

Setiembre 2024  
vol. 09

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



# Introducción

La luz solar es energía radiante electromagnética, compuesta principalmente por el espectro de radiación ultravioleta, visible e infrarroja. La radiación ultravioleta tiene una longitud de onda más corta que la luz visible y puede producir quemaduras en la piel y otros efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente.

Afortunadamente para la vida en la tierra, existe la capa de ozono, como se conoce a la concentración máxima de ozono presente en la atmósfera superior (estratosfera) de manera natural. La capa de ozono filtra la mayor parte de la radiación ultravioleta proveniente del sol, especialmente la radiación ultravioleta B, dejando pasar la radiación ultravioleta A, necesarios para la vida en la tierra.

En los últimos tiempos, debido aún a la emisión de sustancias agotadoras de ozono es que en algunas regiones en el mundo se registra una disminución en la concentración de ozono, el cual altera el balance de radiación con lo que traería posibles consecuencias en el clima mundial.

Debido a 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, así como su relación con los cambios climáticos que se vienen registrando en el mundo.

## 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 dicho observatorio.

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 (CO<sub>2</sub>) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).



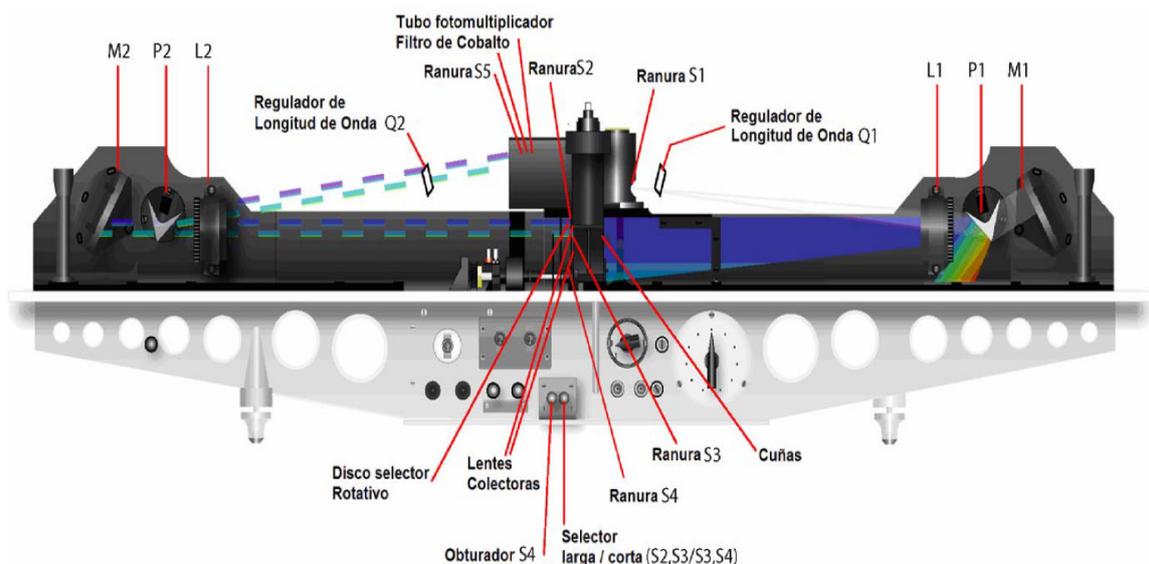
# I.- CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFÉRICO Y FUNCIONAMIENTO DEL ESPECTROFOTÓMETRO DOBSON

## 1.- MEDICION EN SUPERFICIE

El instrumento que permite medir las concentraciones de ozono total atmosférico se denomina Espectrofotómetro Dobson. Aunque las mediciones se realizan en forma indirecta porque 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.

Su funcionamiento se basa en que la luz ingresa al instrumento a través de una ventana que se encuentra en la parte superior del mismo y después de su reflexión en un prisma incide en una ranura S1 (Figura 1) la cual consiste en un lente de cuarzo que hace que la luz sea paralela, un prisma que descompone la luz y un espejo que refleja la luz haciéndola volver al prisma y las lentes de tal manera que forma un espectro en el plano focal del instrumento. Las longitudes de onda que están involucradas se aíslan por medio de las ranuras S2, S3 y S4.

**FIGURA N° 1**  
Funcionamiento del Espectrofotómetro Dobson



---

En la base o parte inferior del espectrofotómetro se encuentran dos palancas de obturación. La palanca S4 que se encuentra a la izquierda, se utiliza solamente cuando se realizan las pruebas, test o calibraciones al espectrofotómetro y deben ser introducidas en el instrumento, cuando se realicen las mediciones de ozono.

La selección de las longitudes de onda A, B, C o D cuando se efectúen las medidas de ozono se logra rotando las palancas a las posiciones Q1 y Q2 de acuerdo a la tabla Q propia del instrumento.

La cuña óptica se encuentra dentro del instrumento frente a la ranura S3. La posición de la cuña óptica se controla a través de un disco graduado que se encuentra en la parte superior del instrumento.

En cualquier posición del disco, la intensidad de la luz que pasa a través de la cuña óptica se reduce, la cual es determinada durante la calibración del instrumento.

Las intensidades relativas de las dos longitudes de onda en las cuales se efectúan las observaciones pueden obtenerse a partir de la lectura de la posición de equilibrio del disco y las tablas de calibración provistas con el instrumento.

## **2.- MEDICION DESDE SATÉLITE**

Uno de los satélites que mide en forma continua la concentración de ozono es el satélite AURA el cual dispone de cuatro instrumentos para la medición de la tropósfera superior, estratósfera y mesósfera. El instrumento de monitoreo de ozono (OMI) continúa los 34 años de observación del ozono que comenzaron con el detector ultravioleta de retrodispersión (Backscatter Ultraviolet Detector, BUV) en 1970 y 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 hiperspectrales del instrumento (recopilación y procesamiento de la información a lo largo de todo el espectro electromagnético) mejoran la precisión y exactitud de las cantidades de ozono total.



---

## II.-RESULTADOS.

En el mes de setiembre la estratósfera baja y media de la región tropical ha continuado registrando características térmicas a un ligero incremento, pero continúan ligeramente por debajo de sus valores normales, lo cual ha permitido, que las concentraciones de ozono hayan registrado una tendencia al aumento con respecto al mes de agosto. Durante el mes se observaron incrementos de la temperatura en la baja y media estratósfera a partir de la segunda quincena mayormente, mientras que, en la primera, disminuyeron debido aún a la poca relación de mezcla de ozono, lo cual se tradujo en una disminución de ozono atmosférico sobre nuestras latitudes durante ese periodo. En la estratósfera alta, más bien fue variable, incrementos y decrementos. Cabe mencionar que en toda la estratósfera los valores de temperatura, si bien es cierto se lograron recuperar parcialmente, pero todavía han estado por debajo de sus valores climáticos (especialmente los de la estratósfera alta) En lo que respecta al flujo de vientos, como en el mes de agosto, durante la primera quincena se registraron vientos del este mientras que a partir de la segunda quincena del mes se registraron mayormente vientos del noreste (del hemisferio norte), los cuales aportaron moderadas concentraciones de ozono atmosférico trayendo como consecuencia una tendencia ligera hacia su incremento. En el caso de la alta tropósfera, los sistemas atmosféricos que gobiernan el tiempo sobre nuestro país, se han desplazado hacia el hemisferio sur debido al inicio de la estación astronómica de primavera. La convección húmeda mínima nuevamente quedó registrada, como hace varios meses, en la región norte de los países (específicamente departamento de Tumbes) debido a la invasión de masas de agua cálidas no tan frecuentes, provenientes del hemisferio norte, presentando incidencias no solo en la circulación de los vientos de la alta tropósfera y baja estratósfera sino también en el régimen térmico. Se debe tener presente que estos procesos, así como la presencia de baja humedad en la baja estratósfera llegan a tener repercusión en las propiedades físicas de dicha capa, permitiendo obtener valores de ozono atmosférico algo superiores al mes anterior, especialmente en la región norte y central del país.

Un parámetro que conviene resaltar y que influye en el comportamiento del ozono es la denominada Oscilación Quasi Bienal (QBO siglas en inglés) el cual domina la variabilidad de la estratósfera ecuatorial (16 - 50 km) y fácilmente puede verse como regímenes de vientos del este y del oeste que se propagan hacia abajo (niveles inferiores de la atmósfera), con un periodo variable que puede estar entre los 28 meses. Su estudio es inseparable de los movimientos de las ondas atmosféricas que lo impulsan y modulan. Los efectos de la QBO no se limitan a la dinámica atmosférica. Los componentes químicos como el ozono, vapor de agua, óxido nitroso, ácido clorhídrico y el metano, se ven



---

afectados por los cambios de circulación inducidos por la QBO (mezcla de ozono estratosférico por la circulación secundaria).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, es importante tener en cuenta que esos regímenes de circulación, así como los procesos que involucran el inicio de la estación de la primavera austral, interactúan entre sí en las diferentes capas de la atmósfera, permitiendo el transporte de calor o energía. En ese sentido, se analiza la capa de 70 hPa (día 13 de setiembre) dado de que es representativa de la baja estratósfera. A lo largo del mes, climáticamente sobre nuestras latitudes, las concentraciones de ozono continúan con un comportamiento al ascenso debido a la presencia de vientos cuasi meridionales provenientes del hemisferio norte, los cuales aportan concentraciones de ozono atmosférico sobre nuestras latitudes. En este mes más bien los vientos del este han sido característicos durante la primera quincena del mes permitiendo una ligera disminución de ozono, mientras que en la segunda quincena los vientos del norte y noreste fueron comunes permitiendo un incremento en las concentraciones de ozono. Asimismo, se apreciaron flujos de viento con un comportamiento parecido al mes pasado, con núcleos anticiclónicos, los cuales fueron variables, ya que por algunos días se presentaban en el Pacífico Sur y en otros, en el Atlántico Sur, algunas veces indistintamente en cualquiera de estos lugares. El impacto que tuvieron estos sistemas fue la de permitir flujos mayormente zonales negativos y en esporádicos momentos flujos del noreste (estos flujos, permitieron un ligero incremento de las concentraciones de ozono a partir de la segunda quincena del mes).

