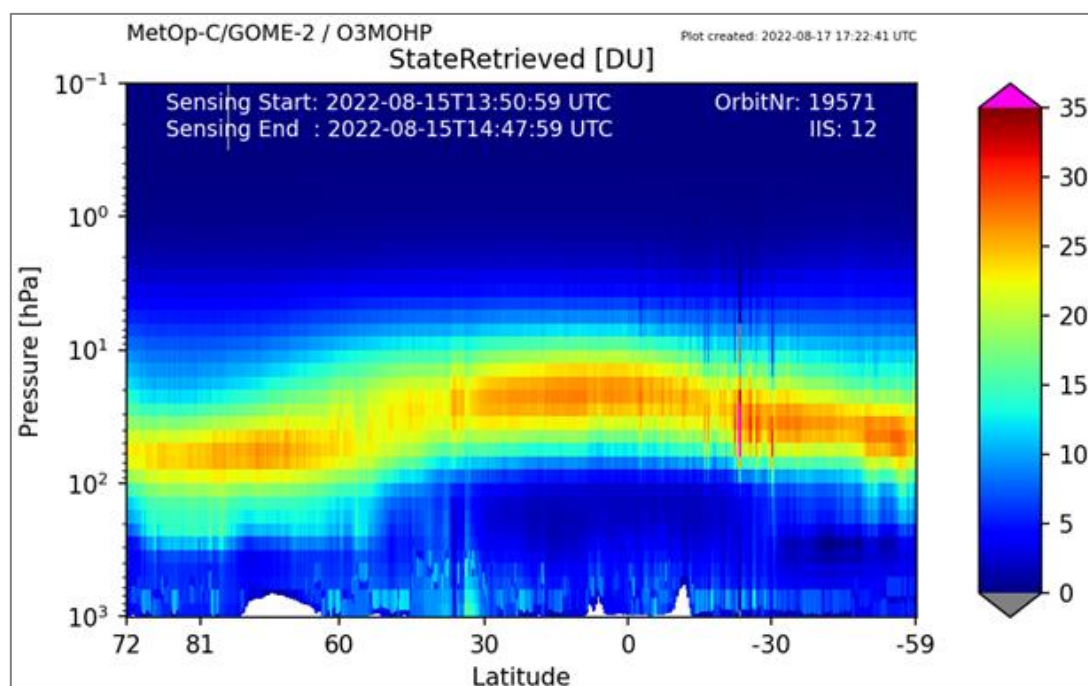
Los valores de ozono son bajos en la tropósfera (mucho más en los meses de otoño e invierno), altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera.

Debe considerarse que la forma que adquiere la distribución vertical es típica en la atmósfera, sabiendo que las concentraciones pueden variar de acuerdo a la latitud, estación astronómica y las condiciones meteorológicas, tal como se puede apreciar en la figura 5.

En latitudes medias (22°S - 55°S) del hemisferio sur se pueden observar concentraciones de ozono similares a los de latitudes bajas, con la diferencia de que la altura de esas concentraciones altas, se encuentran a menor altura, características que son debidas principalmente a la baja densidad de la atmósfera como producto de las bajas temperaturas, aunados a la circulación de los vientos los cuales permiten esta característica.

