

FEBRERO 2022
Vol.02

BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL
OZONO
ATMOSFÉRICO EN LA
ESTACIÓN VAG
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.

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

ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con la estación de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) 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 la recientemente Chacaltaya (Bolivia) son las que reportan información continua de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera en esta parte del continente.

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

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

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

I. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFÉRICO

1. MEDICIÓN EN SUPERFICIE

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

FIGURA N°1

Espectrofotómetro Dobson



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

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

2. MEDICIÓN DESDE SATÉLITE

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

II. RESULTADOS

Cabe mencionar que el mes de febrero ha continuado presentando características térmicas mayores al mes anterior, dado el mayor establecimiento de las condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral propios de la estación de verano. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país se encuentran bastante activos permitiendo en algunos casos el intercambio de propiedades físicas con la baja estratósfera. Climáticamente, en la troposfera se registran procesos intensos de convergencia en la región tropical con gran incidencia en el Perú, producto de la circulación de masas atmosféricas que permiten el desarrollo paulatino de fenómenos sinópticos a escala regional, el cual tiene su impacto principalmente en toda la región andina, así como en la selva. Por otro lado, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Cuasi Bienal (QBO) el cual se presenta en la región tropical ecuatorial con vientos zonales que duran entre 27 y 30 meses. La concentración de vapor de agua va cambiando en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en las reacciones fotoquímicas que se realizan, el cual induce la variabilidad de las concentraciones de ozono atmosférico.

Para acentuar lo mencionado, se tiene que en niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha observado (según el Modelo GFS) la presencia de flujos de aire con ciertas características predominantes. Durante gran parte del mes dichos flujos fueron mayormente provenientes del este, mientras que los flujos del norte tuvieron una menor continuidad por lo que las concentraciones de ozono registrados fueron menores al mes de enero. Asimismo, se han registrado sistemas anticiclónicos en el Pacífico Sur (frente a la región central de Chile) así como en el Atlántico Sur (frente a Brasil), los cuales permitieron un mayor flujo zonal sobre la zona norte de América del Sur. Estos sistemas no han permitido un intercambio profundo de concentraciones de ozono

atmosférico con el entorno, ya que se debe conocer que los flujos meridionales tienen un gran aporte de ozono (Figura 2).

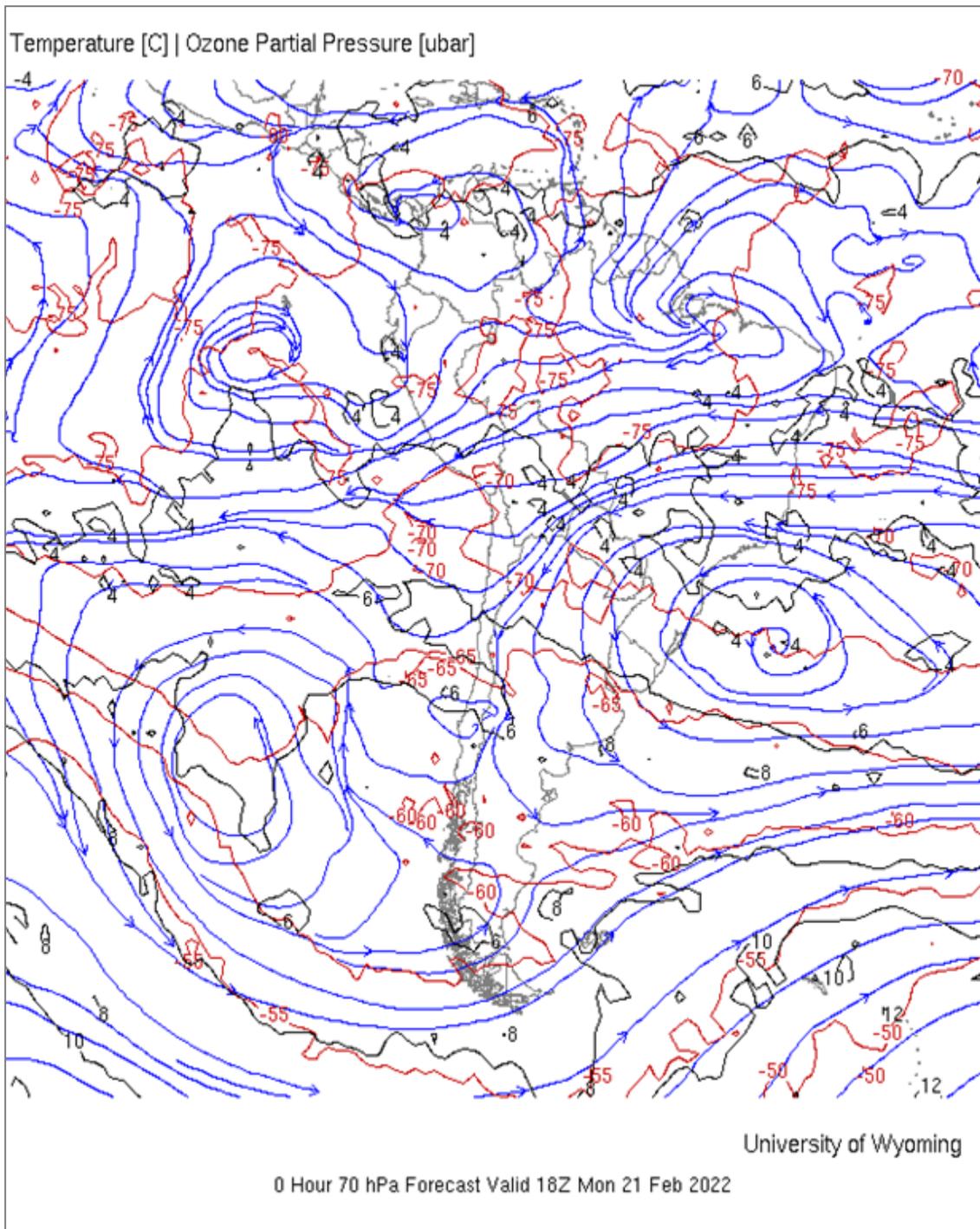
Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de febrero, en superficie, en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 239.7 UD y 248.6 UD (UD = Unidades Dobson), valores ligeramente inferiores a lo registrado en el mes pasado.