En latitudes medias, del hemisferio sur, la circulación de vientos ha sido mayormente con vientos zonales positivos aportando concentraciones altas de ozono atmosférico sobre estas regiones debido a la intensificación de flujos de viento de latitudes altas (influencia del vórtice polar).

En cuanto al régimen térmico (latitudes 25°N - 25°S), tal como sucintamente se mencionó anteriormente, se puede señalar lo siguiente: en la estratósfera baja y media, se ha observado un comportamiento al incremento (calentamiento) especialmente en 100 hPa, 70 hPa, 50 hPa y 30 hPa mientras que en 10 hPa, 5 hPa, 2 hPa y 1 hPa, el comportamiento fue variable, dado de que en un primer momento hubo un calentamiento, para luego dar paso a un enfriamiento y posteriormente a un nuevo calentamiento. A pesar de esta variabilidad la temperatura en estos niveles, han estado por debajo de sus valores climáticos. Esta variación térmica en niveles altos podría estar relacionado con la permanencia de vientos del este, así como por los vientos provenientes del noreste, como también por un ligero incremento de las concentraciones de humedad (más adelante se detallará el proceso). Ahora bien, en el caso de Perú, se debe remarcar que, de acuerdo a la información de superficie, las



---

concentraciones de ozono en este mes han sido superiores al mes pasado (a nivel promedio mensual), con una tendencia al incremento. En tanto los valores mínimos como máximos de ozono sobre nuestro país, en este mes, fueron superiores a los valores registrados en el mes pasado. La amplitud entre dichos valores en el mes de setiembre ha continuado disminuyendo, pero manteniendo siempre un ascenso. Se registró una mayor frecuencia de vientos del noreste, transportando moderadas concentraciones de ozono Figura 2.

Con el fin de sustentar lo descrito a nivel de baja estratósfera, podemos mencionar que, de la vigilancia realizada en el mes de setiembre a nivel de superficie, en el Observatorio de Vigilancia Atmosférica (OVA) Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 239.5 UD y 257.8 UD (UD = Unidades Dobson). A nivel promedio mensual fueron superiores.

En las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas debido al ozono acumulado en horas de la noche (cabe señalar que, en setiembre, climáticamente, se forma más ozono) 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).

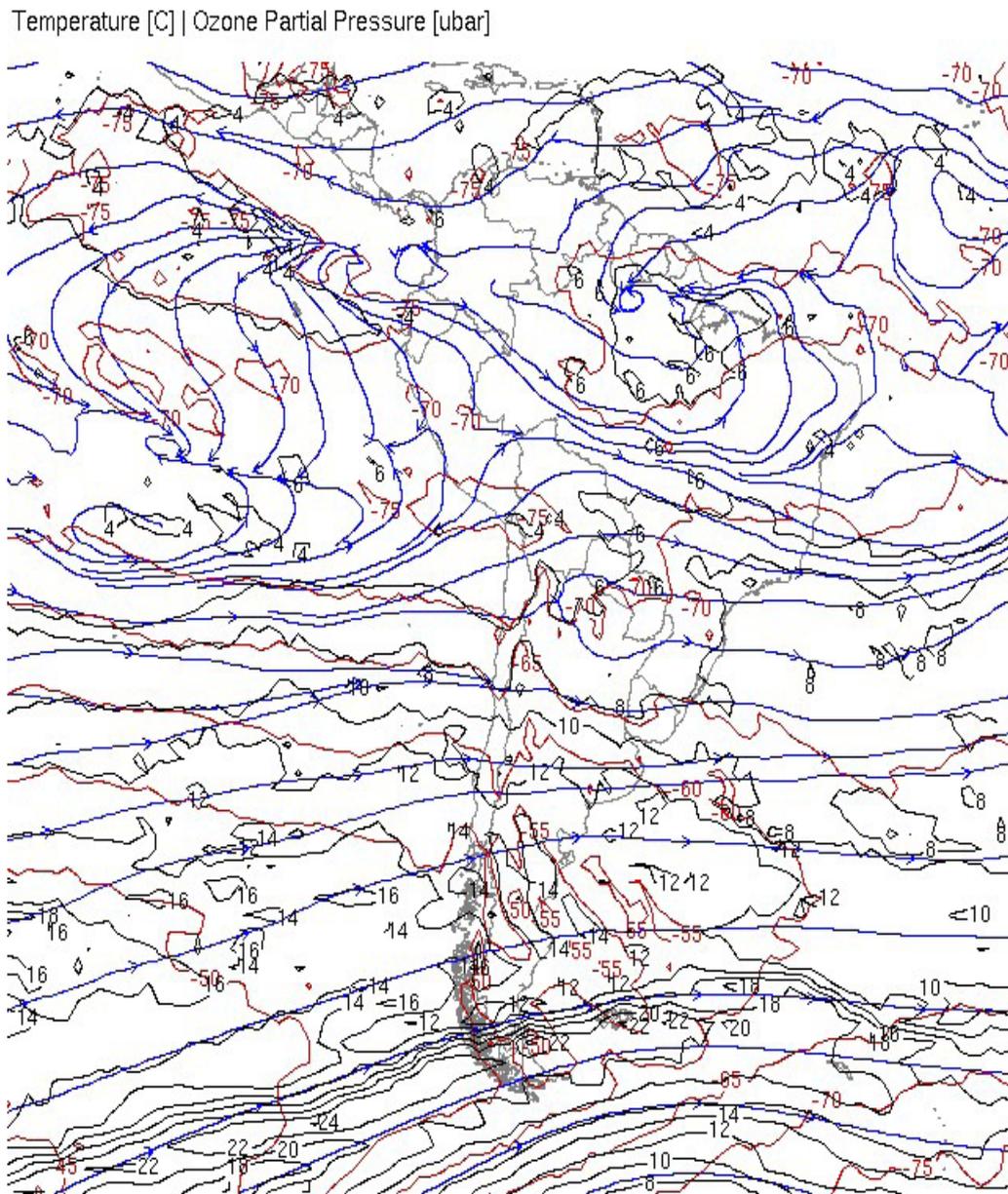
Este proceso físico, se enmarca en que durante las primeras horas de la mañana la incidencia de la radiación ultravioleta, en esta temporada, es cada vez menor, por ende las concentraciones de ozono son relativamente bajas (debido al ozono residual), a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son entre bajos y altos (en los meses de invierno son menores), 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 (reacciones químicas durante el día, de compuestos o gases generadores de ozono troposférico) y meteorológicos (transporte de ozono de y hacia 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 se incrementa, dicha actividad será mayor y viceversa. En el periodo analizado, la intensidad de la radiación ultravioleta ha mostrado un incremento debido al inicio de la estación de primavera. En algunas regiones, especialmente en el norte han sido muy superiores al mes pasado, mientras que en la región



central y sur los niveles fueron superiores. La cantidad de aerosoles tiende a incrementarse debido al inicio de la temporada de lluvias lo cual permite registrar mayor humedad sobre nuestras regiones permitiendo una menor transparencia atmosférica, principalmente en la región andina norte y central. Se espera que en el mes siguiente dichos valores de radiación, continúen incrementándose debido al mayor establecimiento de la primavera.

**FIGURA N° 2**  
**Flujos de masas de aires zonales y quasi meridionales**

Fuente: Weather Service de la University of Wyoming



University of Wyoming

0 Hour 70 hPa Forecast Valid 18Z Fri 13 Sep 2024

---

El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2021) del mes de setiembre oscila entre 245.3 UD y 252.9 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de setiembre del presente año, oscilaron entre 241.7 UD y 253.4 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados en el presente mes, estuvieron un 71% por debajo de sus valores climáticos, mientras que un 29% por encima (cabe mencionar que hubo un desfase de hasta 10 UD entre el valor histórico y el registrado durante el mes de setiembre del presente año).

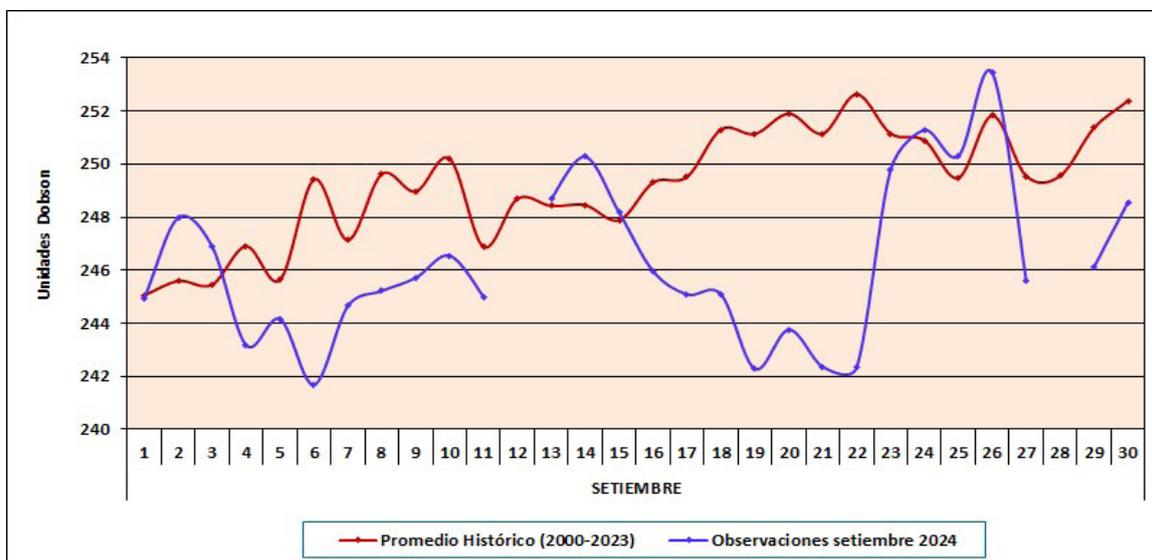
Ahora bien, cuando se comparan ambas series se ha venido observando un comportamiento variable, con valores que en algunos momentos se acercan a sus normales (por ejemplo durante los días 01, 13, 15, 23, 24, 25 y 26) y en otros más bien alejándose (en el resto de días no mencionados, principalmente entre 16 y 22 de setiembre), lo cual se atribuye a los cambios en la circulación atmosférica (vientos en un inicio, del este y en otros momentos del noreste), así como también por la cantidad de vapor de agua emitida a la atmósfera por el volcán Hunga Tonga en el Pacífico Sur, en enero de 2022, el cual se piensa, va originando también efecto en latitudes bajas muy aparte de las medias y altas del hemisferio sur. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de agosto ha registrado valores superiores (pero con una tendencia al incremento, especialmente los valores tanto mínimos como máximos).

