

ABRIL 2022
Vol.04

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 abril ha presentado características térmicas algo menores al mes anterior, dado ciertos cambios en las condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral como consecuencia del cambio de estación astronómica. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país, en forma paulatina se van trasladando hacia el hemisferio norte provocando, en forma paulatina, condiciones frías sobre nuestro país, los cuales tienen interrelación con propiedades físicas de la baja estratósfera. Climáticamente, en la troposfera, los diferentes sistemas que permiten que la atmósfera sea muy dinámica, paulatinamente dejan de serlo debido a que ya no encuentran la energía necesaria para su desarrollo producto de la disminución de la intensidad de la radiación solar. La mayor actividad de los procesos dinámicos en la atmósfera ahora se va dando en el hemisferio norte.

Ahora bien, 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.

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 los flujos de viento fueron mayormente variables; se presentaron vientos del este, flujos provenientes de sistemas anticiclónicos formados en el Océano Pacífico, así como en la región central del continente sudamericano. En situaciones se presentaron vientos del norte. Estos sistemas debido a una irregular presencia, permitieron una

ligera disminución de ozono sobre nuestro continente, con mayor incidencia sobre nuestro país, tal como se aprecia en la Figura 2.

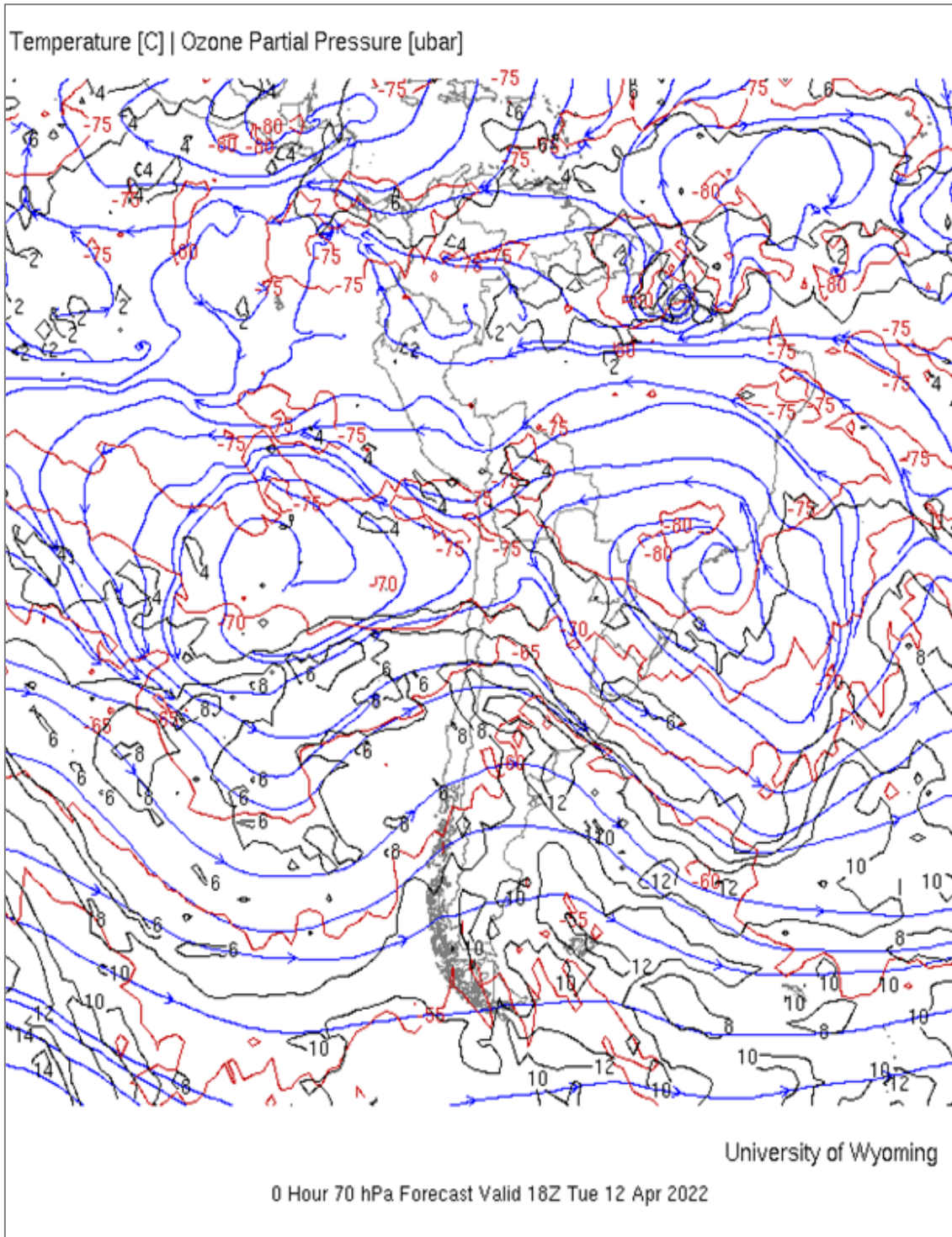
Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de abril, en superficie, en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 239.1 UD y 248.0 UD (UD = Unidades Dobson), valores ligeramente inferiores a lo registrado en el mes pasado.

