

Marzo 2026
vol. 03

**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.

Lamentablemente, el hombre ha creado algunos productos químicos a base de carbono y halógenos (Cl, Br), conocidos como halocarbonos, que se han usado principalmente para la fabricación de refrigeradores, congeladores, sistemas de aire acondicionado, aerosoles y espumas sintéticas. Estos halocarbonos son sustancias agotadoras de ozono (SAO) y producen la destrucción y adelgazamiento de nuestra capa de ozono, que permite que la radiación ultravioleta B ingrese con mayor intensidad a la tierra y afecten la vida en el planeta.

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 (CO₂) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).



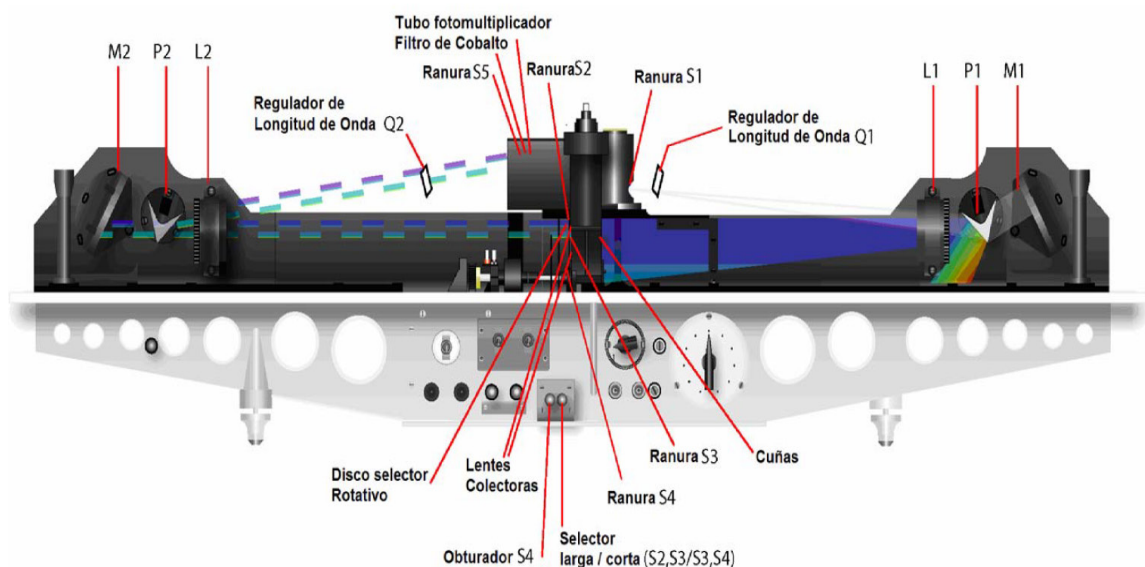
I.- CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFÉRICO Y FUNCIONAMIENTO DEL ESPECTROFOTÓMETRO DOBSON

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 marzo, la estratósfera baja de la región tropical ha registrado características térmicas con una tendencia al calentamiento, continuando aun, por debajo de sus valores climáticos, especialmente en la capa de 70 hPa donde los valores estuvieron alejados a sus normales, debido todavía a la presencia de concentraciones de vapor de agua, así como a los flujos de viento mayormente del este. A su vez en la estratósfera media también se registraron valores aún por debajo de sus valores climáticos, con tendencia al calentamiento térmico en los niveles de 30 hPa y 10 hPa. En la estratósfera alta, el régimen térmico ha continuado por debajo de sus valores normales, pero al igual que en la estratósfera media, con tendencia al ascenso. En superficie, las concentraciones de ozono registraron valores algo superiores al mes pasado, a nivel promedio mensual, mientras que en lo que respecta a valores extremos, presentaron también una tendencia al incremento, los cuales han estado asociados mayormente a la invasión esporádica de masas de aire proveniente del norte y noreste. La relación de mezcla de ozono, registró un ligero ascenso con respecto al mes anterior, el cual también ayudó a que las concentraciones de ozono atmosférico promedios del mes, sean superiores.

En lo que respecta específicamente al flujo de vientos en la estratósfera baja, éstas tuvieron un comportamiento con tendencia procedente del primer y cuarto cuadrante ósea, del noreste, este y sureste (similar al mes anterior), aunque a nivel de 50 hPa se ha registrado una tendencia hacia el este mayormente, mientras que en la estratósfera media fueron netamente del este (primer y cuarto cuadrante). Al igual que en la capa anterior, en la estratósfera alta los flujos también fueron prácticamente del primer y cuarto cuadrante o sea del este Esta configuración de vientos en la estratósfera baja favoreció el transporte y el incremento de los aportes de ozono atmosférico hacia nuestras latitudes.

En la alta tropósfera, los sistemas atmosféricos mantuvieron sus posiciones climatológicas habituales, condiciones de la estación de verano austral, así como al ligero desplazamiento del Anticiclón del Pacífico Sur hacia el este y su paulatino incremento en intensidad, la influencia de la Ata de Bolivia, permite el traslado de grandes cantidades de humedad hacia nuestro país, ocasionando una incidencia en el comportamiento del ozono atmosférico, por lo menos en la baja estratósfera. Se debe señalar que las tormentas tropicales generan ozono atmosférico y en esta temporada fueron algo similares al mes pasado. Este periodo cálido permitirá a nivel general, que se registren ligeros incrementos de los niveles de ozono en esta parte de la región, aunados a una cierta estabilidad en las concentraciones de la humedad atmosférica, entre



la alta tropósfera y baja estratósfera, procesos que empezarán a disminuir cuando empiece la estación de otoño. El desarrollo de un evento denominado El Niño Costero implicaría algunos cambios en su distribución espacial y temporal. La convección húmeda mínima ha continuado registrándose, como hace varios meses, en la región norte del país (específicamente en los departamentos de Tumbes y Piura), pero ahora también a lo largo de la costa peruana por efecto de la invasión de masas de agua cálidas provenientes del hemisferio norte, así como también de la influencia de la llegada de la Onda Kelvin, el cual permite el incremento de la temperatura superficial del mar, afectando mucho más a la región oriental del Pacífico Sur. Es importante considerar que estos procesos, así como un incremento de la humedad atmosférica en la baja y media estratósfera (100 hPa hasta 10 hPa) llegan a tener repercusión en las propiedades físicas (radiativas) y químicas de dicha capa, permitiendo obtener valores de ozono atmosférico algo superiores al mes pasado, con tendencia a disminuir para el próximo mes, por cuestiones netamente climáticas, aunados también a la circulación de los vientos del este y otras en dichas capas.

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).

Como se ha expuesto, es importante tener en cuenta que esos regímenes de circulación, así como los procesos que involucran la temporada cálida austral, interactúan entre sí en las diferentes capas de la atmósfera, permitiendo un incremento en el transporte de calor o energía. En ese sentido, se analiza la capa de 70 hPa (día 09 de marzo) dado de que es representativa de la baja estratósfera. A lo largo del mes, climáticamente sobre nuestras latitudes, las concentraciones de ozono continúan incrementándose, pero en forma paulatina, debido a la presencia de vientos zonales negativos, así como esporádicos ingresos de vientos cuasi meridionales, los cuales aportan moderadas concentraciones de ozono atmosférico sobre nuestras latitudes. Durante, este período, los vientos han sido mayormente del primer y cuarto cuadrante, ósea han provenido del noreste, este y sureste en la estratósfera baja, para luego ser netamente del este, en la estratósfera media (similar a la



del mes anterior), con temperaturas (estratósfera baja) ligeramente menores (en valor numérico) al mes anterior, pero con condiciones más cálidas, propios de la estacionalidad. Se registraron, además, vientos bastante esporádicos del noreste, los cuales aportaron cantidades moderadas de ozono atmosférico. Finalmente, se ha continuado registrando dos núcleos anticiclónicos menos intenso al mes anterior, uno en el Pacífico y otro entre el continente sudamericano y el Atlántico, los cuales, en cierta manera, han permitido la invasión de masas de aire con concentraciones moderadas de ozono.

En latitudes medias del hemisferio sur, la circulación de vientos ha continuado siendo zonal positivo (70 hPa), pero de alta intensidad, aportando concentraciones de ozono altas a moderadas, mientras que, en latitudes altas, se han registrado procesos físicos que han incentivado hacia un inicio de la disminución de ozono atmosférico.