En la estratósfera, la temperatura y las concentraciones de ozono generalmente van de la mano, de acuerdo a ello, se puede mencionar que, en el mes de setiembre, en todas las capas de la estratósfera, las temperaturas aún continúan por debajo de sus valores normales, aunque se debe remarcar que en la estratósfera baja y parte de la media, las diferencias en este mes se han acortado, probablemente debido a los flujos de circulación atmosférica entre las capas de 100 hPa y 30 hPa, provenientes del noreste y norte.



### FIGURA N° 3

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en el OVA Marcapomacocha. Setiembre 2024.



Es importante conocer también la variación temporal multianual de la concentración de ozono (climático) y poder relacionarlos con los procesos que generan los diferentes sistemas atmosféricos que gobiernan sobre nuestro país. En el OVA Marcapomacocha 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. El promedio mensual de ozono en el presente mes fue de 246.3 UD inferior en 4.6 UD al promedio mensual multianual (250.9 UD).

Se debe tener presente que, en la región tropical durante los meses de la primavera austral, vale decir desde el 21 de setiembre hasta el 21 de diciembre, las concentraciones de ozono tienden al ascenso (climático), en un primer momento, debido a factores astronómicos, así como a procesos de la circulación a nivel de estratósfera (vientos del noreste, así como una mayor relación de mezcla). 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), lo cual genera el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas (mucho más en los meses de mayo-junio). Es preciso señalar que esta circulación está conducida por ondas atmosféricas la cual puede ser acelerada por el cambio climático repercutiendo en la distribución global de las concentraciones de ozono. En el mes de setiembre, se ha continuado con la persistencia de masas de aire provenientes del

---

este hasta aproximadamente la quincena para luego dar paso a vientos del noreste y norte los cuales aportaron moderadas concentraciones de ozono hacia nuestras latitudes.

Los procesos de advección húmeda han sido nulos en este mes, con excepción de lo ocurrido en el departamento de Tumbes, donde se ha continuado registrando invasiones esporádicas de masas de agua provenientes del Pacífico norte, manteniendo condiciones de alta humedad en toda esa región. Probablemente se haya registrado algún proceso de advección húmeda tropósfera-estratósfera (aunque regionalmente continúa siendo pequeño) motivo por el cual las concentraciones de ozono hayan sido superiores al mes pasado. Ahora bien, a esto se le añade el flujo de vientos provenientes del noreste y norte, los cuales han realizado un gran aporte de concentraciones de ozono sobre nuestro país y obviamente en gran parte de nuestra región sudamericana.

Al igual que la información de superficie, lo que proviene de los satélites es muy importante ante la falta de cobertura por parte de los primeros. En ese sentido, 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, continúa observándose un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 92% de días del mes de setiembre, los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson. Para el caso de SUOMI/OMPS, ocurre lo mismo, durante el 89% de días del mes estuvieron por encima de lo registrado en superficie. Figura 4.

De este análisis podemos decir que la información proveniente de estos dos satélites es bastante mayor a lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, cuando anteriormente eran inferiores, 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 23 UD como producto del tipo o forma de medición que realiza el satélite, así como por factores de circulación atmosférica.

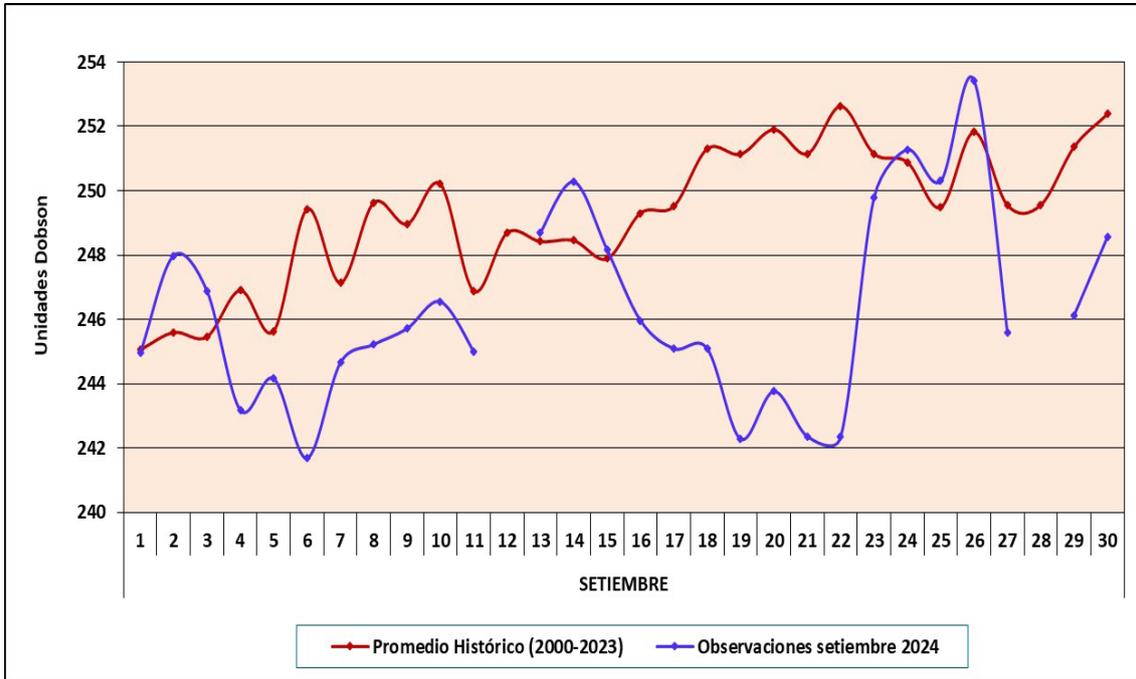
Cabe mencionar, que la tendencia de las concentraciones de ozono medidos en superficie ha registrado un incremento durante el mes, debido a la circulación de los vientos en la atmósfera, mientras que los medidos con los satélites, también mostraron ese comportamiento.

El pronóstico, de acuerdo a la climatología, es que las concentraciones de ozono empiecen a disminuir de octubre en forma paulatina debido a la mayor reacción fotoquímica como producto del inicio de la estación de primavera.



**FIGURA N° 4**

Comparación de información proveniente de las plataformas OMI y OMPS con lo registrado en superficie, en el OVA Marcapomacocha.



## Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

Por lo general, el 10% de la concentración de ozono se encuentra en la tropósfera y el otro 90% en la estratósfera. En ese sentido, cobra vital importancia monitorear el comportamiento vertical de este gas en diferentes niveles de la atmósfera para conocer su variabilidad en el tiempo y poder relacionarlos con posibles cambios en los sistemas atmosféricos característicos de la región (cambios en la transferencia radiativa o circulación de los vientos). Se debe mencionar que en los últimos 40 años el uso de las sustancias agotadoras de ozono empezó a disminuir para dar paso al uso de sustancias sustitutas, los cuales al fin y al cabo destruyen el ozono atmosférico, pero en menor cantidad. Actualmente es notoria, la emisión de gases de efecto invernadero los cuales tienen efecto en el comportamiento del ozono principalmente en la baja estratósfera debido a los efectos de la dinámica atmosférica, así como de las reacciones fotoquímicas. Se suma a ello las implicancias que pudiera tener, en las concentraciones de ozono, la erupción del volcán Hunga Tonga, anteriormente explicado en párrafos anteriores.