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

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

FIGURA N°2

Flujos de masas de aire variables como producto del establecimiento de la estación de otoño.



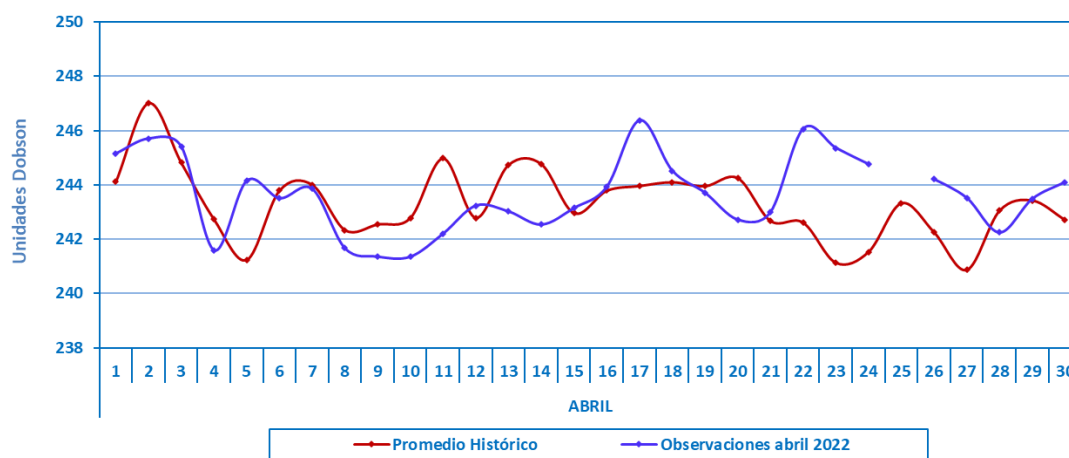
Por otro lado, el comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de abril oscila entre 240.0 UD y 246.5 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de abril del presente año, oscilaron entre 241.4 UD y 246.4 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron casi en un 53% por encima 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 marzo fue a una ligera disminución, debido al escaso ingreso de masas de aire con ozono. Cabe mencionar que durante el mes de registraron flujos bastante variables, los cuales permitieron la disminución en las concentraciones de ozono.

En líneas generales, se podría pensar que, en niveles bajos y medios de la estratósfera, el régimen térmico registró una tendencia 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. Abril 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 243.7 UD superior en 0.8 UD al promedio mensual multianual (242.9 UD).

Se debe tener presente que en los meses de otoño (como ahora) en la región tropical, las concentraciones de ozono empiezan a disminuir por efecto de la menor intensidad de la radiación solar ultravioleta así como a factores de circulación atmosférica en capa estratosférica, también es cierto que la circulación de los vientos (a nivel vertical) desde la tropósfera hacia la estratósfera permite el traslado de cantidades de ozono los cuales a lo largo de los meses lo van redistribuyendo hacia latitudes mayores (Circulación Brewer-Dobson), que permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas. A estos procesos se le tiene que considerar un factor importante como el régimen térmico, quien en otoño empiezan a disminuir.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede observar un cierto desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 100% de días del mes de marzo los valores de ozono diario medidos estuvieron por debajo de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson. Para el caso de SUOMI/OMPS, durante el 98% de días del