En cuanto al régimen térmico (latitudes 25°N - 25°S), se puede señalar lo siguiente: en la estratósfera baja se ha observado comportamientos con tendencia a presentar valores aún por debajo de sus valores normales como en el caso de la capa de 100 hPa, mientras que, en la capa de 70 hPa, se han comportado relativamente cercano a sus valores climáticos con una tendencia al incremento, pero aún por debajo de ellos. Los causales son la circulación de la atmósfera en esos niveles los cuales aportan moderadas concentraciones de ozono atmosférico hacia la región tropical permitiendo que dicho gas, atrape más radiación ultravioleta trayendo como consecuencia un incremento de la temperatura. Se podría indicar que existe una mayor relación de mezcla. Los niveles de 30 hPa y 10 hPa (estratósfera media) registraron una tendencia a un calentamiento, especialmente en el de 10 hPa (al igual que el mes pasado), pero siempre por debajo de sus valores climáticos. Para el caso de los niveles de 5 hPa, 2 hPa y 1 hPa, el comportamiento estuvo bastante marcado, pero también por debajo de sus valores climáticos, con tendencia a un mayor calentamiento. Solo en el caso del nivel de 1 hPa, la tendencia en el mes siguiente es a disminuir. Debido a este comportamiento de la estratósfera, las concentraciones de ozono lograron registrar valores algo superiores a nivel promedio mensual, con respecto al mes anterior, en la región tropical, el cual estaría relacionado por la ocurrencia de una mayor mezcla de ozono atmosférico, así como una ligera disminución de la humedad. El comportamiento térmico en la baja estratósfera estaría relacionado por la presencia de vientos mayormente del primer y cuarto cuadrante, pero más diversificado (proveniente de más direcciones). En la estratósfera media todos los flujos de viento fueron del este con temperaturas aún por debajo de sus valores climáticos. En el caso de Perú, de acuerdo a la información de superficie, las concentraciones de ozono en este mes han registrado, valores



ligeramente superiores al mes pasado (a nivel promedio mensual), con una tendencia más bien a disminuir (comportamiento climático). Cabe enfatizar que tanto los valores mínimos y máximos diarios de ozono sobre nuestro país, en este mes, fueron ligeramente superiores, el cual guarda relación con su comportamiento estacional. La amplitud entre dichos valores en marzo, han oscilado entre 11 UD a 12 UD. Figura 2.

Como sustento de las observaciones en la baja estratósfera, los registros de superficie del Observatorio de Vigilancia Atmosférica (OVA) Marcapomacocha durante marzo muestran concentraciones horarias de ozono que oscilaron entre 237.3 DU y 249.3 DU (Unidades Dobson). En concordancia con el análisis previo, el promedio mensual superó los valores registrados en febrero.

Durante el ciclo diario, se observa que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas debido al ozono acumulado en horas de la noche (en marzo, climáticamente, se registran valores de ozono superiores a febrero) 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 durante el día).

Este proceso físico, se enmarca en que durante las primeras horas de la mañana la incidencia de la radiación ultravioleta, tiende a mantener valores algo menores, por ende las concentraciones de ozono serán relativamente moderadas (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 Muy Altos a Extremadamente altos en el mes de marzo (en los meses de verano y parte del otoño son mayores), permite un cierto incremento del ozono (actividad fotoquímica ligeramente menor al mes pasado) 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). Es importante remarcar 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 registrado valores algo inferiores al mes pasado, tanto a nivel promedio mensual como de los máximos debido al inicio o cambio de estación hacia el otoño, con condiciones de cielo entre nublado y cubierto, mayormente en la región andina central y sur. La cantidad

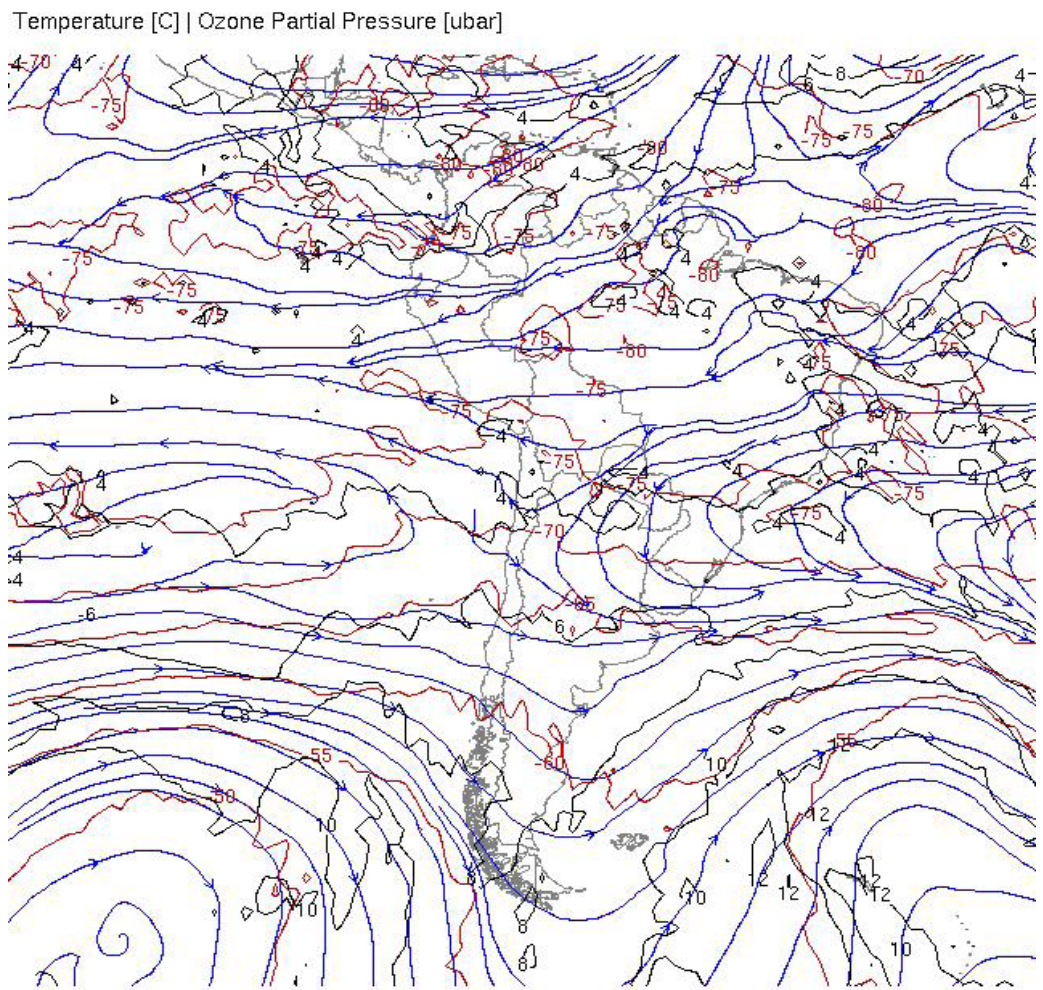


de aerosoles ha mostrado una tendencia a mantener concentraciones similares al mes anterior, debido todavía a una presencia considerable de cobertura nubosa por efecto de vientos provenientes del este en niveles altos de la tropósfera y baja estratósfera, aunque en algunas regiones se ha mantenido con cielo nublado a despejado con baja cantidad de aerosoles (región costera) Se espera que en el mes siguiente dichos valores de radiación, lleguen a disminuir o mantenerse debido al cambio de estación.

En esta temporada, parte de la humedad de la tropósfera también se distribuye en la baja estratósfera permitiendo una similar formación de ozono atmosférico, especialmente a nivel de 100 hPa y 70 hPa.