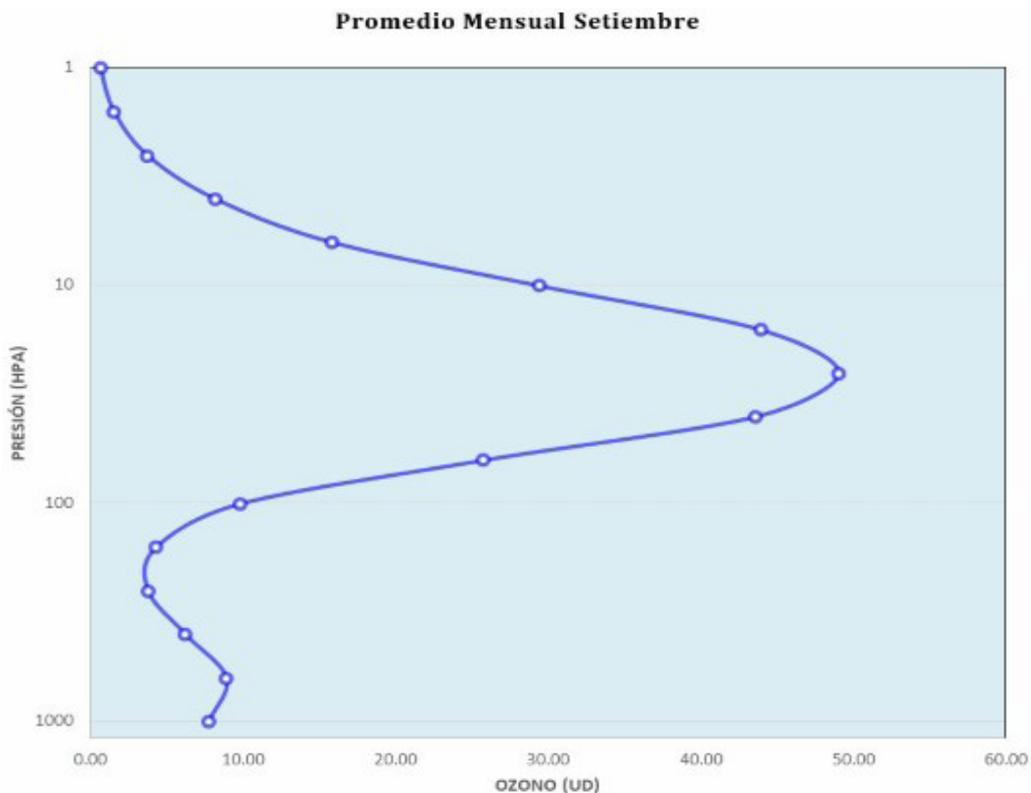
Según la OMM (Organización Meteorológica Mundial), desde el año 2000 hasta el 2020 se han observado por medio de mediciones del perfil vertical de la atmósfera y el desarrollo de modelos numéricos, una disminución en las concentraciones de ozono (~2% por década) en la estratósfera baja de la

región tropical (20°S - 20°N), asimismo en la estratósfera media algo parecido para finalmente en la estratósfera superior un aumento de 2% por década.

Teniendo en cuenta lo descrito líneas arriba y de acuerdo a la figura 5, obtenido de la National Aeronautics and Space Administration - NASA, plataforma OMPS, se ha podido observar el comportamiento típico del perfil vertical de ozono para el mes de setiembre en el OVA Marcapomacocha.

A nivel de tropósfera generalmente, las concentraciones de ozono disminuyen con la altura, para luego a nivel de estratósfera sufrir un incremento ostensible debido al incremento de la temperatura. En la estratósfera alta empiezan a disminuir en forma paulatina. El gráfico presentado es para remarcar que las mayores concentraciones de ozono se registran en esta segunda capa de la atmósfera. Se observa que las concentraciones de ozono son ligeramente mayores a lo observado en el mes pasado, de acuerdo al perfil mostrado. Las concentraciones mayores la encontramos en la media estratósfera con valores entre 31 UD a 53 UD.

**FIGURA N° 5**  
**Perfil vertical de ozono atmosférico del OVA Marcapomacocha**  
Fuente: National Aeronautics and Space Administration – NASA



---

Según información de perfil vertical de ozono atmosférico para un día típico del mes de setiembre (día 17) 2023 obtenida por Metop-C/GOME-2, muestra para el hemisferio norte concentraciones bajas comparadas al mes pasado, cuyos valores han oscilado entre 11 UD y 22 UD, entre la baja y media estratósfera (el área de cobertura latitudinal de estas concentraciones bajas se dio entre 40N°-60°N). Cabe mencionar que, a partir del 21 de setiembre, dicho hemisferio, se encuentra en la estación de otoño, registrándose concentraciones moderadas de ozono en latitudes bajas y altas con tendencia a continuar disminuyendo, debido a la cantidad de humedad atmosférica aún persistente, así como a la influencia de los vientos zonales sobre dichas latitudes. Por otro lado, el régimen de temperatura en la estratósfera baja empieza a disminuir, pero muy ligeramente, mientras que en la media y alta se mantienen con una ligera tendencia a incrementarse.

Hay que tener presente que, en la región tropical, se forma la mayor cantidad de ozono siendo incluso mayores a los formados en latitudes medias y altas de ambos hemisferios, pero debido a factores de circulación regional como el de Brewer-Dobson, la Oscilación Quasi Bienal, así como de procesos de reacciones fotoquímicas y térmicas, en la estratósfera media son redistribuidas hacia latitudes medias y altas de ambos hemisferios, permitiendo una disminución de la misma. El problema se ahonda cuando se registra mayor contenido de humedad.

La altura de las concentraciones de ozono (15 UD a 25 UD) en latitudes bajas del hemisferio norte fue de 60 hPa y 08 hPa, mientras que en latitudes bajas del hemisferio sur (26 UD a 17 UD) la altura fue de 100 hPa y 10 hPa. En latitudes medias del hemisferio sur más bien se registraron concentraciones altas con valores entre 20 UD y 45 UD, pero a una altura entre 200 hPa y 10 hPa.

En esta temporada, las concentraciones de ozono, por lo menos en esta parte de la región tropical, especialmente entre el sur de Perú y parte occidental de Bolivia, han registrado un ligero incremento, por factores de circulación de vientos (cuasi meridionales), así como por efecto de moderadas concentraciones de vapor de agua que fueron emitidas por el volcán submarino Hunga Tonga en enero de 2022 así como la adición de humedad por efecto del inicio del periodo lluvioso en el hemisferio austral.

Para el caso de nuestro país, concentraciones de ozono relativamente moderadas se han registrado entre los 40 hPa y 20 hPa con valores entre 15 UD y 25 UD, especialmente en la región central y sur del país, mientras que, en la sierra norte, las concentraciones oscilaron entre 20 UD y 30 UD a una altura de 50 hPa y 10 hPa.

En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las



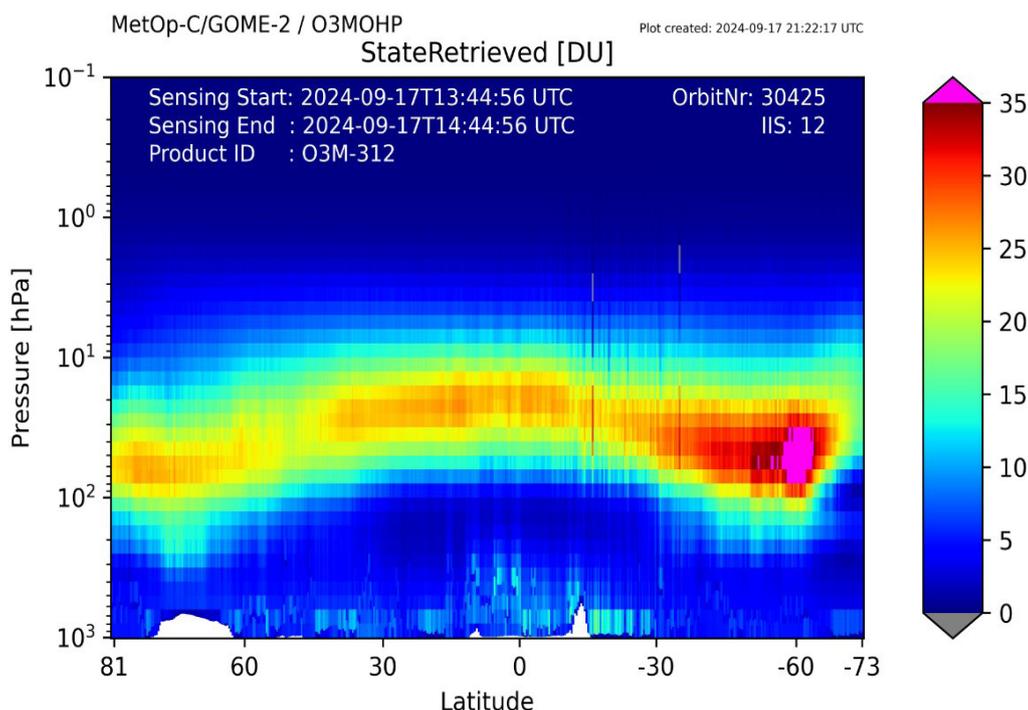
concentraciones de ozono son bajas (oscilan, generalmente, entre 1 UD y 10 UD), esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior, así como también a otros procesos físico-químicos. En la estación de verano estos procesos son intensos debido al incremento de la actividad solar, mientras que en invierno disminuyen.

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, condiciones meteorológicas, así como al efecto que tienen los gases de efecto invernadero, especialmente en la estratósfera baja aunados últimamente con el incremento del vapor de agua, debido a la consideración descrita en párrafos anteriores. Figura 6.

A la fecha se tiene la ocurrencia de una circulación de este a oeste, en el hemisferio norte (10 hPa) por lo que las concentraciones de ozono han continuado disminuyendo. Por otro lado, se ha seguido observando una circulación que en cierta manera a “encapsulado” este gas, con una baja persistencia, los cuales han mostrado concentraciones de ozono algo superiores a los del hemisferio sur el cual va ingresando a un periodo más frío, motivo por el que tanto los procesos físicos como químicos llegan a tener una menor actividad fotoquímica permitiendo la disminución en las concentraciones de ozono.

**FIGURA N° 6**  
**Perfil Vertical de Ozono según GOME-2**

Fuente: Metop-C/GOME-2



---

## VAPOR DE AGUA A 46 hPa

La estratósfera es una capa relativamente seca comparada con la tropósfera, solo se ha podido registrar que, en la capa baja de la misma, hay poca humedad.

En función a lo mencionado, se debe tener conocimiento, que durante los días 13 y 15 de enero de 2022, se registró una erupción volcánica en el mar del Pacífico Sur, emitiendo grandes cantidades de aerosoles a la atmósfera. Tanta fue la potencia de la erupción que llegó hasta alturas que sobrepasaron la estratopausa, inyectando partículas y gases como el SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre), HCl (cloruro de hidrógeno o ácido clorhídrico) y vapor de agua. Es bastante probable que los efectos, en las concentraciones de ozono, se vean con el transcurrir de años, aunque ya hay indicios en el adelanto o retraso de la aparición del vórtice polar (hemisferio sur), así como variaciones en las concentraciones de ozono en la región tropical.