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

Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja, por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas (debido al ozono residual), a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son muy altos (especialmente en los meses de verano), permite una reducción del ozono y en horas de la tarde a medida que el sol va llegando al ocaso (disminución de la intensidad de la radiación solar) las concentraciones de ozono vuelven a incrementarse. Este comportamiento horario también va a depender de otros factores como los ambientales (efectos residuales de ozono del día anterior a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono provenientes de otras latitudes). Un punto importante a remarcar es el proceso de formación y destrucción del ozono por efectos fotoquímicos, mientras que la intensidad de la radiación solar sea alta, dicha actividad será mayor y viceversa. En el periodo analizado, dado de que en este mes la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina, con respecto al mes anterior, las reacciones fotoquímicas llegan a tener mayor actividad debido a factores astronómicos, topográficos y ambientales.

FIGURA N°2

Flujo de masas de aire provenientes del norte y noreste en las regiones entre -5°N y 18°S. 21 de febrero 2022



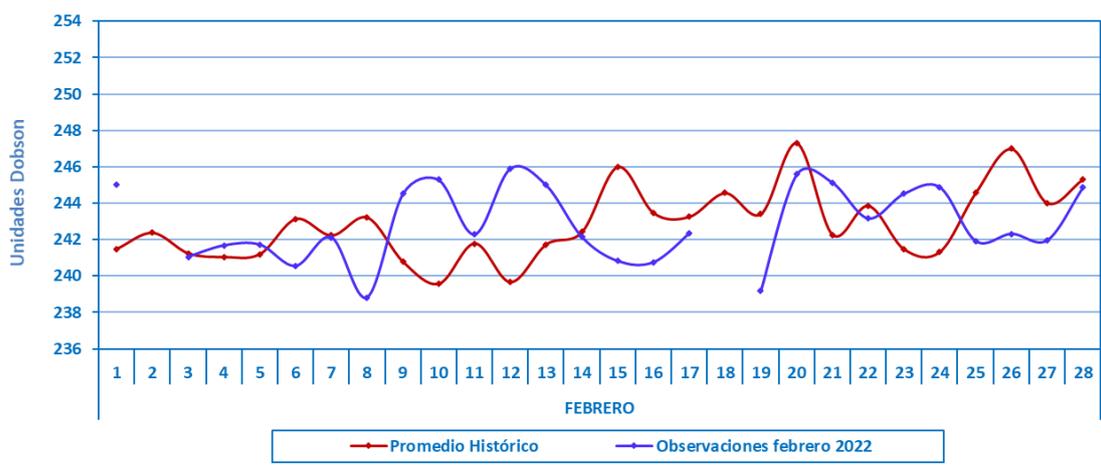
El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de febrero oscila entre 239.6 UD y 247.3 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de febrero del presente año, oscilaron entre 238.8 UD y 245.9 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron casi en un 58% por debajo de sus valores climáticos.

Al comparar ambas series se continúa observando una variabilidad entre ellas, en gran parte del mes. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de enero fue a una ligera disminución, debido a la prevalencia de los flujos zonales a pesar de haberse registrado algunos ingresos de masas de aire del hemisferio norte (la prevalencia fue menor al mes pasado).

En líneas generales, se podría pensar que, en niveles bajos y medios de la estratósfera, el régimen térmico registró una tendencia leve a la disminución (el análisis detallado de este proceso se explica más adelante).

FIGURA °3

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Febrero 2022.