FIGURA N° 2
Flujos de masas de aire variables con núcleos anticiclónicos en en latitudes medias del hemisferio sur

Fuente: Weather Service de la University of Wyoming



University of Wyoming

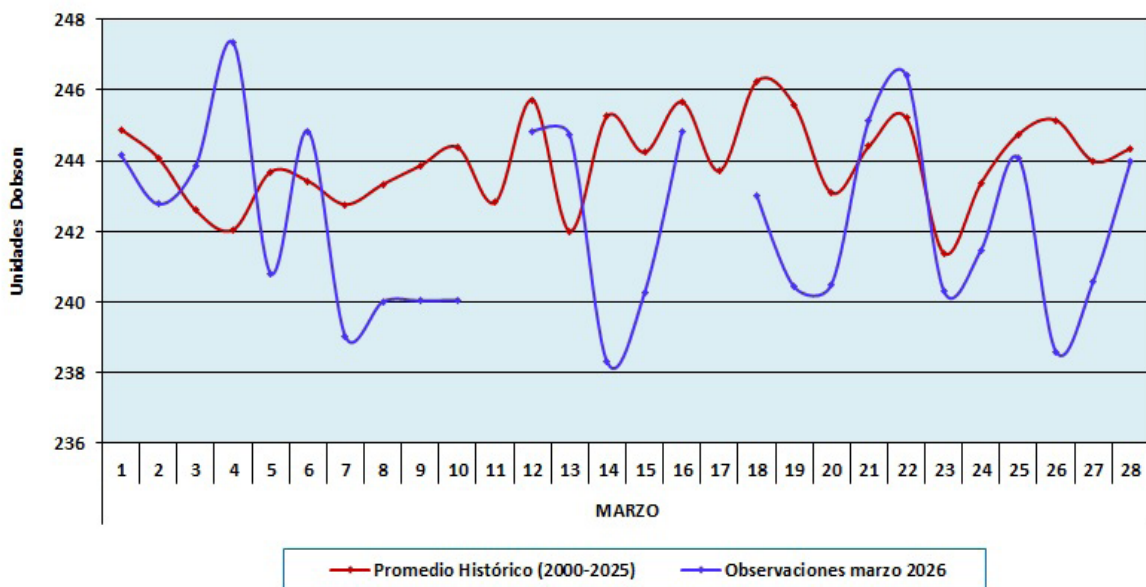
0 Hour 70 hPa Forecast Valid 18Z Mon 09 Mar 2026

El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2025) del mes de marzo oscila entre 241.1 UD y 246.5 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de marzo del presente año, oscilaron entre 238.3 UD y 247.5 UD.

En la figura 3, se aprecia que los valores registrados en el presente mes, estuvieron un 76% por debajo de sus valores climáticos, mientras que un 24% por encima (se presenta un desfase de hasta 7 UD entre el valor histórico y el registrado).

Cuando se comparan ambas series se ha venido observando, un comportamiento variable, con valores que en algunos momentos se acercan a sus normales y en otras más bien se alejaron debido a los flujos de vientos en la baja y media estratósfera, así como a los cambios en el régimen térmico y de humedad en dichas capas. Climáticamente las concentraciones de ozono se incrementan en este mes, y así sucedió ya que el valor promedio mensual fue superior al anterior como producto de la circulación de vientos cuasi meridionales, los cuales aportaron moderadas concentraciones hacia nuestras latitudes, principalmente hacia nuestro país. Asimismo, aún persiste el impacto de 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

FIGURA N° 3
Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en el OVA Marcapomacocha. Marzo 2026.



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. 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 242.5 UD inferior en 1.9 UD al promedio mensual multianual (244.4 UD).

En la región tropical durante los meses de la estación de verano, vale decir desde el 21 de diciembre hasta el 21 de marzo, las concentraciones de ozono tienden al descenso (climáticamente), en un primer momento, hasta el mes de enero, debido a factores astronómicos, así como a procesos de la circulación a nivel de estratósfera baja y media (vientos del este, sureste y noreste mayormente, así como una moderada a baja relación de mezcla) y una alta actividad fotoquímica. Mientras que desde febrero hasta marzo se registra un ligero incremento para después disminuir en los siguientes meses. 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), permitiendo un déficit de ozono atmosférico (los más bajos del año) en latitudes bajas (mes de enero, así como en los meses de mayo-junio). Esta circulación está conducida por ondas atmosféricas lo cual puede ser acelerada por el cambio climático repercutiendo en la distribución global de las concentraciones de ozono. En el mes de marzo, se ha registrado cantidad similar de masas de aire provenientes principalmente del primer y cuarto cuadrante al nivel de 70 hPa, ósea vientos del sureste, este y noreste mayormente. También se registraron vientos de otras direcciones (pero con una persistencia bastante baja), trasladando moderadas concentraciones de ozono atmosférico (especialmente a nivel de 100 hPa), lo que, en resumidas cuentas, hicieron que se registre valores ligeramente superiores al mes anterior, sobre nuestras latitudes, con una tendencia a disminuir en el siguiente mes.

Los procesos de advección húmeda se han incrementado en marzo, especialmente a lo largo de la franja costera del Perú, donde se han registrado invasiones de masas de agua cálidas provenientes del Pacífico norte, de moderada intensidad durante parte del mes, debido a la influencia de traslado de las Ondas Kelvin hacia nuestras latitudes especialmente en el lado oriental del Pacífico Sur. Probablemente se haya registrado algún proceso de advección húmeda tropósfera-estratósfera (regionalmente



continúan registrando condiciones cálidas), así como a una moderada relación de mezcla de ozono atmosférico, el cual haya sido un factor adicional para que las concentraciones de ozono se hayan mantenido con valores ligeramente superiores al mes anterior. Ahora bien, a esto se le añade el flujo de vientos provenientes del este, sureste y noreste (a nivel de 70 hPa y otras capas superiores), los cuales han aportado concentraciones de ozono hacia nuestras latitudes, algo similares al mes de febrero. Un factor que interactúa con estos procesos es la humedad atmosférica, el cual ha registrado una ligera disminución con respecto al mes pasado entre la estratósfera baja y media. En las demás capas de la estratósfera media y alta han sido más bajos (atmósfera totalmente seca).

El pronóstico, de acuerdo a la climatología, es que las concentraciones de ozono empiecen a disminuir durante el mes de abril, debido a un mayor incremento de flujos del este con transporte bajo de ozono, así como a una ligera disminución de la temperatura en la estratósfera baja.

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, explicado en párrafos anteriores.

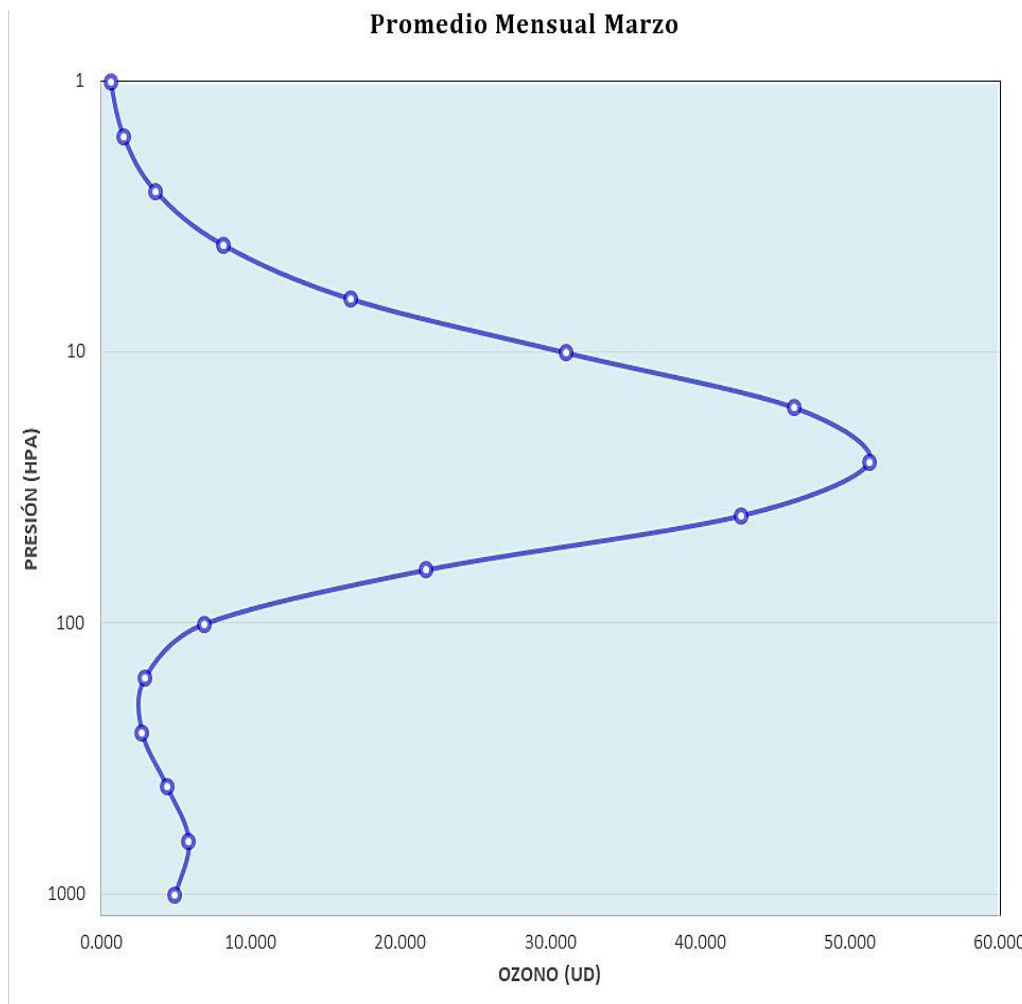
Según la OMM (Organización Meteorológica Mundial), desde el año 2000 hasta el 2020 se han observado por medio de mediciones del perfil vertical de la atmósfera y el desarrollo de modelos numéricos, una disminución en las concentraciones de ozono (~2% por década) en la estratósfera baja de la región tropical (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 4, 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 marzo 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 superiores a lo observado en el mes pasado, de acuerdo al perfil mostrado. Las concentraciones mayores la encontramos en la media estratósfera con valores entre 46 UD a 50 UD.