Tanto el vapor de agua como los aerosoles permiten la reflexión de la radiación solar directa al espacio, si estos existieran en cantidades considerables permitiría un enfriamiento en la superficie de la tierra.

El vapor de agua genera calentamiento en la tropósfera y enfriamiento en la estratósfera y esto permitiría un cambio en las concentraciones de ozono y por ende su impacto en el balance de transferencia radiativa.

Hay que recalcar que a nivel global continúa la disipación del periodo cálido (aunque todavía quedan remanentes) vivido desde el año 2023 hasta la fecha los cuales permiten tener almacenado calor en la atmósfera y por ende concentraciones moderadas de humedad relativa, los cuales tienen repercusión en las concentraciones de ozono. Para el caso de nuestro país las condiciones atmosféricas van ingresando a una etapa más cálida debido a factores meteorológicos (influencia del Anticiclón del Pacífico Sur y desaparición de las advecciones frías) como oceanográfica (temperatura de agua de mar).

En la figura 7 se observa un mapa con concentraciones de vapor de agua a nivel de 46 hPa (límite entre la estratósfera baja y media) para un día típico del mes (16 setiembre 2024), obtenida de la Earth Data de la National Aeronautics Space Administration - NASA. En ella se observa sobre Perú, concentraciones de vapor de agua relativamente bajas. Por ejemplo, en la región norte del país las concentraciones oscilaron entre 3.00 ppmv a 3.21 ppmv, mientras que en la región central valores entre 3.16 ppmv y 3.56 ppmv. En el lado de la región sur del país, concentraciones entre 3.79 ppmv y 4.00 ppmv. Tal como se observa,

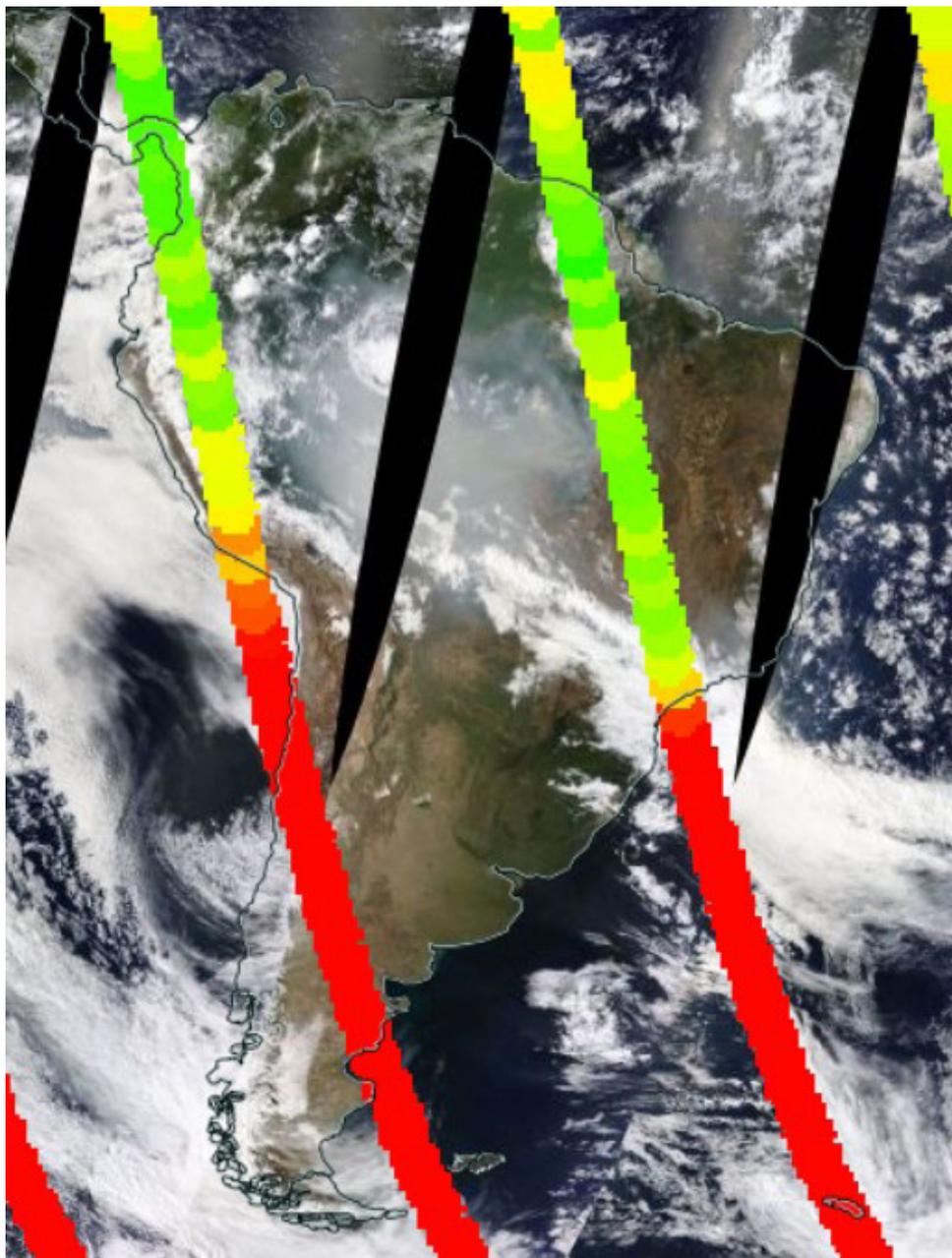


la concentración de humedad ha disminuido en la región sur siendo uno de los factores para el incremento de las concentraciones de ozono atmosférico el cual también ha abarcado parte de la región central del país.

**FIGURA N° 7**

**Vapor de Agua a 46 hPa**

Fuente: Earth Data de la National Aeronautics Space Administration – NASA



---

Cabe señalar que la humedad relativa es la cantidad de humedad que hay en un lugar con relación a la que habría si el aire estuviera completamente saturado de humedad, expresándose en porcentaje.

Ahora bien, utilizando información propia de altura, se puede mencionar que la humedad relativa al nivel de 100 hPa en la región central del Perú (departamento de Junín), en el mes de setiembre fue de 21%, mientras que a nivel de 70 hPa fue de 7%, por otro lado, a 50 hPa fue de 2%. Finalmente, en la parte media de la estratósfera, vale decir, 30 hPa, la humedad relativa fue de 2% y a nivel de 15 hPa también de 1%. El contenido de humedad en la atmósfera tuvo un ligero incremento con respecto al mes pasado, pero a partir de fines de mes lo cual tiene injerencia con las concentraciones de ozono que se registran en esta parte del país aunado a la moderada relación de mezcla de ozono atmosférico.

## **COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO SOBRE EL PERÚ**

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes de la plataforma OMI del satélite AURA de la National Aeronautics and Space Administration - NASA (Figura 8), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico, que muestra el mapa, fueron mayores a lo registrado en el mes de agosto, debido a la ocurrencia de vientos provenientes del noreste durante la segunda quincena del mes. Tal como se explicó en párrafos anteriores, se registró una moderada concentración de humedad en la baja estratósfera como producto del inicio del periodo de lluvias sobre nuestro país. Por el lado del Pacífico también se registraron concentraciones de ozono de moderados a altos.

En casi todo el mes, sobre gran parte de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico lograron incrementarse ostensiblemente debido a una mayor relación de mezcla de ozono proveniente del norte del país. Las concentraciones de ozono en la región norte oscilaron entre 250 UD y 300 UD.

Cabe remarcar que durante los días 01, 02, 03, 04, 14, 15 y 22 de setiembre se registraron concentraciones bajas de ozono (225 UD y 250 UD) que abarcaron una pequeña parte de la región sur del país. En gran parte del mes el área de cobertura de concentraciones altas de ozono se incrementó debido a los flujos de aire provenientes del hemisferio norte. Asimismo, en la región norte del país, las concentraciones de ozono han continuado siendo mayores