En ese aspecto, la climatología del ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, permite observar que durante el año se presentan dos picos, uno en el mes de marzo con un valor de 244.5 UD y el otro, mucho mayor, en el mes de setiembre con un valor de 251.3 UD. Por otro lado, los valores bajos de ozono se registran climáticamente en los meses de enero con valores de 242.2 UD y otro entre los meses de mayo y junio con valores de 240.7 UD y 241 UD respectivamente. El promedio mensual de ozono en el presente mes fue de 244.1 UD superior en 1.9 UD al promedio mensual multianual (242.2 UD).

Se debe tener presente que en los meses de verano (como ahora) en la región tropical se forma y destruye más ozono por efecto de la mayor intensidad de la radiación ultravioleta (mucho más en verano), también es cierto que la circulación de los vientos (a nivel vertical) desde la tropósfera hacia la estratósfera permite el traslado de cantidades de ozono los cuales a lo largo de los meses lo van redistribuyendo hacia latitudes mayores (Circulación Brewer-Dobson), que permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas. En los meses de verano el sistema atmosférico llamado, zona de convergencia intertropical (ZCTI) permite el ascenso de masas de aire, producto del choque de los vientos del hemisferio sur y norte, transportando ozono.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede observar un cierto desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 55% de días del mes de febrero los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, mientras que el otro 45% por debajo. Para el caso de

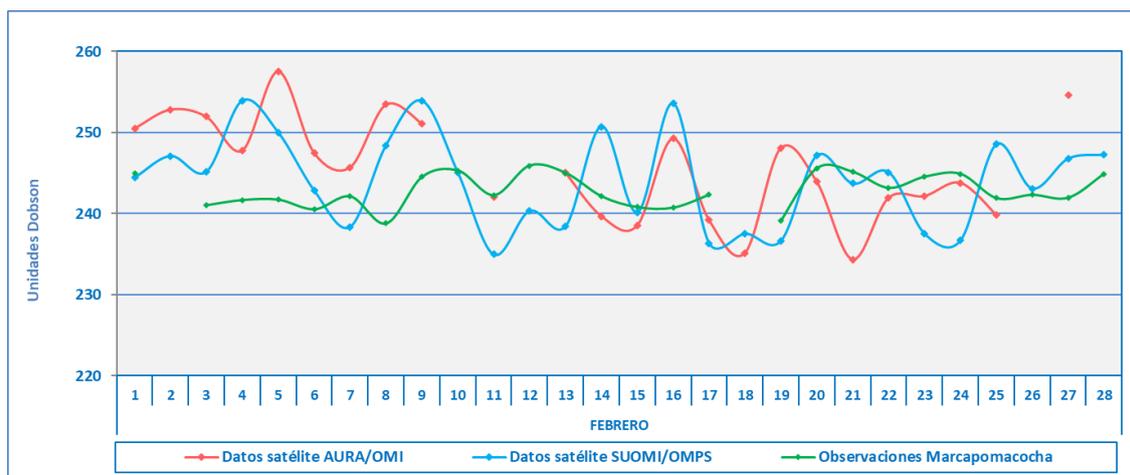
SUOMI/OMPS, durante el 54% de días del mes estuvieron por encima de lo registrado en superficie, mientras que el 46% por debajo. Figura 4.

De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por el satélite y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 15 UD.

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

FIGURA N°4

Comparación de información proveniente del satélite AURA con lo registrado en superficie, en la Estación VAG Marcapomacocha.



Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra el perfil vertical (corte) de ozono atmosférico de un día típico del mes de febrero, obtenido del Metop-C/GOME-2 tanto para el hemisferio norte como para el hemisferio sur, notándose mayores concentraciones en el primero, debido a circulaciones regionales.

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

Realizando un análisis para el hemisferio sur, podemos decir que, dada la estacionalidad, se registra una mayor actividad en cuanto a circulación atmosférica permitiendo procesos convectivos con mucha dinámica, especialmente en latitudes bajas y medias, producto de la mayor incidencia de radiación solar sobre la superficie terrestre.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se dan entre los 40 hPa y 20 hPa con valores entre 18 UD y 23 UD.