FIGURA N° 4
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 marzo (día 17) 2025 obtenida por Metop-C/GOME-2, muestra para el hemisferio norte concentraciones similares al mes pasado, cuyos valores han oscilado entre 35 UD y 40 UD, entre la alta tropósfera y media estratósfera (el área de cobertura latitudinal de estas concentraciones altas se dio entre 60N°-90°N). Desde el 21 de diciembre, dicho hemisferio, se encuentra en la estación de invierno, registrándose concentraciones de ozono consideradas altas en latitudes altas, con tendencia a empezar a disminuir por efecto del cambio de estación hacia la primavera. Asimismo, el régimen de temperaturas en la estratósfera baja y media de la región tropical, se ha mantenido algo similar, por lo que más bien se ha acercado a sus valores normales durante el mes.

Se debe 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, especialmente cuando se inicia la temporada de lluvias entre los meses de setiembre y marzo.

Por otro lado, la altura de las concentraciones de ozono (15 UD a 25 UD) en latitudes bajas del hemisferio norte fue de 50 hPa y 8 hPa, mientras que en latitudes bajas del hemisferio sur (15 UD a 26 UD) la altura fue de 60 hPa y 8 hPa. En latitudes medias del hemisferio sur se registraron concentraciones un poco mayores, con valores entre 18 UD y 27 UD, pero a una altura entre 100 hPa y 10hPa. La amplitud de las alturas tanto en latitudes bajas y medias del hemisferio sur han sido algo similares al mes pasado.

En esta temporada, las concentraciones de ozono, por lo menos en esta parte de la región tropical, han registrado valores superiores con tendencia más bien a disminuir, por factores de circulación de vientos zonales negativos, así como de vientos cuasi meridionales, aunados a los posibles efectos de las concentraciones de vapor de agua emitidas por el volcán submarino Hunga Tonga en enero de 2022.

Para el caso de nuestro país, concentraciones de ozono relativamente bajas se han registrado entre los 40 hPa y 10 hPa con valores entre 15 UD y 25 UD, especialmente en la región norte del país, mientras que, en la sierra central y sur, las concentraciones oscilaron entre 13 UD y 25 UD a una altura de 50 hPa y 8 hPa.

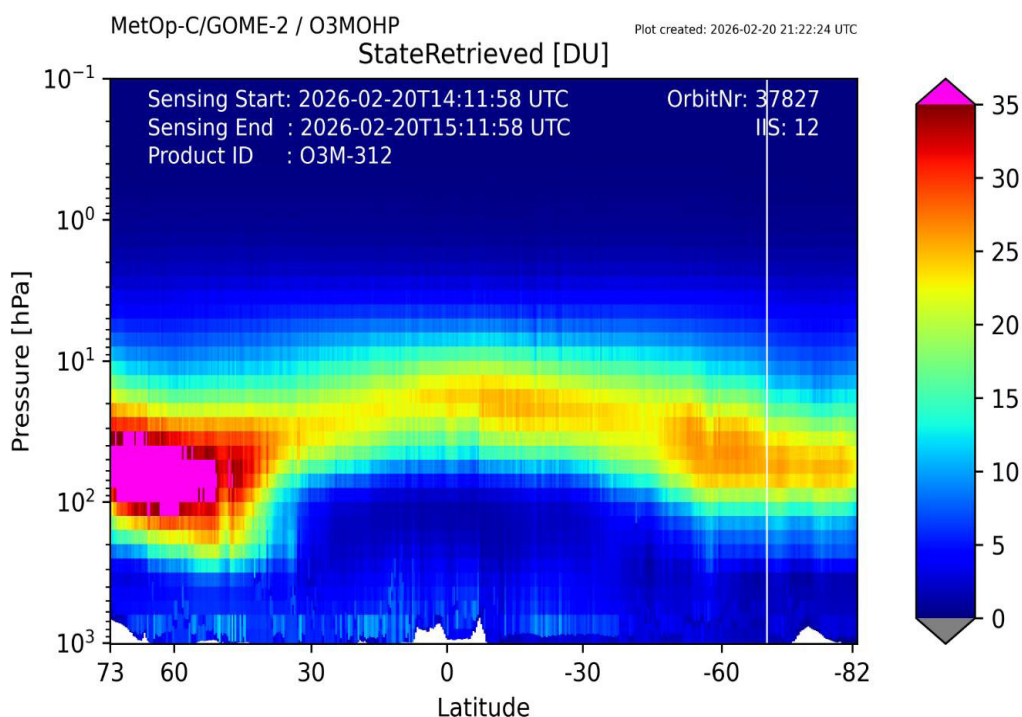


En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las concentraciones de ozono son bajas (oscilan, generalmente, entre 1 UD y 10 UD), esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior, así como también a otros procesos físico-químicos. En la estación de verano austral, 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 la disminución del vapor de agua, debido a la consideración descrita en párrafos anteriores. Figura 5.

A la fecha se ha registrado en la región tropical, una circulación de viento mayormente del primer y cuarto cuadrante, así como del norte, permitiendo un aporte moderado de concentraciones de ozono sobre nuestras latitudes, trayendo como consecuencia, que sean superiores al mes anterior. El hemisferio norte se encuentra a partir del 21 de diciembre en un periodo más frío hasta la tercera semana de marzo, para luego dar paso al inicio de la estación de primavera con el incremento del régimen térmico y los cambios en las concentraciones de ozono atmosféricos, debido a flujos de viento, así como por los procesos físicos como químicos que se dan en la estratósfera.

FIGURA N° 5
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.

Con base a lo expuesto, cabe señalar 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 SO₂ (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 se viene registrando un periodo bastante cálido, como consecuencia de la emisión de los gases de efecto invernadero, que permiten retener el calor almacenado en la atmósfera y por ende concentraciones moderadas a altas de humedad relativa, los cuales tienen repercusión en las concentraciones de ozono. En el caso de nuestro país las condiciones atmosféricas se encuentran en una etapa cálida debido a factores meteorológicos, astronómicos, así como los oceanográficos (anomalías mayormente positivas de la temperatura de agua de mar, en gran parte del litoral) los cuales interactúan entre sí y llegan a condicionar el régimen térmico a nivel de alta tropósfera como de baja estratósfera.