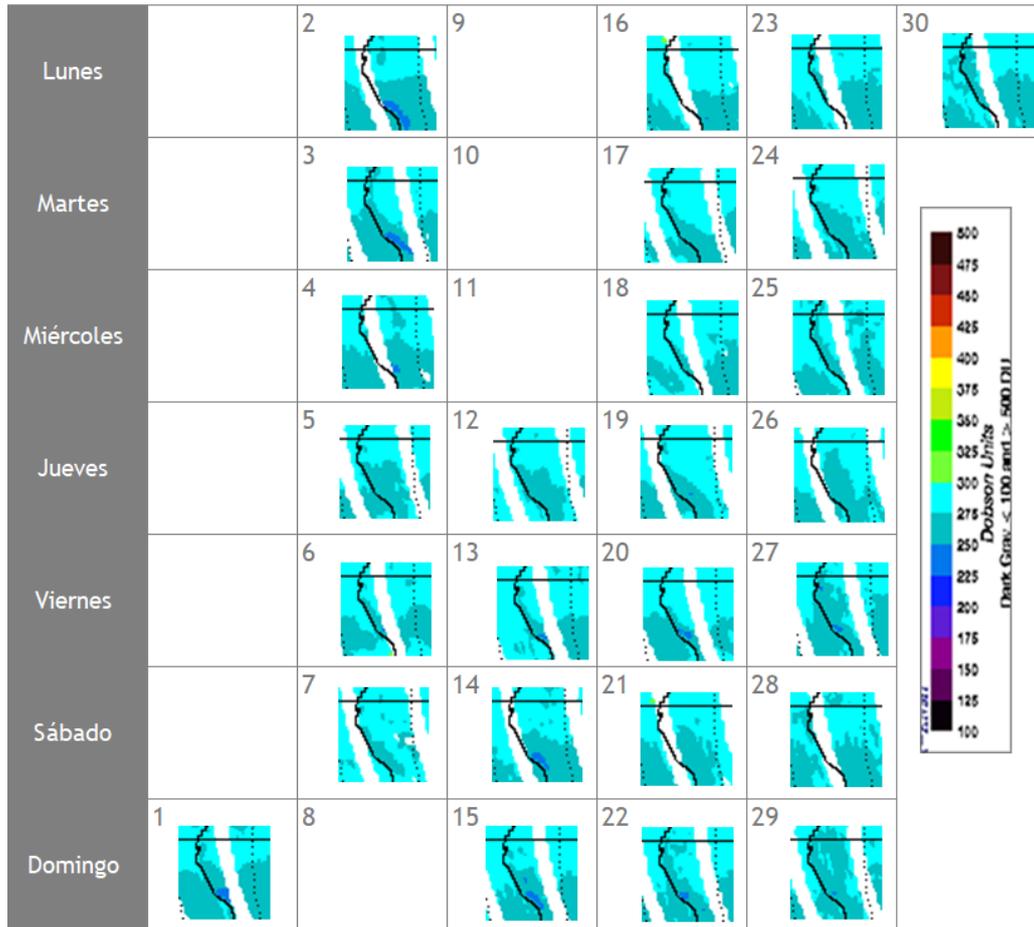
a los del sur con valores entre 275 UD y 300 UD. A pesar de registrar un incremento de las concentraciones de ozono en el sur del país, aún siguen siendo menores, por efecto de una menor masa atmosférica, así como por factores meteorológicos. El mismo comportamiento se registró en las partes altas de Bolivia (altiplano peruano-boliviano). La circulación de los vientos en la baja y media estratósfera registraron ciertos cambios en cuanto a dirección permitiendo un incremento de este gas.

Se vuelve a recalcar que, en este mes, se registraron ingresos, no muy continuos y de moderada intensidad, de masas de aire del noreste, los cuales permitieron un mayor incremento de las concentraciones de ozono atmosférico sobre nuestras latitudes, especialmente en las regiones del norte. Setiembre es el mes donde climatológicamente continúa el registro de incrementos en las concentraciones de ozono sobre nuestro país, los cuales se traducen en moderados niveles de radiación ultravioleta, aunados estos a otros factores como los meteorológicos y ambientales.

**FIGURA N° 8**

**Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de setiembre 2024**

Fuente: Satélite AURA



---

## FLUJO DE VIENTOS EN LA BAJA Y MEDIA

### ESTRATOSFERA

Una de las herramientas que ayuda a entender la mayor o menor concentración de ozono atmosférico sobre nuestras latitudes, específicamente sobre Perú es la información de viento en altura, especialmente el de la baja y media estratósfera. A la fecha se cuenta con información de viento para el mes de setiembre en la región central del país. La estación se ubica en el departamento de Junín cuyas coordenadas son latitud: 11.9562°S, longitud: 75.3217°W a una altitud de 3,311.72 m. Cabe mencionar que la información brindada nos da bases para tener una idea de la relación de mezcla que pueda existir en las diferentes capas de la estratósfera.

### BAJA ESTRATÓSFERA

El flujo de vientos en el mes de setiembre al nivel de 100 hPa fue mayormente del este, sureste y sur, los cuales continúan siendo influenciados aún por los flujos de 200 hPa y 150 hPa, con intensidades que oscilaron entre 3 m/s y 13 m/s con una persistencia de 54%. Asimismo, se registraron vientos del noroeste y suroeste con una persistencia de 46% y con una velocidad entre 2 m/s y 8 m/s. Cabe recalcar que climáticamente los flujos de viento en este nivel son mayormente del noroeste y noreste.

A nivel de 70 hPa los flujos de viento fueron mayormente del este y sureste con velocidades que oscilaron entre 2.0 m/s y 12 m/s con una persistencia de 61%. En otras direcciones la persistencia fue de 39% con velocidades entre 1 m/s y 7 m/s.

En el nivel de 50 hPa los flujos de viento fueron en su mayoría del oeste, suroeste, sur y noroeste con una persistencia del 70% con velocidades entre 3 m/s y 11 m/s.

### MEDIA ESTRATÓSFERA

Los flujos predominantes de viento fueron del oeste, noroeste y norte con una persistencia de 90%. Las velocidades de viento oscilaron entre 3 m/s y 11 m/s. En otras direcciones la persistencia fue de 10% con velocidades de viento entre 1 m/s y 5 m/s.

Finalmente, en el nivel de 15 hPa los flujos fueron mayormente del oeste, suroeste, noroeste y norte, con velocidades que oscilaron entre 4 m/s y 17 m/s con una persistencia de 82%, mientras que en otras direcciones la persistencia



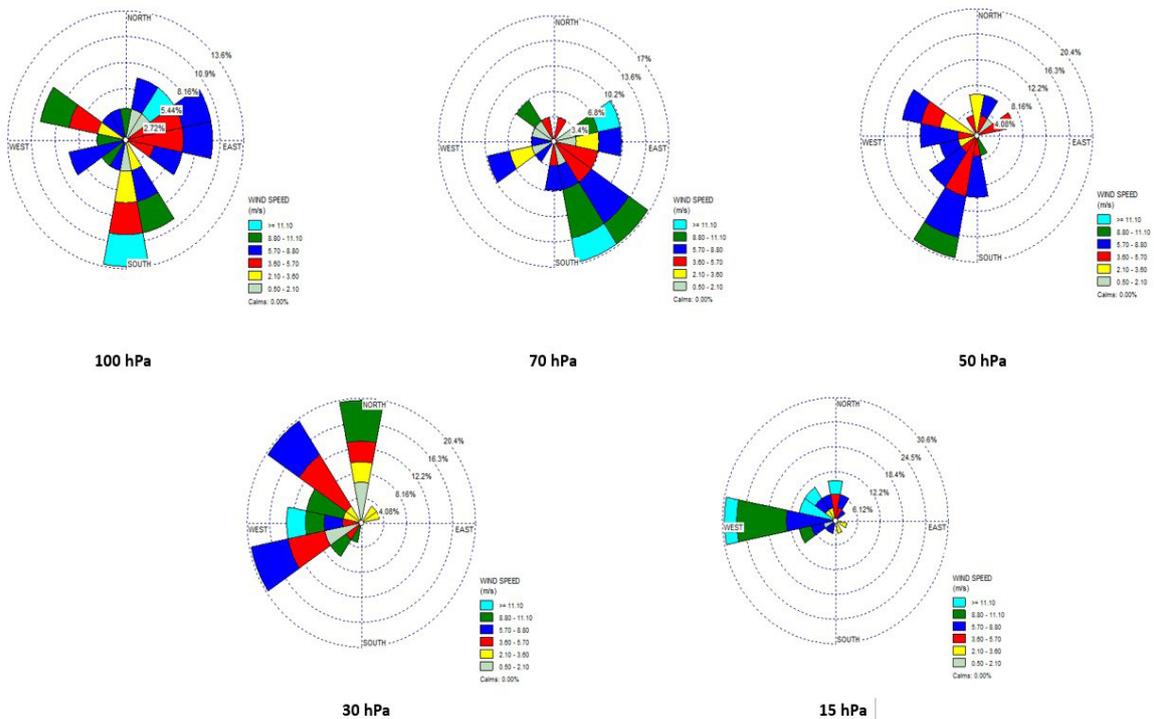
fue de 18% con vientos que superaron los 1.0 m/s hasta los 6.0 m/s.

Realizando una síntesis de este análisis, se podrá observar que los vientos provenientes del segundo y tercer cuadrante son los más frecuentes en la baja estratósfera (100 hPa), mientras que en la media (30 hPa y 15 hPa), los vientos persistentes son del tercer y cuarto cuadrante. Esta variabilidad en la dirección de los vientos, así como sus intensidades, especialmente en las capas de la baja y media estratósferas, ha permitido registrar una moderada relación de mezcla de ozono por lo que las concentraciones se incrementaron en el mes de setiembre comparado con sus valores normales. Hay que remarcar que durante el mes hubo un ascenso en las concentraciones de ozono, los cuales se acercaron a sus valores normales.

Se debe tener presente que en este mes se registró un ligero incremento en la humedad atmosférica, especialmente a partir de la última década del mes, los cuales en cierta manera permitieron el incremento del ozono atmosférico. La figura 2 donde los vientos son cuasi meridionales sustenta los ingresos de ozono sobre nuestras latitudes permitiendo un aumento.

El comportamiento de vientos descrito líneas arriba se puede observar en la Figura 9.

**FIGURA N° 9**  
**Comportamiento del viento en la baja y media estratósfera para el mes de setiembre 2024**



---

## TEMPERATURA EN LA BAJA Y MEDIA

### ESTRATOSFERA

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, la circulación atmosférica, así como otros fenómenos que ocurren en forma casi periódica (Fenómeno El Niño o La Niña).

En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2023 hasta el mes de setiembre 2024, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N, obtenido de la National Weather Service de la National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), ha registrado una ligera tendencia a la disminución (enfriamiento), pero acercándose a sus valores climáticos, tal como muestra la figura, pero aun así continua por debajo de sus valores normales (línea de color amarillo), a veces por debajo de sus mínimos extremos, permitiendo un cierto incremento de la concentración de ozono atmosférico en dicha franja tropical (cabe mencionar que dicha recuperación ha sido moderada). A pesar del comportamiento térmico del aire en ese nivel, las concentraciones de ozono, en nuestro país, lograron registrar valores superiores a nivel diario (especialmente los valores extremos), con una tendencia a mantenerse en un primer momento para luego empezar a disminuir hasta el mes de enero del siguiente año. Se debe remarcar que, durante el mes de setiembre, las temperaturas, observadas en las capas bajas de la estratósfera continúan persistiendo por debajo de sus valores normales, pero con tendencia a un incremento, mientras que, en la estratósfera alta, el régimen térmico tuvo un comportamiento muy variable, con descensos y ascensos, pero siempre muy por debajo de sus normales.