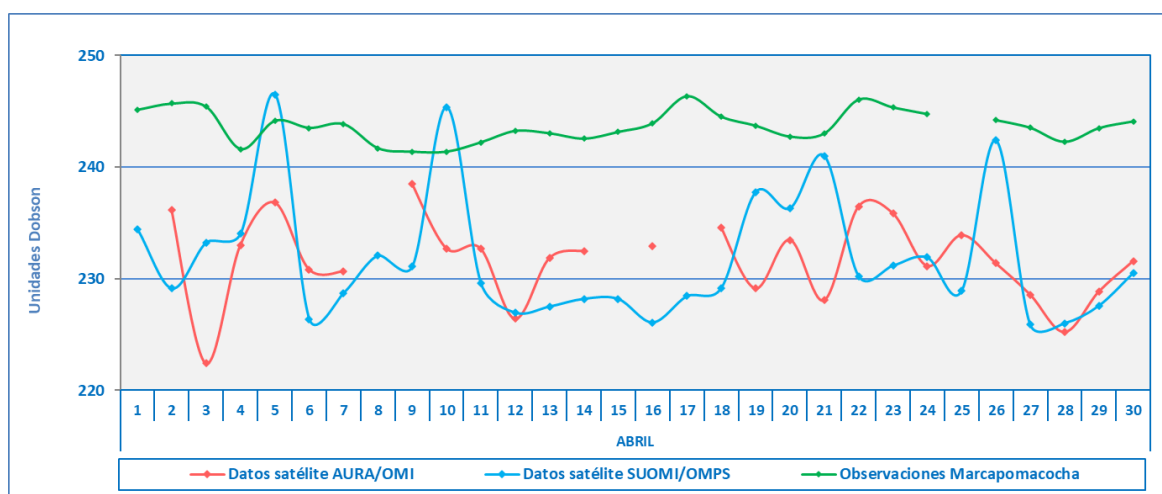
mes estuvieron por debajo de lo registrado en superficie, mientras solo un 2% por encima. Figura 4.

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 18 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 abril, 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 y la estacionalidad.

En dicho gráfico se puede observar que, en ambos hemisferios, la menor concentración de ozono se encuentra en la tropósfera (más acentuado en el hemisferio sur), mientras que en la estratósfera baja y media las mayores concentraciones.

Realizando un análisis para el hemisferio sur, podemos decir que, dada la estacionalidad (otoño), se registra una menor actividad en cuanto a circulación atmosférica permitiendo que los procesos convectivos vayan disminuyendo en intensidad y cobertura, especialmente en latitudes bajas, producto de la menor incidencia de radiación solar sobre la superficie terrestre.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se dan entre los 50 hPa y 10 hPa con valores entre 16 UD y 23 UD.