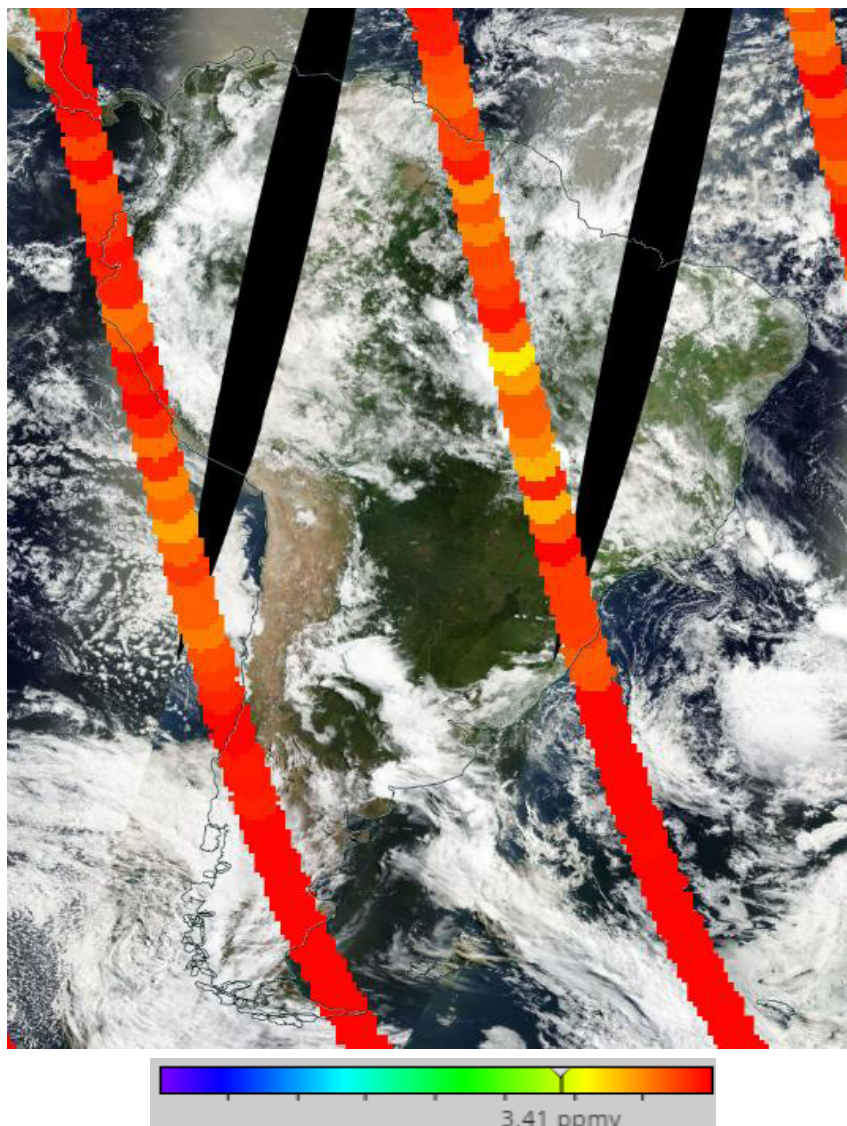
En la figura 6 se observa un mapa con concentraciones de vapor de agua a nivel de 46 hPa (límite entre la estratósfera baja y media) para un día típico del mes (14 marzo 2026), obtenida de la Earth Data de la National Aeronautics Space Administration - NASA. En ella se observa sobre Perú, concentraciones de vapor de agua relativamente altas con respecto al mes pasado, en gran parte de la región andina, con una tendencia a que estos disminuyan en el siguiente mes por cuestiones netamente climáticas o de

circulación de la atmósfera. Por ejemplo, en la región norte del país, las concentraciones de vapor de agua oscilaron entre 4.11 ppmv a 4.20 ppmv, mientras que, en la central, valores entre 4.30 ppmv a 4.40 ppmv, mayor al mes pasado. En la región sur del país, concentraciones entre 4.15 ppmv y 4.25 ppmv (también mayor al mes de febrero). La influencia de la temporalidad o mejor dicho, del acercamiento al cambio de estación hacia el otoño, ha influido en las concentraciones de vapor de agua que se puedan registrar en dicha capa, aunados a los vientos del norte, noreste, este y sureste en la capa de 100 hPa, principalmente permitiendo que las concentraciones de ozono atmosférico en esta región hayan sido ligeramente superiores al mes anterior. Indudablemente, la relación de mezcla ha mantenido casi el mismo comportamiento en esta temporada.

FIGURA N° 6

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.

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 marzo fue de 35%, mientras que a nivel de 70 hPa fue de 10%, por otro lado, a 50 hPa fue de 3%. Finalmente, en la parte media de la estratósfera, vale decir, 30 hPa, la humedad relativa fue de 1% y a nivel de 15 hPa, también 1% (superior solo en la capa de 100 hPa con respecto al mes anterior). Desde el 21 de diciembre hasta el 21 de marzo, el hemisferio austral se encuentra en la estación de verano, por lo que sistemas sinópticos paulatinamente sufren ligeros desplazamientos hacia el hemisferio norte para dar paso luego a la estación de otoño, para dar paso a la disminución de procesos de convección en la tropósfera media y alta (traslado de humedad hacia la estratósfera baja) del hemisferio sur, lo cual tiene injerencia con las concentraciones de ozono que se registran en esta parte del país especialmente en la baja estratósfera.

COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO SOBRE EL PERÚ

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria, del mes de marzo, provenientes de la plataforma OMPS del satélite SUOMI de la National Aeronautics and Space Administration - NASA (Figura 7), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico, que muestra el mapa, han mostrado un ligero incremento, especialmente en la región norte y sur del país, con concentraciones que han oscilado entre 250 UD y 275 UD. En la región sur las concentraciones fueron bajas con valores entre 225 UD y 250 UD. Este incremento de las concentraciones de ozono, en el norte y centro, fue debido a que los flujos de viento fueron del noreste y este, en la estratósfera baja, los cuales aportaron moderadas concentraciones de este gas. Tal como se explicó en párrafos anteriores, se ha registrado concentraciones de humedad algo menores al mes pasado (con excepción de la capa de 100 hPa) debido a los flujos de viento explicados anteriormente, así como también a un ligero incremento de la relación de mezcla, lo cual permitió el referido aumento de ozono atmosférico en esas capas, aunados a una ligera disminución en la concentración de humedad en la baja y media estratósfera (mayormente). Cabe mencionar que nuestro país se encuentra aún en época de lluvias y por lo tanto los sistemas atmosféricos en la alta tropósfera que son característicos de la estación de verano, han tenido injerencia importante,



permitiendo la ocurrencia de condiciones de viento con moderados aportes de ozono atmosférico, así como por la influencia de otros factores ya mencionados. Por el lado del Pacífico se registraron concentraciones de ozono altas.

Las concentraciones de ozono atmosférico empezaron a registrar un descenso, especialmente en la región sur de nuestro país, debido a que los flujos de viento del oeste no fueron tan intensos, así como también por la disminución de la actividad fotoquímica.

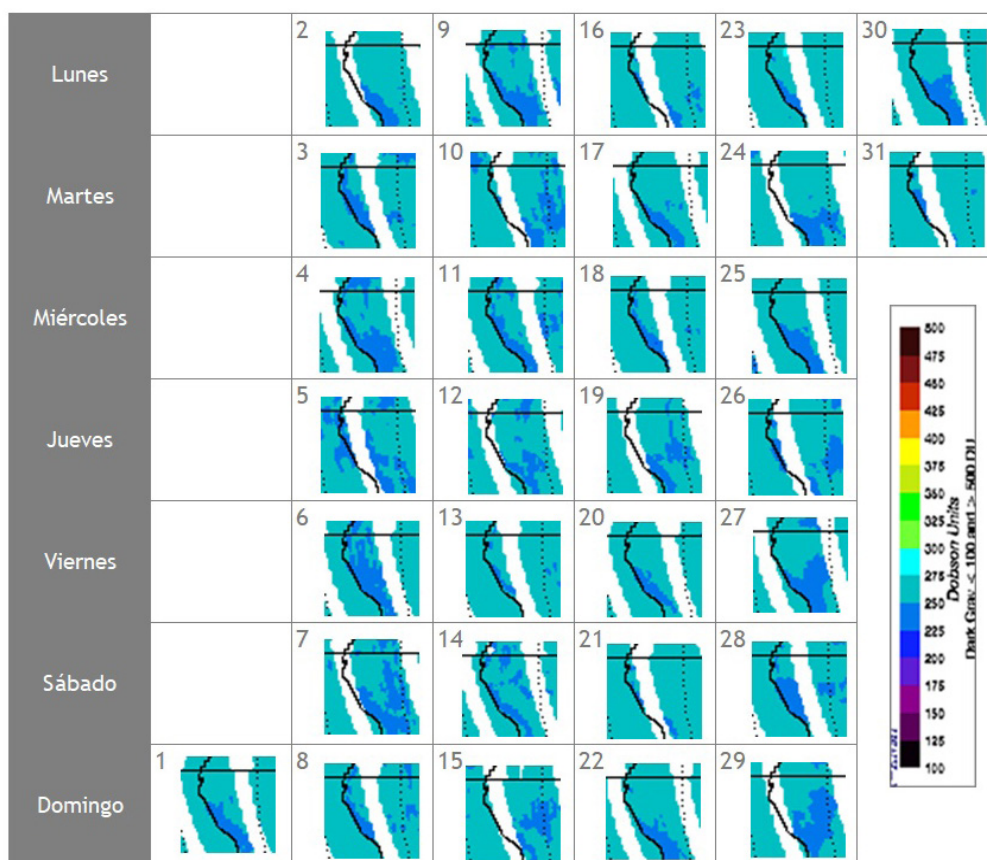
Cabe remarcar que las mayores concentraciones de ozono atmosférico se encuentran en la estratósfera baja y media, por lo que es importante que haya una buena relación de mezcla, así como un incremento de la temperatura en esos niveles. En el mes de marzo se registró una mezcla moderada, permitiendo que el ozono haya registrado un incremento en el norte del país, mientras que en el sur un decremento, ocasionadas por factores mencionados en el párrafo anterior, así como por la presencia de núcleos anticiclónicos en latitudes bajas del hemisferio sur abarcando el Pacífico, América del Sur y parte del Atlántico (algo similar en intensidad al mes anterior), los cuales permitieron el ingreso de vientos del este, noreste y sureste mayormente (estratósfera baja) con una moderada persistencia. Hay que considerar también que estos vientos aportan escasas concentraciones de ozono para nuestras latitudes, especialmente en el sur de nuestro país. Se debe mencionar que, en este mes climáticamente, las concentraciones de ozono continúan incrementándose, comparados al mes de febrero por lo que de acuerdo a los motivos expuestos en los párrafos anteriores se registró un ligero calentamiento, especialmente a nivel de estratósfera baja (70 hPa y 50 hPa).