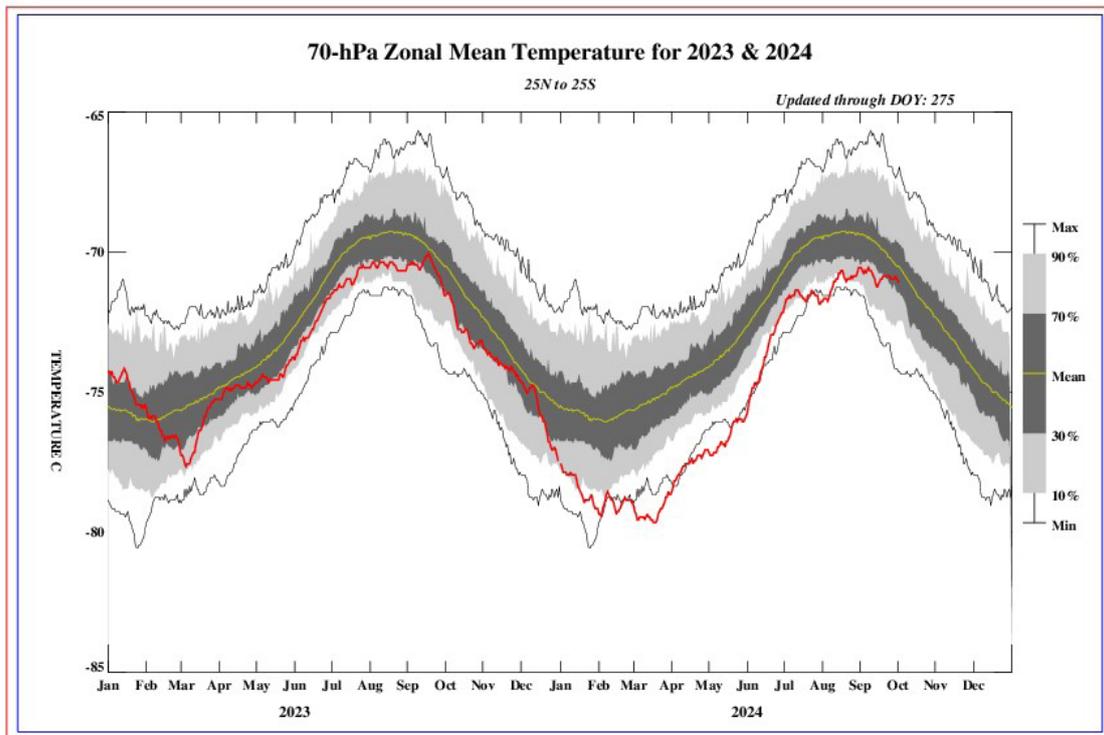
La variabilidad de la concentración de ozono en el nivel de 70 hPa, asociado a los cambios en la temperatura es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. Se suma también, el proceso de la circulación Brewer-Dobson, la Oscilación Quasi Biental, así como a circulaciones de



viento regionales a nivel de alta atmósfera. Se agrega el impacto que tuviera la concentración de vapor de agua debido a la erupción del volcán submarino Hunga Tonga en enero del 2022, ya que permite enfriar la atmósfera en ese nivel afectando las concentraciones de ozono atmosférico. Por otro lado, hay que destacar el impacto que tiene la emisión de sustancias agotadoras de ozono (elementos sustitutos) hacia la atmósfera por parte del factor antropogénico. 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, físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de  $-69.5^{\circ}\text{C}$ , mayor en valor numérico al mes pasado, pero físicamente “menos cálido”. La temperatura calculada en este mes, fue de  $-71.5^{\circ}\text{C}$ .

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 ha descrito en párrafos anteriores). En el presente mes, el promedio mensual registrado en superficie fue de 246.3 UD, mayor al mes anterior.

**FIGURA N° 10**  
**Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de setiembre 2024**



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

Considerando la información de temperatura de la baja y media estratósfera, proveniente de la estación de altura de Junín, podemos decir lo siguiente: La temperatura a nivel de 100 hPa promedio mensual fue de  $-75.6^{\circ}\text{C}$ , mientras que a nivel de 70 hPa fue de  $-72.3^{\circ}\text{C}$ , valores relativamente distantes con una diferencia entre ellas, de  $3.3^{\circ}\text{C}$ . Entre las dos capas existe aproximadamente una distancia de 2 km permitiendo que haya una estrecha relación entre el límite de la alta tropósfera y la baja estratósfera en cuanto a intercambio de energía, especialmente en esta parte de la región tropical. Ver Figura 11.

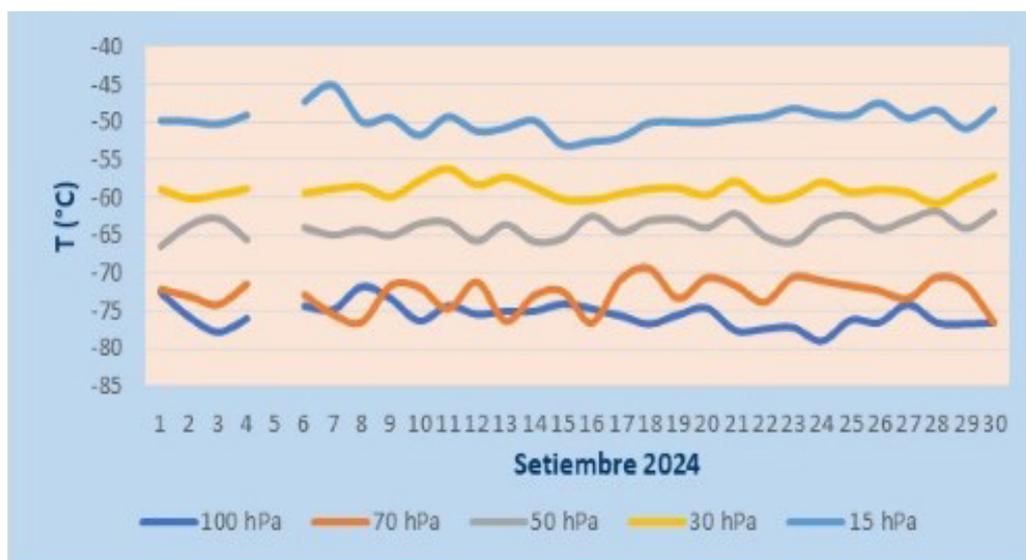
A nivel de 50 hPa, la diferencia es más notoria con una temperatura promedio del mes de  $-64.0^{\circ}\text{C}$  (algo parecido al mes anterior).

En la media estratósfera, a 30 hPa, la temperatura promedio registrada fue de  $-58.9^{\circ}\text{C}$  para finalmente, a 15 hPa, la temperatura fuera de  $-49.6^{\circ}\text{C}$  (mayor calentamiento comparado al mes anterior). La relación de mezcla de ozono en esta capa ha sido moderada.

La temperatura promedio mensual a nivel de 70 hPa obtenida por la NOAA ( $-71.5^{\circ}\text{C}$ ) y la obtenida por un equipo de altura ( $-72.3^{\circ}\text{C}$ ), valores bastante cercanos. Hay que tener en cuenta que la información de NOAA es promedio de la faja  $25^{\circ}\text{N}$  y  $25^{\circ}\text{S}$ , mientras que el registrado en la región central del país es puntual.

En ese sentido, la tendencia del régimen térmico durante el mes, fue por lo general a un incremento (proceso físico “cálido”).

**FIGURA N° 11**  
Régimen térmico en la baja y media estratósfera de Junín



---

El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de setiembre, es mostrado en la Figura 12 (University of Wyoming) en donde se aprecia que las temperaturas, específicamente, en el continente Antártico han registrado valores entre  $-80^{\circ}\text{C}$  a  $-85^{\circ}\text{C}$ , debido a condiciones bastante frías debido a la presencia aún del vórtice polar. Las temperaturas en dicho continente paulatinamente registrarán un ascenso debido al establecimiento de la estación de primavera en el mes de octubre.

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 que aparte del factor astronómico, una disminución de la temperatura en ese nivel de la estratósfera (70 hPa) de la región tropical, se encuentra relacionada con una disminución en las concentraciones de ozono.