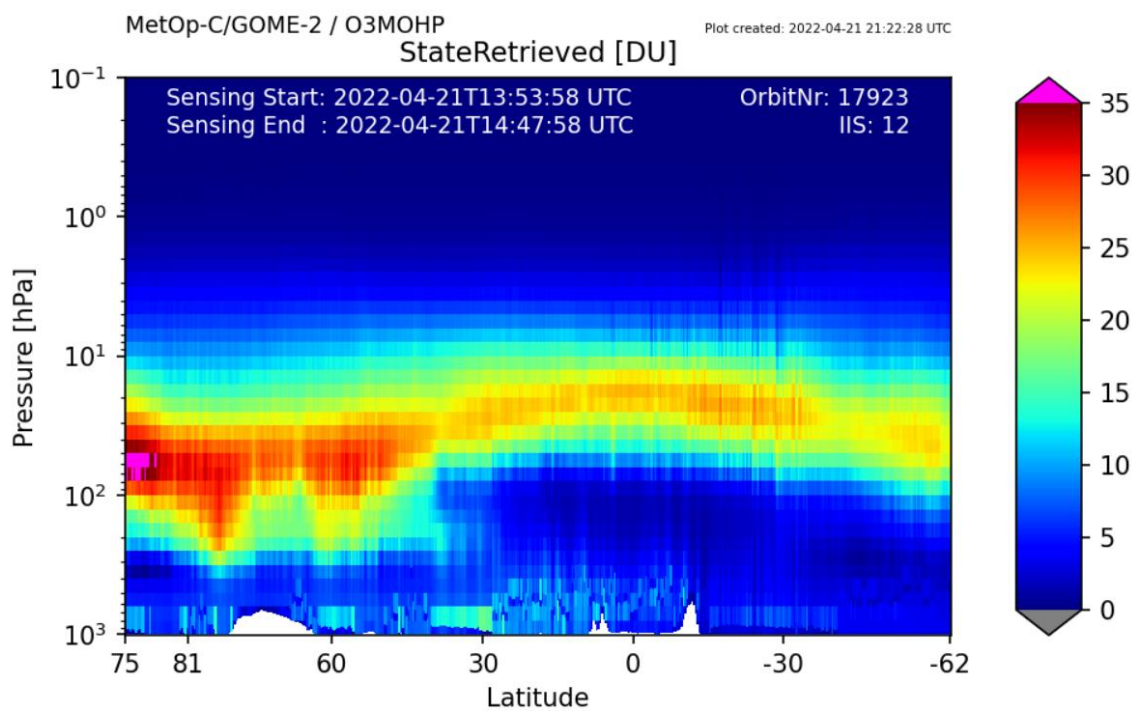
En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las concentraciones de ozono son bajas, esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior. En todo momento siempre quedan cantidades de ozono en las primeras horas del día.

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

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

En latitudes medias (30°S – 60°S) del hemisferio sur se pueden observar concentraciones de ozono menores a los de latitudes bajas, cuyos valores oscilan entre 14 y 20 UD entre los 90 hPa y 20 hPa, características que son debidas principalmente a la circulación de los vientos, así como al paulatino enfriamiento de la atmósfera los cuales se traducen en menores procesos en cuanto a reacciones fotoquímicas.

FIGURA N°5
Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha



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

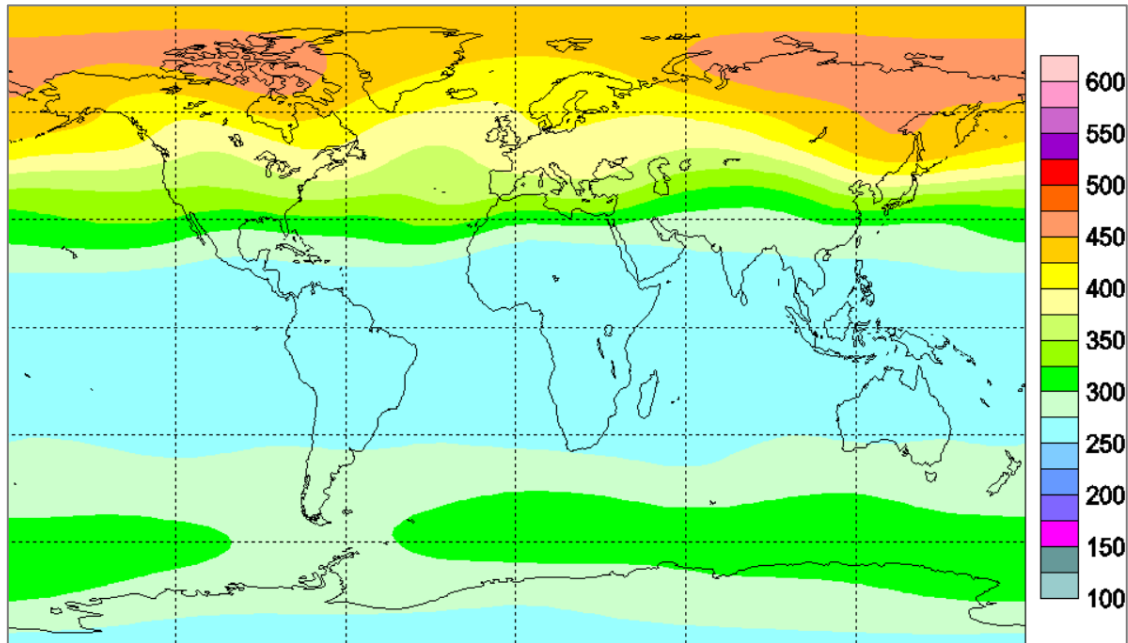
En la Fig. 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de abril, mostrando regiones con concentraciones altas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 25°N – 31°S aproximadamente las concentraciones de ozono registradas oscilan entre 250 UD y 275 UD.