FIGURA N° 7

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de marzo 2026

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. Por este periodo se considerará información proveniente del centro del país. En ese sentido, se analizará la información de viento proveniente de ese lugar con las características que se detallan a continuación. 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 msnm. 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 marzo al nivel de 100 hPa fue mayormente del primer y cuarto cuadrante, o sea del norte, sur, este, noreste, sureste, los cuales siguen siendo influenciados por los flujos de 200 hPa y 150 hPa (alta tropósfera), con intensidades que oscilaron entre 6 m/s y 18 m/s con una persistencia de 80%. En otras direcciones la persistencia fue del 20% con una velocidad entre 6 m/s y 9 m/s. Cabe recalcar que climáticamente los flujos de viento en este nivel son algo variables.

A nivel de 70 hPa los flujos de viento fueron en su totalidad del primer y cuarto cuadrante, ósea vientos provenientes del noreste, sureste, este y noroeste con velocidades que oscilaron entre 8 m/s y 18 m/s con una persistencia de 84%. En otras direcciones la persistencia fue de 16% con velocidades entre 3 m/s y 6 m/s.

En el nivel de 50 hPa los flujos de viento fueron mayormente del este con una persistencia del 100% con velocidades entre 11 m/s y 24 m/s.

MEDIA ESTRATÓSFERA

En el nivel de 30 hPa los flujos predominantes de viento fueron del este con una persistencia del 100%. Las velocidades de viento oscilaron entre 21 m/s y 34 m/s. En otras direcciones fue nulo.

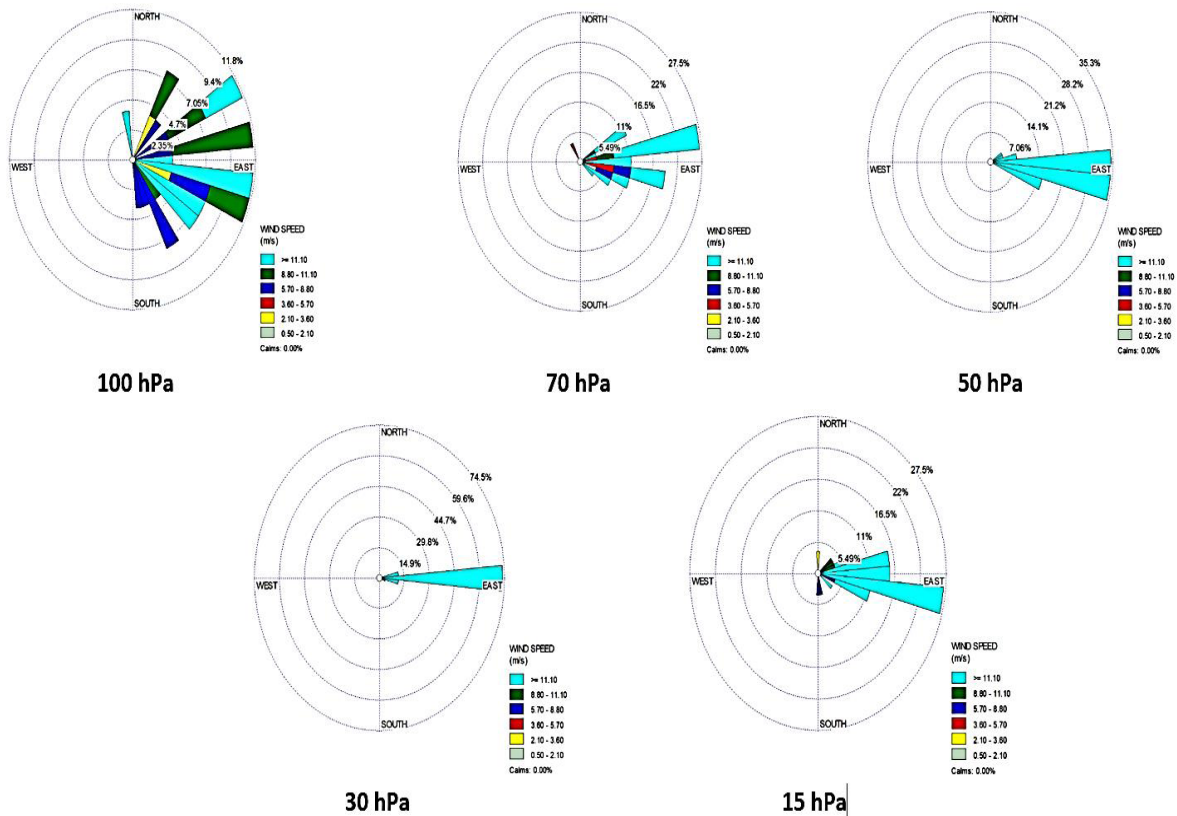
En el nivel de 15 hPa los flujos también fueron en su totalidad del este, con velocidades que oscilaron entre 10 m/s y 35 m/s con una persistencia de 100%. Cabe mencionar que en esta capa se registraron los mayores flujos de viento comparado a la estratósfera baja.

Realizando una síntesis de este análisis, se podrá observar que los vientos provenientes del primer y cuarto cuadrante han sido los más frecuentes en la baja estratósfera, mientras que, en la media estratósfera, los vientos del este fueron los más frecuentes (similar al mes pasado). En latitudes bajas del hemisferio sur se registraron sistemas anticiclónicos de baja intensidad, motivo por el cual los vientos sobre nuestro país han sido mayormente zonales negativos, así como cuasi meridionales con moderado contenido de ozono generando que los valores sean superiores mes anterior. En esta temporada las concentraciones de ozono climáticamente, se incrementan con respecto al mes de febrero, debido a una moderada relación de mezcla de ozono en la alta atmósfera, así como a un incremento de la temperatura en las capas de 70 hPa y 50 hPa. Se recalca que los flujos de vientos (intensidad y dirección) son muy importante en el traslado de altas o bajas concentraciones de ozono sobre nuestras latitudes.

Por otro lado, en este mes se registró un contenido de humedad atmosférica algo menor al mes anterior, especialmente en las capas de 70 hPa y 50 hPa, mientras que, en las capas de 100 hPa fue mayor. La figura 8 muestra que los vientos son zonales mayormente, ósea vientos del sureste, este y noreste mayormente, los cuales sustentan los valores similares de ozono registrados sobre nuestras latitudes.

FIGURA N° 8

Comportamiento del viento en la baja y media estratósfera para el mes de marzo 2026



TEMPERATURA EN LA BAJA Y MEDIA ESTRATOSFERA

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

En la Figura 9 se muestra la distribución promedio mensual de la temperatura en América del Sur, del mes de marzo 2026, al nivel de 70 hPa, obtenido del Physical Sciences Laboratory de la National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel, registró un ligero ascenso (calentamiento) durante el mes y cercanos a sus valores climáticos. Este incremento estaría relacionado a un incremento en la relación de mezcla debido a la circulación de los vientos provenientes principalmente del norte y noreste, así como a una disminución en la concentración de vapor de agua, especialmente en el nivel de 70 hPa y 50 hPa, tal como lo muestra la figura 9, permitiendo que las concentraciones de ozono atmosférico sean superiores al mes anterior. Cabe resaltar que, debido al comportamiento térmico del aire en ese nivel, las concentraciones de ozono, en la región central de nuestro país, tal como se mencionó líneas arriba, lograron tener un ascenso. Se debe remarcar que, durante el mes de marzo, las temperaturas, observadas en las capas de la estratósfera baja y media tuvieron un comportamiento al incremento (con excepción de la capa de 100 hPa), pero aún por debajo de sus valores climáticos como en el caso de esta capa de 70 hPa, por otro lado, en las capas de la estratósfera alta, las temperaturas han registrado el mismo comportamiento. En lo concerniente a la estratósfera media, en las capas de 30 hPa y 10 hPa, la tendencia fue al descenso, pero aún por debajo de su valor normal.