FIGURA N°5

Perfil vertical de Ozono



En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

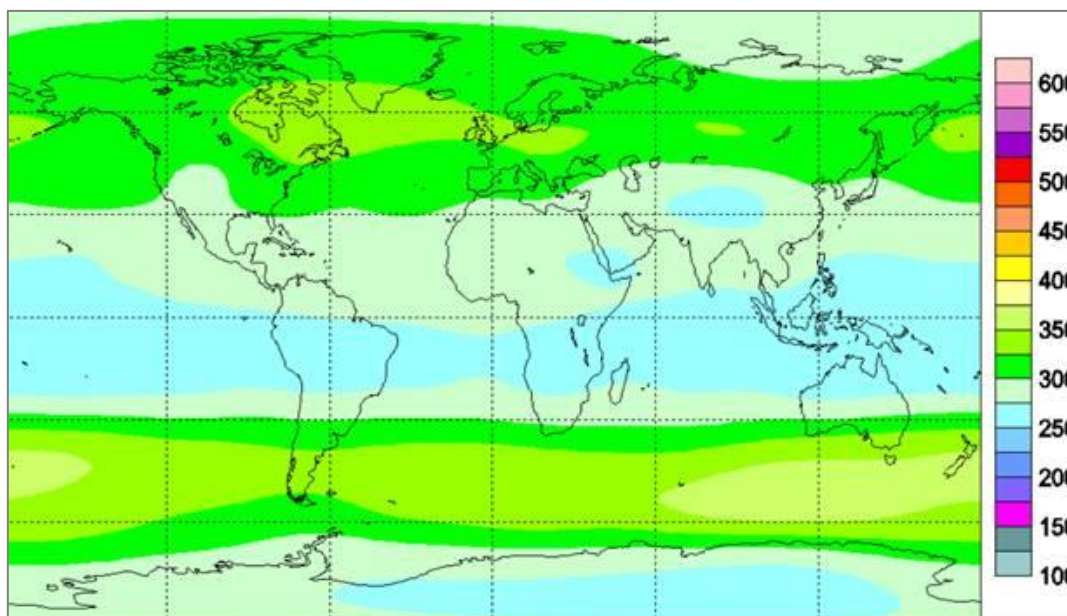
En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 - 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de agosto, mostrando regiones con concentraciones altas (valores relativamente mayores al mes anterior). En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 5°N - 30°N aproximadamente las concentraciones de ozono registradas oscilan entre 275 UD y 300 UD.

En latitudes medias del hemisferio norte, por encima de los 30° las concentraciones están por debajo del mes anterior (300 UD - 350 UD) hasta aproximadamente los 60°. En latitudes altas, el ozono atmosférico muestra valores entre 275 UD y 350 UD.

En el caso del hemisferio sur, las mayores concentraciones de ozono se observan en latitudes medias, entre 300 UD - 375 UD, mientras que, en latitudes altas las concentraciones son menores con valores entre 250 UD - 300 UD (región antártica). En el caso de nuestro país se observan concentraciones de ozono entre 250 UD y 275 UD.

FIGURA N°6

Mapa Climático de ozono total atmosférico (1978 - 1988) para el mes de agosto



Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

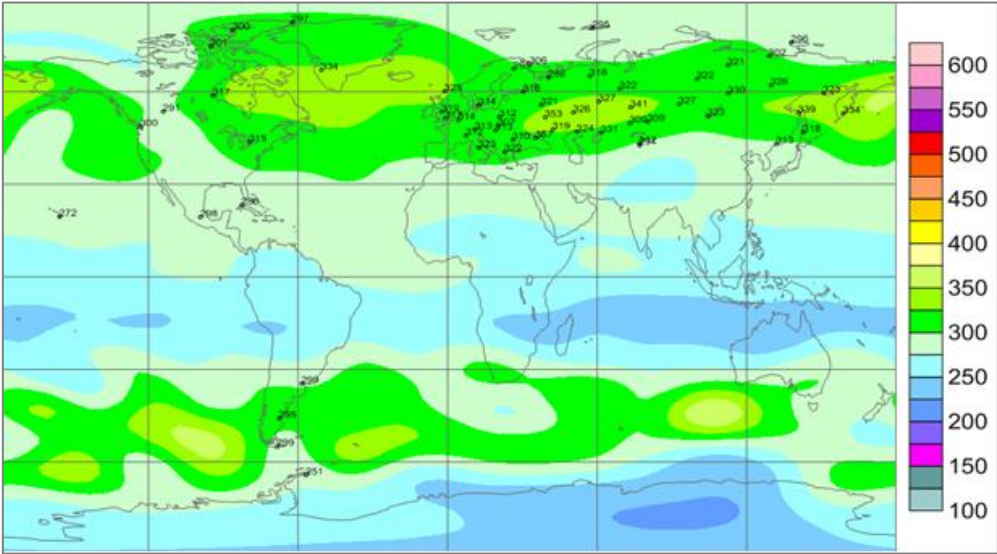
En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de agosto del presente año y en ella se observan características algo diferentes al mapa climático. En el hemisferio norte, en forma general se han observado características similares a sus valores climáticos.

En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones fueron menores a sus valores normales como por ejemplo en latitudes bajas donde los valores de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD, especialmente en el sur del continente africano, así como en el norte de Australia. En latitudes medias también se registraron concentraciones de ozono menores a sus valores climáticos específicamente en Nueva Zelanda. En latitudes altas la tendencia fue similar a las otras, con valores entre 200 UD y 250 UD.

En el caso de nuestro país se observan concentraciones de ozono entre 225 UD y 250 UD, especialmente en la zona sur (menor al mes de julio).