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

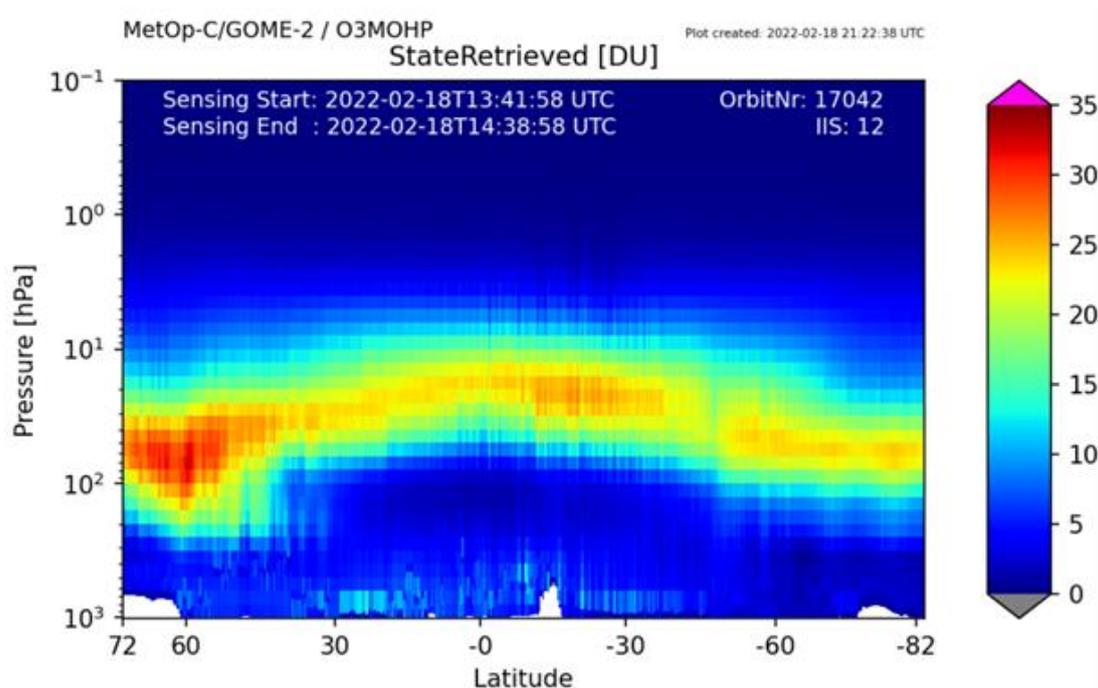
Los valores de ozono son bajos en la tropósfera, altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera.

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

En latitudes altas (60°S – 90°S) del hemisferio sur se pueden observar moderadas concentraciones de ozono atmosférico cuyos valores oscilan entre 18 y 25 UD entre los 100 hPa y 40 hPa, características que son debidas al mayor calentamiento de la atmósfera los cuales se traducen en una mayor reacción fotoquímica, así como al ingreso o interacción con masas de aire ricos en ozono.

FIGURA N°5

Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha



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

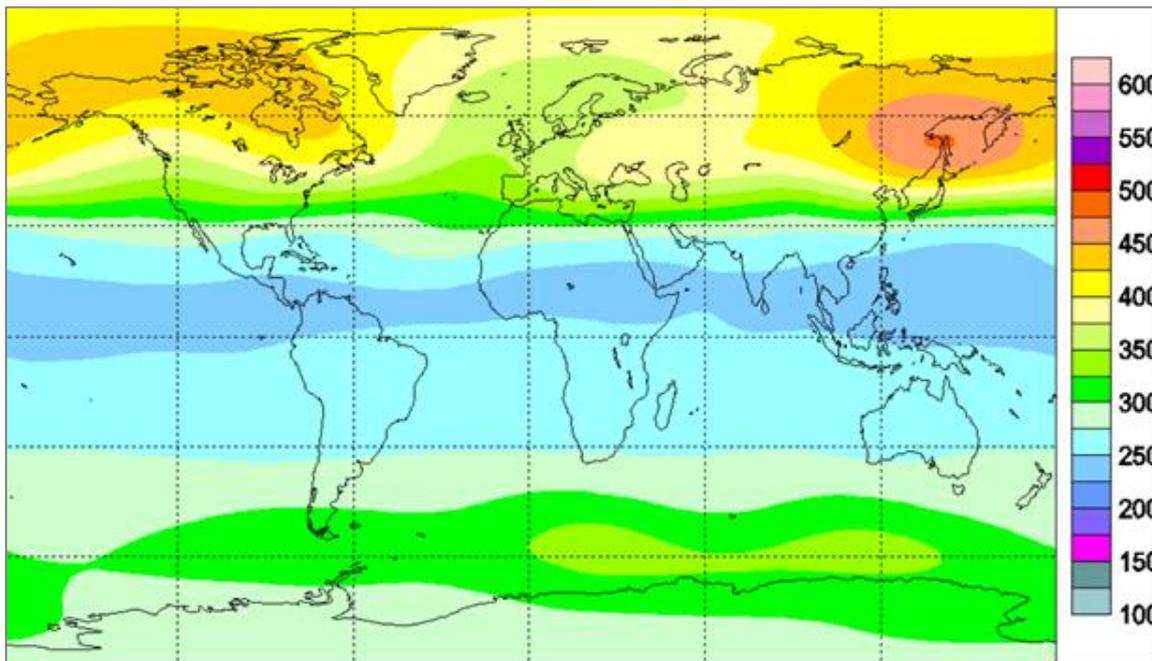
En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de febrero, mostrando regiones con concentraciones bajas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 20°N – 0° aproximadamente, los valores oscilan entre 225 UD a 250 UD (algo parecido al mes de enero), pero lo que diferencia al presente mes es la reducción de regiones con bajas concentraciones de ozono. Entre las latitudes 0° - 30°S las concentraciones de ozono siguen siendo altas (250 UD – 275 UD), similar al mes pasado.