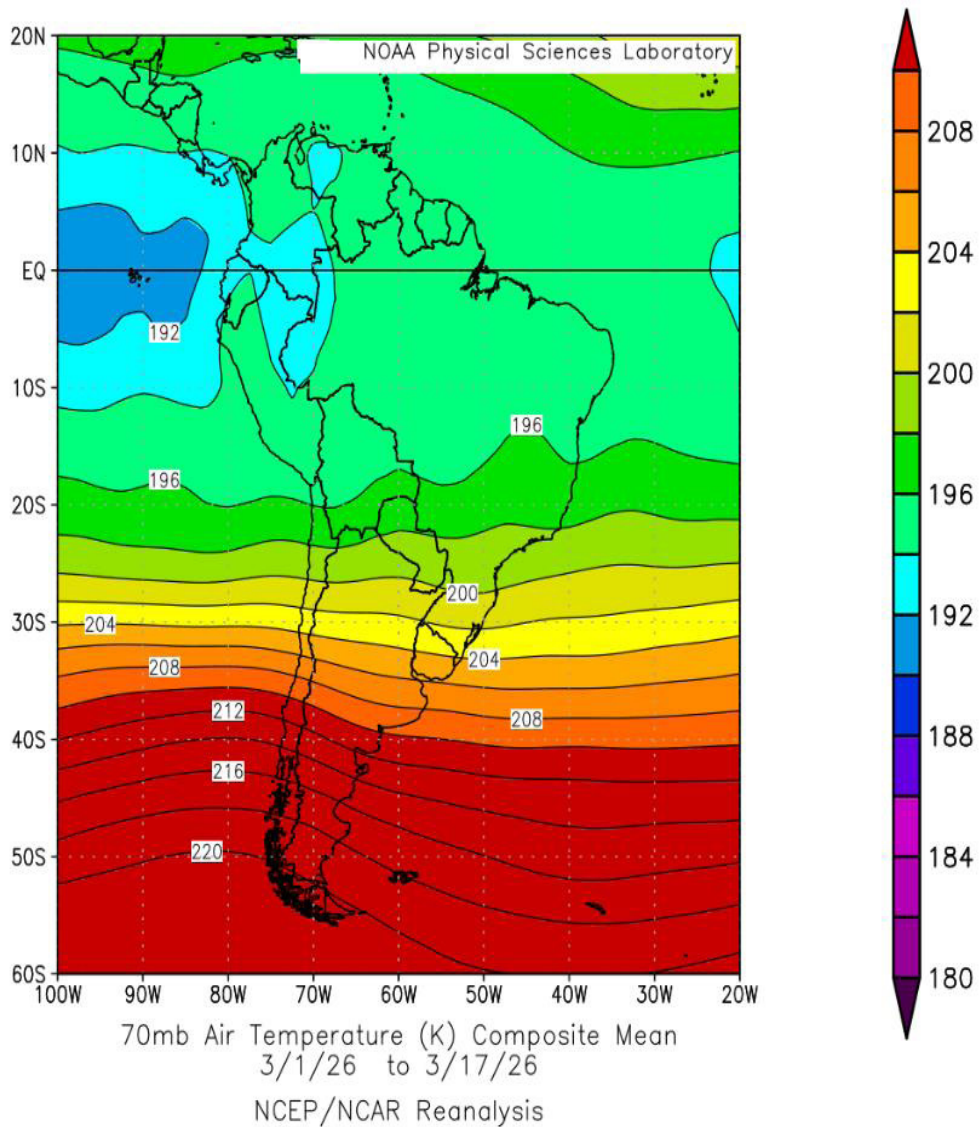
La variabilidad de la concentración de ozono en el nivel de 70 hPa, asociado a los cambios en la temperatura es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. Se suma también, el proceso de la circulación Brewer-Dobson, la Oscilación Quasi Bienal, 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, físicas y químicas. El valor promedio mensual (1991-2020) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -76.0°C , mayor en valor numérico al mes pasado, pero físicamente “más frío”. La temperatura calculada en este mes, fue de -78.0°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 242.5 UD.

FIGURA N° 9
Comportamiento del régimen térmico en la baja estratósfera para el mes de marzo 2026



Considerando la información de temperatura de la baja y media estratósfera del mes de marzo, proveniente de la estación de altura de Junín, podemos decir lo siguiente:

La temperatura promedio mensual registró -82.0°C en el nivel de 100 hPa y -75.6°C en los 70 hPa, valores cercanos con una diferencia entre ellas, de 6.4°C . Se evidencia que 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 10.

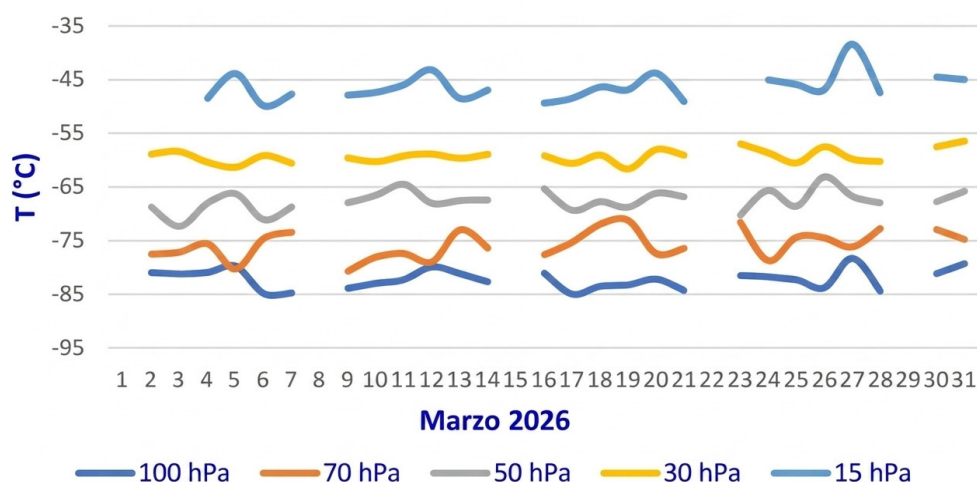
A nivel de 50 hPa, la diferencia es relativamente notoria con una temperatura promedio mensual de -67.5°C (atmósfera más “cálida”, inferior en valor numérico al mes anterior).

En la media estratósfera, a 30 hPa, la temperatura promedio se situó en -59.3°C , mientras que en el nivel de 15 hPa, alcanzó los -46.5°C . (más cálido al mes anterior) La relación de mezcla de ozono en esta capa ha sido moderada.

La temperatura promedio mensual en el nivel de 70 hPa registró valores consistentes entre ambas fuentes: -78.0°C según la NOAA y -75.6°C mediante el equipo de altura. Esta proximidad en los datos es notable, considerando que la temperatura tiende a aumentar con la latitud, para luego descender en regiones polares, especialmente bajo la influencia del vórtice polar.

En ese sentido, la tendencia del régimen térmico durante el mes, fue por lo general a un ligero calentamiento en latitudes medias y por ende mayores concentraciones de ozono con respecto a latitudes bajas.

FIGURA N° 10
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 marzo, es mostrado en la Figura 11 (University of Wyoming) en donde se aprecia que las temperaturas, específicamente, en el continente Antártico han registrado mayormente valores de -50°C , considerado frío. Cabe remarcar que el vórtice polar desapareció hace tres meses, pero poco a poco se viene registrando una disminución de la concentración de ozono. Este régimen térmico descendente tiene una gran influencia en la disminución de las concentraciones de ozono atmosférico.

Asimismo, 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. Es importante señalar que aparte del factor astronómico, una disminución de la temperatura en ese nivel de la estratósfera (70 hPa) en la región tropical, se encontraría relacionada con un descenso en las concentraciones de ozono y viceversa, pero esto también va a depender de otros factores que no están considerados en este boletín como por ejemplo la concentración de otras sustancias químicas en forma de gas.