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de agosto 2022



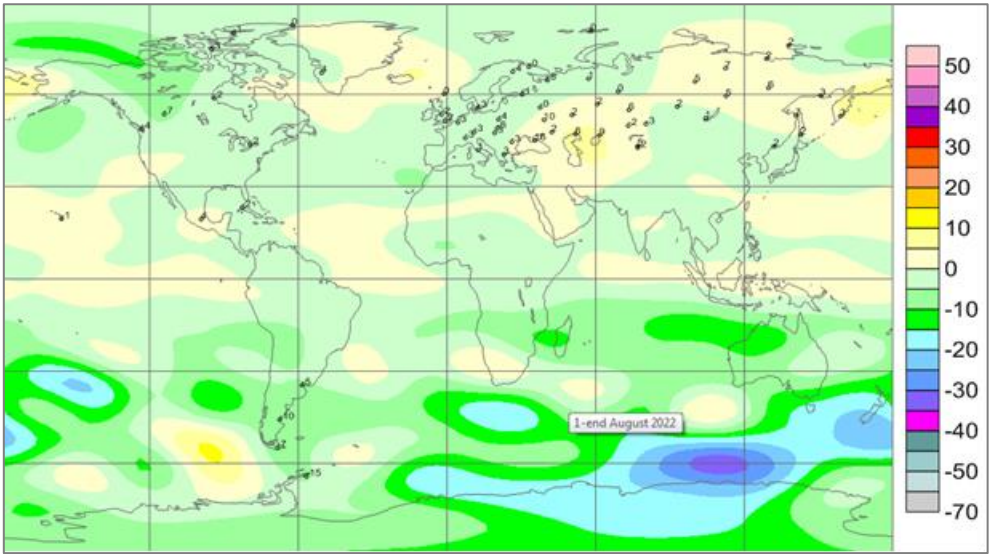
Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin>

En cuanto a la desviación media del mes de agosto, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus valores normales con una desviación de hasta -10% (menor al mes pasado), en la región sur del país, mientras que en la región central y norte se registraron desviaciones de -5%.

En latitudes medias del hemisferio sur, se presentaron 3 núcleos muy marcados, con concentraciones de ozono por debajo y por encima de lo normal, en forma alternada, cuyas desviaciones oscilaron entre -5% a -30%, mientras que en latitudes altas los valores de desviación oscilaron entre -5% a -25%. En el Pacífico sur se muestran dos de los tres núcleos, anteriormente mencionados, con concentraciones de ozono por debajo de sus valores climáticos. Figura 8.

FIGURA N°8

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de agosto 2022.



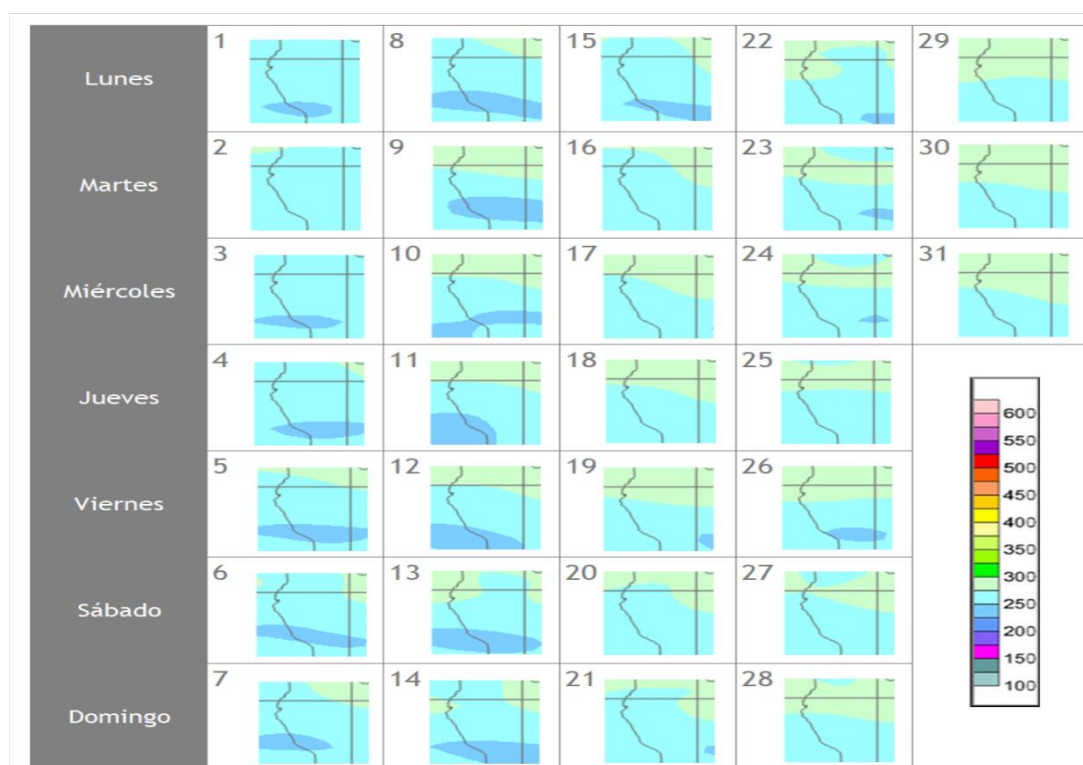
Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá (Figura 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico fueron relativamente menores comparadas al mes anterior. En gran parte del mes las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 275 UD. Cabe mencionar que en la región sur se registraron los valores más bajos los cuales oscilaron entre 225 UD y 250 UD, desde el 01 hasta el 15 de agosto. A partir de la segunda quincena del mes, las concentraciones de ozono se incrementaron (en dicha región).