Asimismo, en latitudes altas del hemisferio norte las concentraciones de ozono son mayores a los del hemisferio sur. Los valores oscilan entre 400 UD a 500 UD en el norte, mientras que en el sur los valores oscilan entre 275 UD a 350 UD.

En el caso de América del Sur, las concentraciones “bajas” se registran en la región norte (225 UD – 250 UD), mientras que las regiones central y sur de la misma, las concentraciones de ozono oscilan entre 250 UD – 275 UD y 275 UD – 300 UD, respectivamente.

FIGURA N°6

Mapa Climático de ozono total atmosférico (1978 – 1988) para el mes de febrero 2022



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

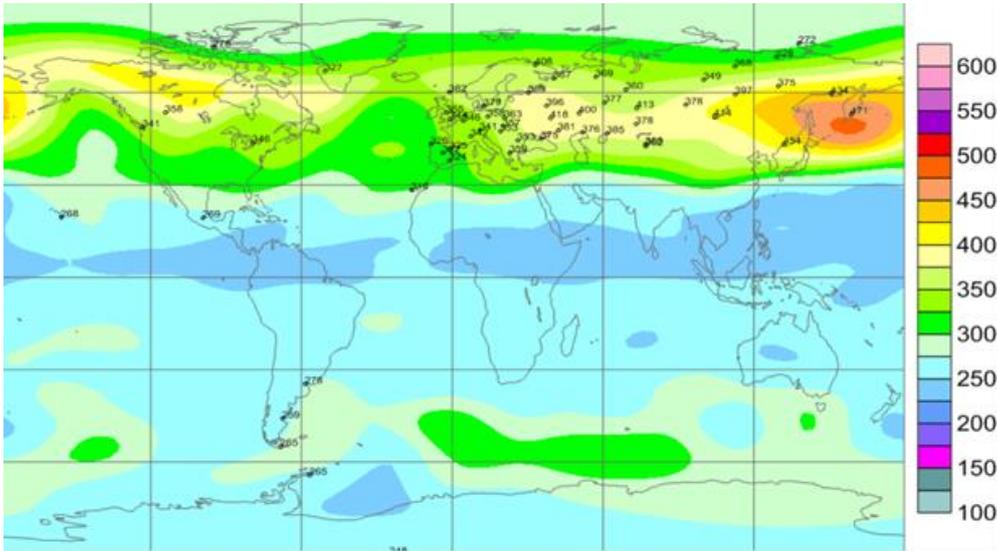
En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de febrero del presente año y en ella se observan características un poco diferentes al mapa climático. En el hemisferio norte, especialmente en latitudes medias se observó un gran núcleo con concentraciones altas, entre 400 UD y 500 UD, dicho comportamiento fue parecido o cercano al mostrado en el mapa climático.

En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones de ozono fueron similares a sus valores normales, como por ejemplo en latitudes bajas, mientras que en latitudes medias y altas fueron mucho menores a sus valores climáticos. Por ejemplo, en la región antártica los valores deben oscilar entre 275 UD y 350 UD, pero más bien en el presente año los valores oscilaron entre 225 UD y 300 UD.

En el caso de nuestro país se observa una ligera disminución en las concentraciones de ozono entre 225 UD y 250 UD en la región norte (parecido al mes de enero).

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de febrero 2022



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

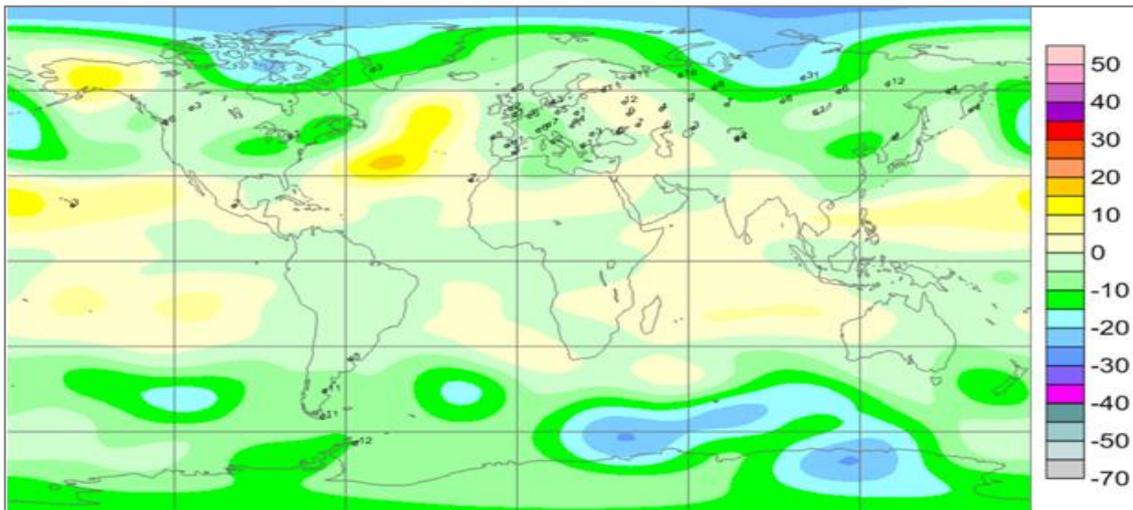
En cuanto a la desviación media del mes de febrero, para el caso de Perú, los valores de ozono registraron anomalías negativas (-5%) en la zona norte, mientras que en la región central y sur anomalías positivas (+5%). Estos valores discrepan con lo sucedido en superficie donde los valores han sido mayormente menores a su valor climático.