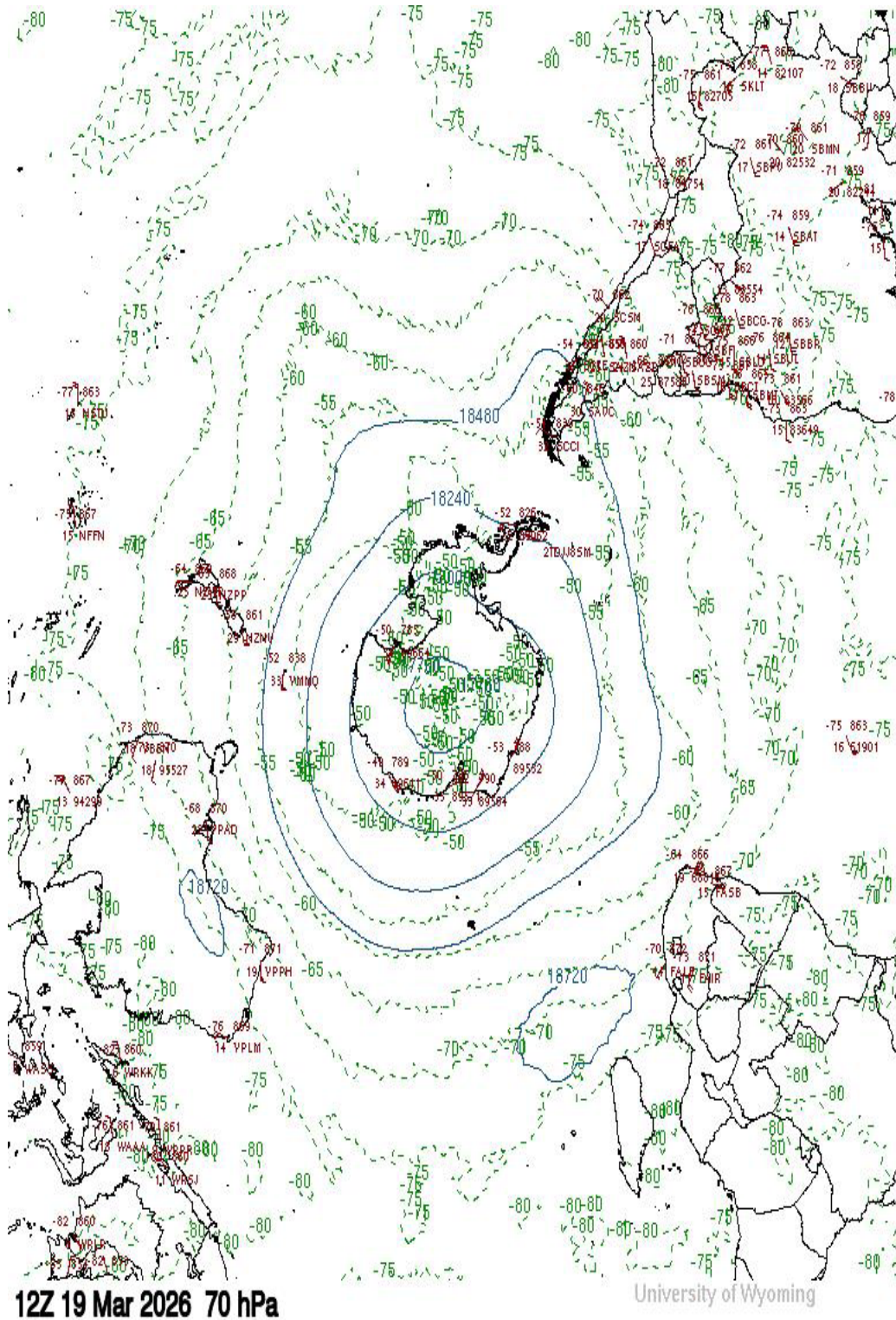
En latitudes bajas de América del Sur, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (alta estratósfera), ha registrado un ascenso, especialmente en los niveles de 5 hPa, 2 hPa y 1 hPa, pero aún por debajo de sus normales climáticas. Los procesos de transferencia radiativa paulatinamente empezarán a disminuir debido al inicio de la estación de otoño desde fines de marzo

Para el caso de nuestro país las temperaturas en el nivel de 70 hPa, según el gráfico mostrado, ha registrado un valor cercano a -80.0°C , pero menor, permitiendo que las concentraciones de ozono atmosférico, en esta capa, hayan registrado un incremento con respecto al mes anterior, por efecto de factores como los flujos de viento con direcciones del norte y noreste principalmente, aunados a una moderada relación de mezcla de ozono atmosférico.



FIGURA N° 11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (19 marzo 2026)



Fuente: Universidad de Wyoming

III.-CONCLUSIONES

1. El mes de marzo se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (Columna total de ozono) sobre nuestro país (los medidos en superficie) son superiores al mes de febrero. El promedio mensual fue de 242.5 UD, mientras que en el mes de febrero fue de 241.8 permitiendo concluir que los flujos de viento zonales negativos y cuasi meridionales se registraron en la estratósfera baja y media (70 hPa, 50 hPa, 30 hPa y 15 hPa). El mismo comportamiento lo tuvo la estratósfera alta.
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 238.3 UD a 247.5 UD, límites inferior y superior, menor y mayor respectivamente, al mes anterior. Ello está ligado a la moderada relación de mezcla del ozono en capas de la estratósfera, aunados a los flujos de viento provenientes del norte y noreste.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono según información obtenida por el Metop-C/GOME-2, durante un día típico del mes de marzo, se puede concluir que la máxima concentración de la misma, en la región tropical del hemisferio sur, se registró entre los 60 hPa y los 8 hPa (baja y media estratósfera) con valores que oscilaron entre 15 UD y 26 UD (superior al mes anterior), mientras que en latitudes medias del hemisferio sur, la altura de las máximas concentraciones se dieron entre los 100 hPa y 10 hPa con valores entre 18 UD y 27 UD. El incremento ligero en las concentraciones de ozono de este mes con respecto al de febrero, ha sido influenciada, en un primer momento, por vientos mencionados en la conclusión N°2, y en un segundo momento por la alta actividad fotoquímica a nivel de 70 hPa debido al periodo cálido estacional.
4. El registro de concentraciones de ozono atmosférico en latitudes altas del hemisferio norte, oscilaron entre 35 UD y 40 UD, entre la baja y media estratósfera (250 hPa y 30 hPa a lo largo de 60°N - 90°N). Durante el mes de marzo se registraron procesos físicos de alta relación de mezcla de ozono de latitudes medias a altas, influenciados mayormente por los vientos del norte y oeste mayormente, el algún momento del suroeste, el cual permitió incrementar concentraciones de ozono atmosférico, algo parecido al mes anterior. En latitudes bajas del mismo hemisferio se registraron concentraciones de ozono entre 15 UD y 25 UD a una altura entre 50 hPa y 8 hPa. A estos procesos se les suma 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 un ligero incremento con valores entre 4.11 ppmv y 4.40 ppmv, lo cual demuestra que, a pesar de encontrarnos en el límite superior de la estratósfera baja, se registran todavía ciertas cantidades de vapor de agua (con tendencia a disminuir en el otoño), lo cual tiene incidencia en las concentraciones de ozono atmosférico, en esa región Cabe resaltar que concentraciones mayores de vapor de agua, especialmente en la baja estratósfera, afectan grandemente el comportamiento espacial y temporal de este gas, sobre nuestras latitudes.
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 ha permitido, que los valores de ozono atmosférico se hayan incrementado, han sido los vientos mayormente del norte y noreste a nivel de 100 hPa, los cuales permitieron un aporte moderado de ozono.
7. Los mapas de ozono total atmosférico (provenientes de la plataforma OMI del satélite AURA de la National Aeronautics and Space Administration - NASA), mostraron un comportamiento de ozono sobre nuestro país, con un continuo incremento, especialmente en la región central y sur con valores que oscilaron entre 250 UD y 275 UD, como producto de la presencia de vientos cuasi meridionales.
8. En lo que concierne al comportamiento del régimen térmico en la baja estratósfera (70 hPa) del hemisferio sur, especialmente en la región Antártica se puede mencionar que el mes de marzo se caracterizó por registrar valores de -50.0°C (físicamente "más fría"), permitiendo una baja mezcla de ozono proveniente de latitudes medias y bajas. Sobre nuestro país se registró una temperatura menor de -80.0°C . Para un mejor análisis de este comportamiento se requiere considerar otros factores que no están definidos en el presente boletín, como, por ejemplo, gases con componentes químicos, circulación atmosférica, actividad fotoquímica.
9. 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 la estratósfera baja, se registraron condiciones térmicas con tendencia hacia un calentamiento 70 hPa, 50 hPa, 30 hPa y 15 hPa, mientras que 100 hPa se observó un ligero enfriamiento ((mayor vapor de agua).

10. A medida que transcurran los días, la actividad fotoquímica irá disminuyendo por el inicio de la estación de otoño.
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. Grinia Jesús Avalos Roldán

gavalos@senamhi.gob.pe

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:

Ing. Elvis Anthony Medina Dionicio

eamedina@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:

Ing. Orlando Ccora Tuya 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 mayo de 2026



**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:**