Del 22 al 25 de agosto, se registraron valores bajos de ozono, especialmente en la zona sur del país, con valores de 225 UD y 250 UD.

FIGURA N°9

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de agosto 2022.



Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selectMap>

TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATÓSFERA

Finalmente es importante considerar que lo que pase en la atmósfera baja tiene, a veces, su impacto en la atmósfera alta o viceversa, y para poder entender la variabilidad del ozono atmosférico es importante conocer cómo es el comportamiento temporal de la temperatura en dichos niveles. Por ello se requiere analizar lo que pasa en la atmósfera alta y ver el comportamiento de las temperaturas en la estratósfera baja aproximadamente en los 70 hPa.

El que la temperatura aumente o disminuya en la estratósfera va a depender de las concentraciones de sustancias que agotan el ozono, así como de la estacionalidad y la circulación atmosférica.

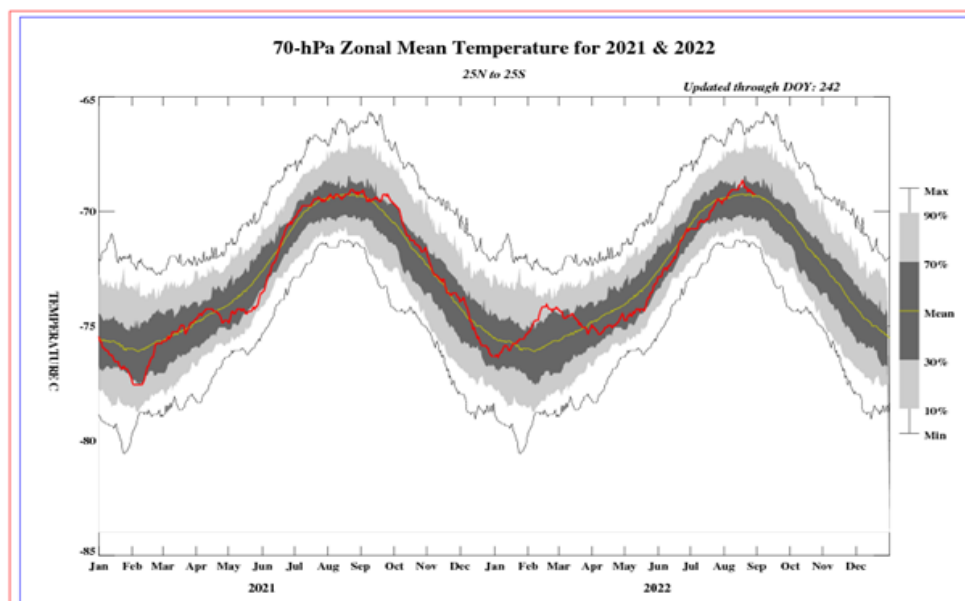
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2021 hasta el mes de agosto 2022, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a la disminución (en valor numérico) con respecto al mes pasado, pero ligeramente “más cálido” (físicamente). Durante el mes, el régimen térmico ligeramente se alejó de sus valores climáticos, pero siempre manteniendo la tendencia hacia el calentamiento (mayor temperatura que el mes pasado).