En latitudes medias y altas del hemisferio sur, también se encontraron desviaciones negativas del orden de -20%, pareciera que hubo menos aporte y menos formación de ozono en estas regiones probablemente a variación en la circulación de la atmósfera.

Cabe señalar que el incremento de la temperatura es un factor importante para el incremento de las concentraciones de ozono. Figura 8.

FIGURA N°8

Desviación media (%) del ozono total atmosférico para el mes de febrero 2022

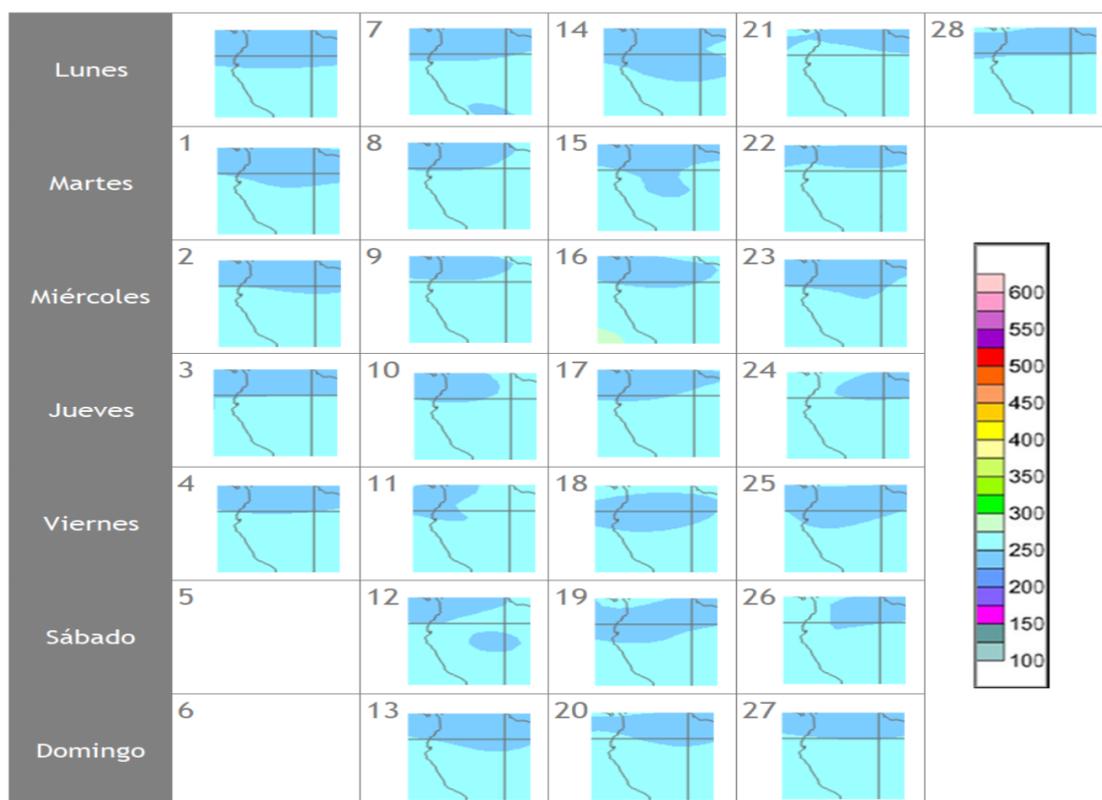


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá (Figura 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico tuvieron una ligera tendencia hacia la disminución, comparado al mes anterior (lo normal sería que se hubiera incrementado). Durante los días 01, 02, 03, 14, 15, 18, 19 y 25, las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD en la región norte del país (Piura y Tumbes mayormente), mientras que en el resto de las regiones los valores de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD. Las concentraciones bajas de ozono se debieron mayormente a la persistencia de los flujos de viento zonales. La tendencia diaria del ozono a lo largo del mes de marzo, según su climatología, debería ser al incremento debido a procesos físicos de la alta atmósfera, así como de la circulación atmosférica, aunados a reacciones fotoquímicas.