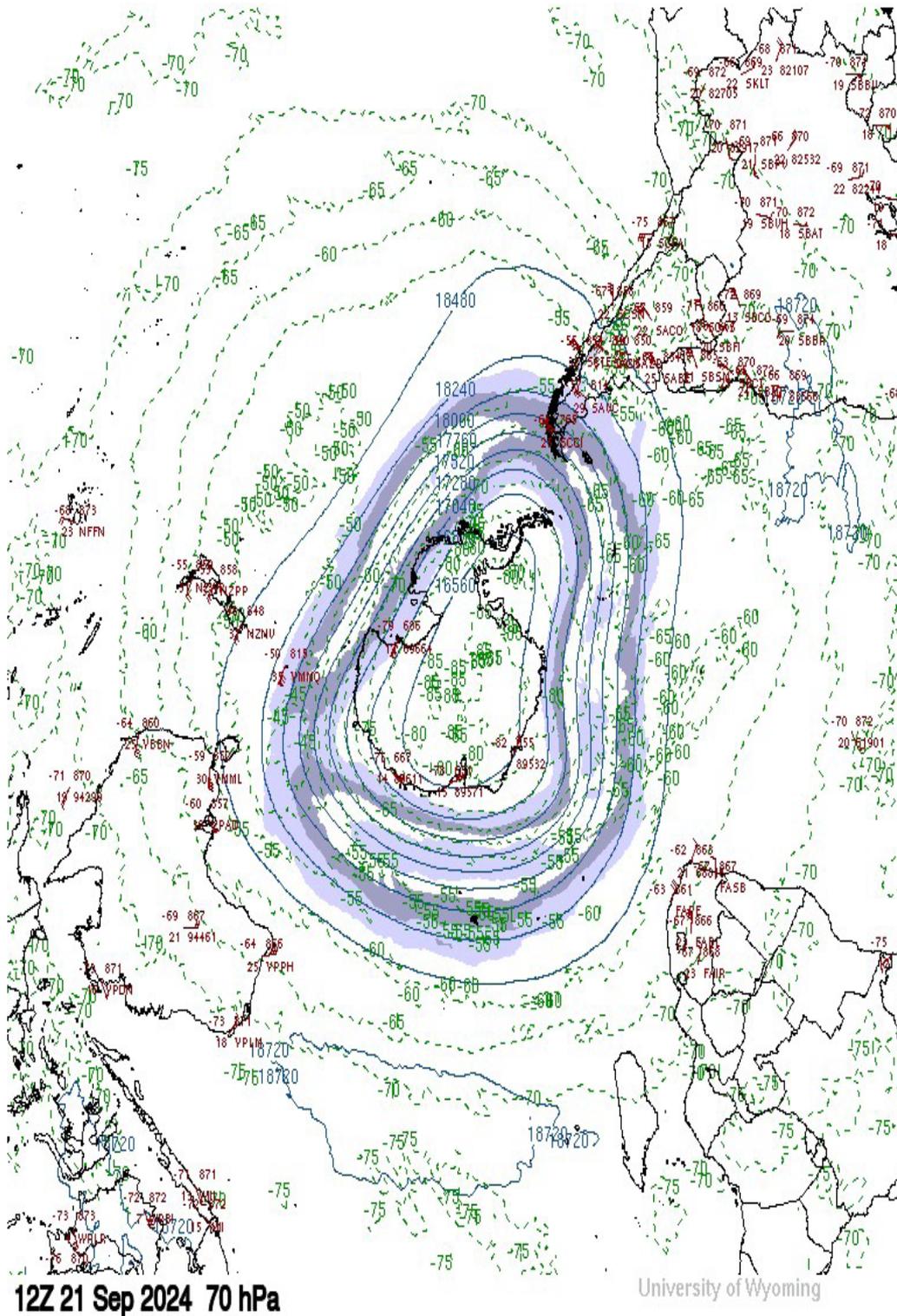
En latitudes bajas ( $20^{\circ}\text{N}$  -  $20^{\circ}\text{S}$ ), las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja estratósfera), como se ha mencionado anteriormente, ha continuado registrando valores por debajo de sus normales climáticas, por momentos hasta fuera de sus mínimos extremos, pero con una tendencia al incremento (promedio de las capas de 100 hPa, 70 hPa y 50 hPa), lo cual tiene injerencia en los procesos de transferencia radiativa.

Para el caso de nuestro país las temperaturas en el nivel de 70 hPa, ha registrado un valor de  $-72.3^{\circ}\text{C}$ , mayor (proceso físico) al mes pasado, más “cálido”, siendo uno de los factores para que las concentraciones de ozono atmosférico, en esta capa, hayan registrado una tendencia al ascenso debido a circulaciones de viento zonales, en un primer momento, y luego cuasi meridionales en un segundo momento permitiendo el incremento de las concentraciones de ozono, pero aún por debajo de sus valores normales.



**FIGURA N° 12**

**Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (21 setiembre 2024)**



Fuente: Universidad de Wyoming

---

### III.-CONCLUSIONES

1. El mes de setiembre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) continúan incrementándose. El valor registrado, en este mes, fue de 246.3 UD como valor promedio. Este valor es superior a lo obtenido el mes pasado y permite concluir que las concentraciones de ozono durante parte del mes fueron relativamente altas debido a la presencia de los vientos zonales negativos (en menor proporción), así como a la ocurrencia continua (a partir de la segunda quincena del mes) de vientos del noreste y norte de moderada intensidad, aunado a un ligero incremento en concentraciones de vapor de agua, especialmente en la capa de 100 hPa, en la sierra central. Durante la primera quincena del mes, se registró una ligera disminución, de ozono atmosférico, especialmente en la región sur del país y parte de Bolivia, debido a una anomalía en la circulación de los vientos, pero después de ese periodo se incrementaron.
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 241.7 UD a 253.4 UD, límites inferior y superior, superiores al mes anterior. Este incremento, está ligado a la mayor formación y traslado de concentraciones de ozono hacia nuestras latitudes por efecto de una mayor relación de mezcla el cual ha sido característico en este mes, especialmente en la estratósfera media. Debido a este proceso las temperaturas en la estratósfera baja y media se incrementaron.
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 setiembre, se puede concluir que la máxima concentración de la misma, en la región tropical del hemisferio sur, se registró entre los 70 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera) con valores que oscilaron entre 15 UD y 25 UD (ligeramente mayor al mes anterior), mientras que en latitudes medias del hemisferio sur, la altura de las máximas concentraciones se dieron entre los 200 hPa y 10 hPa con valores entre 20 UD y 45 UD. La variabilidad en las concentraciones de ozono de este mes con respecto al de agosto, ha sido influenciada principalmente por la circulación de los vientos, especialmente los provenientes del hemisferio norte, así como por el régimen térmico (inicio de la primavera).
4. El registro de concentraciones de ozono atmosférico en latitudes

medias y altas del hemisferio norte, casi se han mantenido de acuerdo a los valores registrados entre 13 UD a 23 UD, entre la alta tropósfera y media estratósfera (40°N - 20°N). Durante el mes de setiembre se registraron procesos físicos de baja relación de mezcla de ozono de latitudes medias a altas, debido principalmente al inicio de la estación del otoño boreal, los cuales han permitido dicha disminución (menores procesos fotoquímicos). A este proceso se aúna la Oscilación Quasi Bienal (QBO) así como el impacto que ejerce la circulación Brewer-Dobson en esta parte del hemisferio.

5. La concentración de vapor de agua que se pueda tener en la estratósfera es importante para el balance radiativo de la atmósfera, así como para la variabilidad en el comportamiento del ozono. Sobre nuestro país, al nivel de 46 hPa, se observó una ligera disminución en la región central (con valores entre 3.16 ppmv y 3.56 ppmv), mientras que en la región sur osciló entre 3.79 ppmv a 4.00 ppmv (menor al mes de agosto) para finalmente en la región norte, concentraciones entre 3.00 ppmv y 3.21 ppmv (menor al mes pasado). Cabe resaltar que concentraciones menores, afectan grandemente el comportamiento espacial y temporal del ozono atmosférico sobre nuestras latitudes, permitiendo una mayor concentración de ozono atmosférico.
6. De acuerdo a la información real de viento obtenida para las diferentes capas de la estratósfera baja y media se concluye que uno de los factores que permite el incremento de las concentraciones de ozono sobre nuestras latitudes, específicamente sobre nuestro país, son los vientos cuasi meridionales, así como zonales positivos, los cuales fueron muy intensos durante parte del mes en la estratósfera baja y media.
7. Los mapas de ozono total atmosférico (provenientes de la plataforma OMI del satélite AURA de la National Aeronautics and Space Administration - NASA), muestran el comportamiento de ozono en nuestro país, mayores al mes pasado, especialmente en la región norte y parte de la región central, con valores que oscilaron entre 250 UD y 300 UD, durante gran parte del mes. Se registraron concentraciones bajas de ozono entre 225 UD y 250 UD, especialmente en la región sur del país, pero fueron en días muy esporádicos. Los factores que determinaron el registro de estas concentraciones fueron del tipo térmico, humedad y viento.
8. En lo que concierne al comportamiento del régimen térmico en la baja estratósfera (70 hPa) considerando la faja 20°N - 20°S, se



---

puede mencionar que, durante el mes de setiembre, los valores se caracterizaron por mantener valores similares con una ligera tendencia a la disminución ( $-71.5^{\circ}\text{C}$ ), lo cual trajo como consecuencia, a pesar de ello, un ligero incremento de las concentraciones de ozono en esta parte del continente.

9. Setiembre es considerado como un mes donde el régimen térmico se incrementa (a nivel de baja estratósfera), los niveles de radiación solar también se llegaron a incrementar debido a un aumento en la concentración de ozono sobre nuestro país, permitiendo que los procesos físicos-químicos en la estratósfera baja y media sean más dinámicos causados por el cambio de estación.
10. Debido al comportamiento de la temperatura en las diferentes capas de la estratósfera, realizadas con equipos de altura sobre la sierra central del Perú (departamento de Junín), se concluye que, en las capas de 30 hPa y 15 hPa se ha registrado un calentamiento, mientras que en las capas de 100 hPa y 70 hPa se registró un ligero enfriamiento, debido al registro de un aumento en la humedad relativa, así como a una menor mezcla de ozono, comparado a la estratósfera media.
11. 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. Vannia Aliaga Nestares

[valiaga@senamhi.gob.pe](mailto:valiaga@senamhi.gob.pe)

**Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:**

Ing. Jhojan Rojas Quincho

[jprojas@senamhi.gob.pe](mailto:jprojas@senamhi.gob.pe)

**Análisis y Redacción:**

Ing. Orlando Ccora Tuya [occora@senamhi.gob.pe](mailto:occora@senamhi.gob.pe)

Bach. Juan Tacza Ordoñez

Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

Tco. Julia Astudillo Capcha

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

**Próxima actualización: 15 de noviembre de 2024**



**Servicio Nacional de Meteorología e  
Hidrología del Perú - SENAMHI**

Jr. Cahuide 785, Jesús María

Lima 11 - Perú

**Central telefónica: [51 1] 614-1414 anexo 444**

**Subdirección de Evaluación del Ambiente  
Atmosférico:**