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a los cambios en la temperatura es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. A esto se suma el proceso de la circulación Brewer-Dobson, así como a circulaciones de viento regionales a nivel de alta atmósfera. Se debe tener presente que, por lo general, un aumento (físico) de la temperatura en la atmósfera alta, está ligada con un aumento de las concentraciones de ozono y viceversa, los cuales tienen causas, valga la redundancia, físicas y químicas. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -69.3°C , mayor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -69.0°C . Como se observa, existe un ligero incremento de temperatura de la masa de aire el cual continúa siendo muy fría para los procesos de formación de ozono atmosférico. Debe recordarse que, durante el año, climáticamente se presentan dos mínimos de ozono, uno en el mes de enero y el otro entre los meses de mayo y junio (tal como se puede corroborar con la información registrada). En el presente mes, como ya anteriormente se ha mencionado, el promedio mensual registrado en superficie fue de 242.9 UD menor al mes anterior.

FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de agosto 2022



Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center (Web Site)

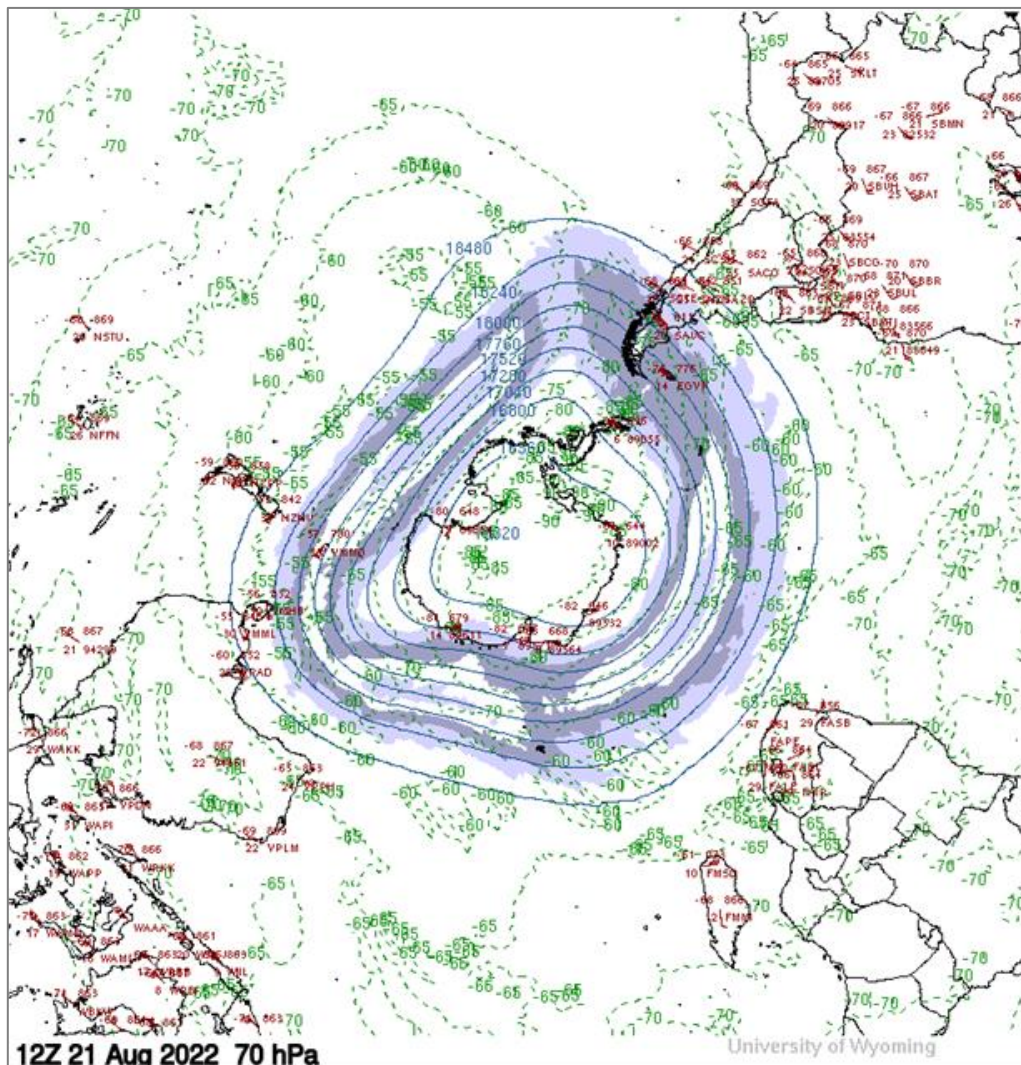
Por otro lado, el comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de agosto, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -90°C a -95°C (en gran parte del mes), debido al factor astronómico y atmosféricos.

Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. Asimismo, es importante señalar el mayor establecimiento del vórtice polar (color morado), en forma paulatina, dada las bajas temperaturas en la alta atmósfera. Por otro lado, en la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) continúan registrando valores bajos.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado valores entre -73°C y -70°C , (algo similares al mes anterior), siendo uno de los factores para la ligera disminución (a nivel diario) en las concentraciones de ozono en nuestro país y en parte de la región tropical.

FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (21 agosto 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

III. CONCLUSIONES

1. El mes de agosto se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) registran un incremento con respecto al mes de julio. En el presente mes dicho comportamiento no registró dicha tendencia, sino más bien fue menor al mes pasado registrando un valor de 242.9 UD como valor promedio. A pesar de ser ligeramente menor al mes pasado se registraron algunos ingresos de masas de aire con contenido de ozono provenientes del hemisferio norte, pero no fueron en las concentraciones deseadas. Los flujos de aire fueron mayormente meridionales y la formación de circulaciones anticiclónicas fue casi nulo.
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono durante el mes, medidos con el espectrofotómetro Dobson en el OVA Marcapomacocha, oscilaron entre 240.3 UD a 244.7 UD, notándose valores algo similares al mes pasado. La tendencia era que se incremente, probablemente la ligera deficiencia se deba a factores de circulación atmosférica.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en el OVA Marcapomacocha, según información obtenida por el Metop-C/GOME-2, durante un día típico del mes de agosto, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 50 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 15 UD y 25 UD (similares al mes pasado). La altura de la máxima concentración de ozono sigue relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en estas dos subcapas, así como a las variaciones termales. Debido a la menor densidad del aire, la altura en la región tropical es mayor.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente que las concentraciones de ozono son bajas (entre 1 UD a 8 UD) en este mes, los cuales se van incrementando a medida que se asciende hacia la estratósfera. Cabe mencionar que el ozono en superficie es un contaminante atmosférico originado por reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. A medida que la intensidad de la radiación solar aumente (en superficie), los procesos fotoquímicos también lo harán, permitiendo por lo general, que las concentraciones de ozono se vayan incrementando.
5. Los mapas de ozono total atmosférico (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), muestran concentraciones bajas (225 UD y 250 UD) en la región sur del país, mientras que concentraciones altas (250 UD y 275

UD) en la región central y norte (comportamiento similar al mes anterior). Esta variación, no responde al comportamiento climático de la misma, debido probablemente a alguna variación en la circulación atmosférica y otros procesos físicos.

6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de agosto, los valores se caracterizaron por un ligero alejamiento de su normal climática, pero con tendencia a un “calentamiento” de la atmósfera, lo cual permitió que se registrara una ligera disminución en las concentraciones de ozono (lo cual no guarda relación con el comportamiento climático). El aporte de ozono hacia nuestras latitudes no fue suficiente para mantener la tendencia al ascenso.
7. Debido a que agosto es un mes donde los niveles de radiación solar cada vez van disminuyendo, trae como consecuencia, que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean cada vez menos dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad espacial y temporal en las concentraciones del ozono atmosférico.
8. Se requiere disponer de información real de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de realizar el contraste respectivo con lo obtenido por los satélites y determinar la desviación respectiva. En los periodos donde no se tenga información real se podría utilizar el brindado por los satélites aplicando ciertos algoritmos de cálculo.



Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica:
Ing. Gabriela Rosas Benancio
grosas@senamhi.gob.pe

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:
Ing. Jhojan Rojas Quincho
jprojas@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:
Ing. Orlando Ccora Tuya
Bach. Juan Tacza Ordoñez
Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda
Tco. Julia Astudillo Capcha

Próxima actualización: 15 de octubre de 2022

Suscríbete para recibir la edición digital al enlace:
<https://forms.gle/cqZit9WHG7gLktbT6>

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI**
Jr. Cahuide 785, Jesús María
Lima 11 - Perú

Consultas y sugerencias:
occora@senamhi.gob.pe