FIGURA N°9

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



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

TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATÓSFERA

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

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

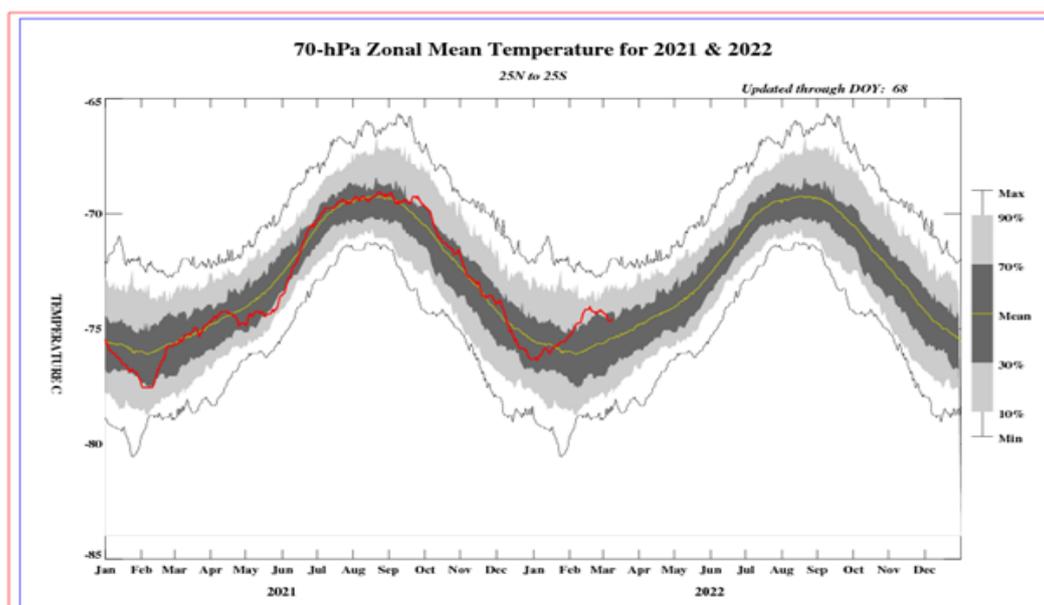
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2021 hasta el mes de febrero 2022, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a la disminución (en valor numérico) con respecto al mes pasado. Durante el mes, el régimen térmico se alejó de sus valores climáticos para luego en los últimos días, presentar una tendencia a su acercamiento. Cabe mencionar que en las primeras tres semanas hubo un ligero calentamiento de la atmósfera, tal como se observa en la figura.

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a los cambios en la temperatura es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. A esto se suma el proceso de la circulación Brewer-Dobson. Se debe tener presente que, por lo general, un aumento 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 -75.5°C, menor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -74.5°C. Como se observa, este ligero calentamiento de la masa de aire debería guardar relación con un aumento ligero en las concentraciones de ozono en superficie, pero no fue así, más bien disminuyeron. Si bien es cierto que la disminución fue leve, pero disminuyó. 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. En el presente mes, como ya anteriormente se ha mencionado, el promedio mensual fue de 242.8 UD menor en 1.3 UD al mes anterior.

FIGURA N°10

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



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

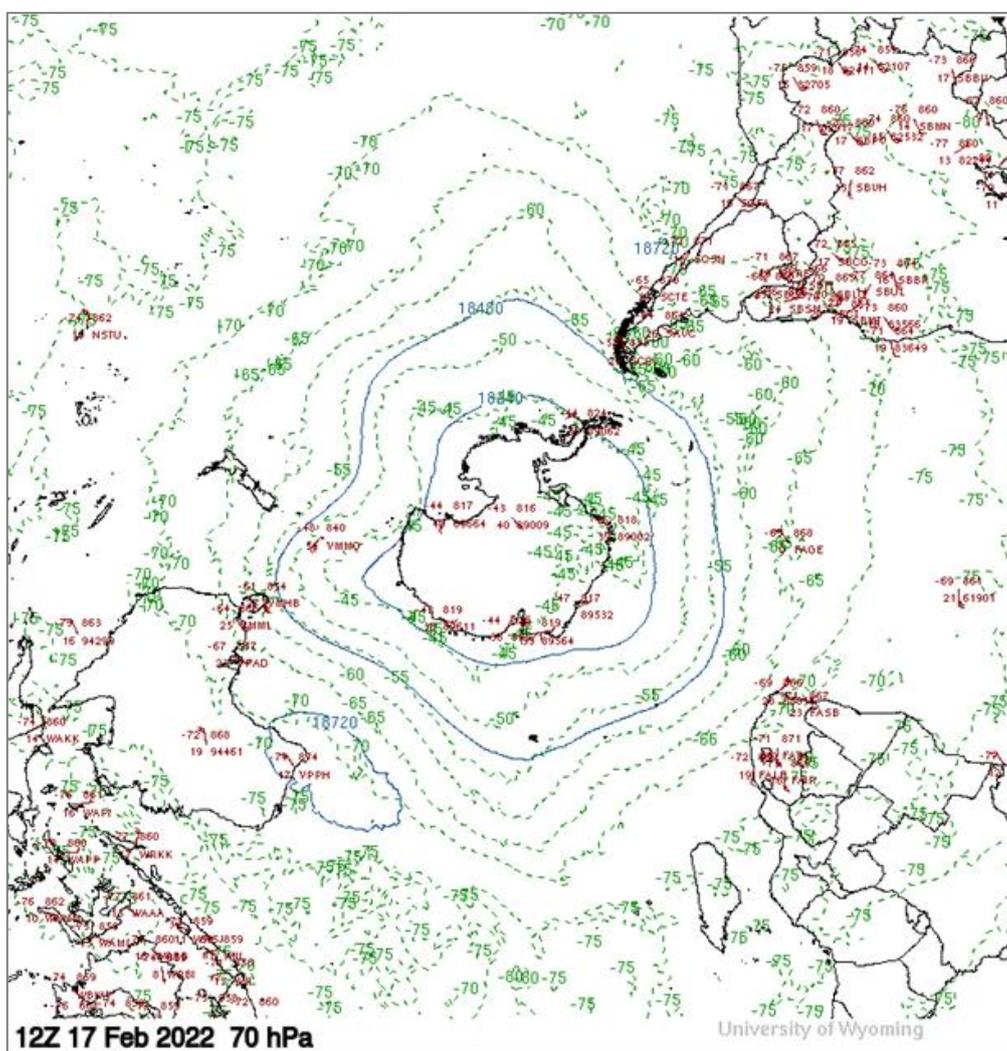
El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de febrero, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -45°C (en gran parte del mes).

Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. En la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) han registrado valores algo similares al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado un valor promedio de -75.0°C , a pesar de ello se han registrado aportes mínimos de ozono provenientes de otras latitudes por efecto de la circulación de masas de aire.

FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (17 febrero 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

III. CONCLUSIONES

1. El mes de febrero se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) empiezan a registrar un ligero incremento con respecto al mes de enero. En el presente mes disminuyeron en 1.3 UD con respecto al mes pasado registrando un valor de 242.8 UD como valor promedio, debido mayormente a circulación de vientos del este.
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono durante el mes, medidos con el espectrofotómetro Dobson en la Estación VAG Marcapomacocha, oscilaron entre 238.8 UD a 245.9 UD, notándose una disminución de los valores con el tiempo. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son menores al mes pasado debido principalmente a factores de circulación atmosférica (mínimo aporte de ozono) a pesar de que las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera registraron un leve aumento.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en la estación VAG Marcapomacocha, según información obtenida por el Metop-C/GOME-2, durante un día típico del mes de febrero, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 40 hPa y los 20 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 23 UD y 18 UD. La altura de la máxima concentración de ozono sigue relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en estas dos subcapas, así como a las variaciones termales.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente que las concentraciones de ozono son bajas (entre 1 UD a 7 UD), los cuales se van incrementando a medida que se asciende hacia la estratósfera. Cabe mencionar que el ozono en superficie es un contaminante atmosférico originado por reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. A medida que la intensidad de la radiación solar aumente (en superficie), los procesos fotoquímicos también lo harán, permitiendo por lo general, mayores concentraciones de ozono residual.
5. Los mapas de ozono total atmosférico (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), muestran concentraciones relativamente bajas (225 UD y 250 UD) en la región norte del país, específicamente en los departamentos de Tumbes y Piura, durante los días 01, 02, 03, 14, 15, 18, 19 y 25 de febrero, lo cual guarda relación con la tendencia climática. En el resto del país más bien los valores son relativamente altos (entre 250 UD y 275 UD). A lo largo del mes fue muy esporádico la presencia de intrusiones de masas de aire con moderada concentración de ozono.
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de febrero, los valores se caracterizaron por un alejamiento con respecto a su normal climática, pero con una ligera tendencia al calentamiento, a

pesar de ello las concentraciones de ozono disminuyeron, atribuyéndose esto al mínimo aporte de ozono de otras latitudes hacia nuestro país.

7. Debido al establecimiento de sistemas atmosféricos propios de la estación astronómica de verano en el hemisferio austral, durante este mes, los niveles de radiación solar han continuado incrementándose, trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean cada vez más dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad espacial y temporal en las concentraciones del ozono atmosférico.
8. Se requiere disponer de información real de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de realizar el contraste respectivo con lo obtenido por los satélites y determinar la desviación respectiva. En los periodos donde no se tenga información real se podría utilizar el brindado por los satélites aplicando ciertos algoritmos de cálculo.

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica:

Ing. Grinia Avalos Roldan

gavalos@senamhi.gob.pe

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:

Ing. Jhojan Rojas Quincho

jprojas@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:

Ing. Orlando Ccora Tuya

Bach. Juan Tacza Ordoñez

Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

Tco. Julia Astudillo Capcha

Próxima actualización: 15 de abril de 2022

Suscríbete para recibir la edición digital al enlace:

<https://forms.gle/cqZit9WHG7gLktbT6>



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

Jr. Cahuide 785, Jesús María

Lima 11 - Perú

Consultas y sugerencias:

occora@senamhi.gob.pe