En el hemisferio norte, por encima de los 25° las concentraciones se incrementan (300 UD – 425 UD) hasta aproximadamente los 60° (latitudes medias). En latitudes más altas, específicamente en la región Artica, el ozono atmosférico es un poco mayor (425 UD – 475 UD).

En el caso de América del Sur, se observa que entre 30° - 75°S las concentraciones de ozono oscilan entre 275 UD a 325 UD, mientras que, entre 75°S y 90°S mayormente, varían entre 250 UD - 275 UD.

FIGURA N°6

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



Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

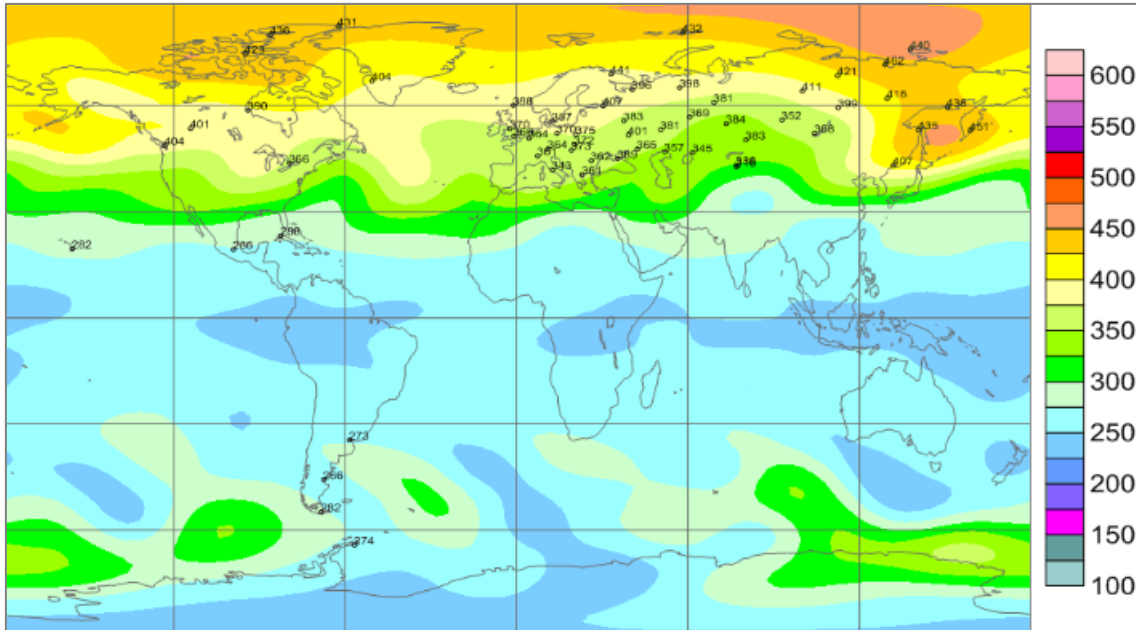
En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de abril del presente año y en ella se observan características diferentes al mapa climático. En el hemisferio norte, especialmente en latitudes medias y altas se observó un gran núcleo con concentraciones bastante altas, entre 400 UD y 475 UD, dicho comportamiento fue algo similar al mostrado en el mapa climático.

En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones de ozono fueron mucho menores a sus valores normales, como por ejemplo en latitudes medias y altas, mientras que, en el corredor de latitudes bajas o región tropical, las concentraciones fueron menores a sus valores climáticos. Por ejemplo, en la región antártica los valores deben oscilar entre 250 UD y 325 UD, pero más bien en el presente año los valores oscilaron entre 250 UD y 350 UD mayormente.

En el caso de nuestro país se observa una ligera disminución en las concentraciones de ozono entre 225 UD y 250 UD.

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de abril 2022



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

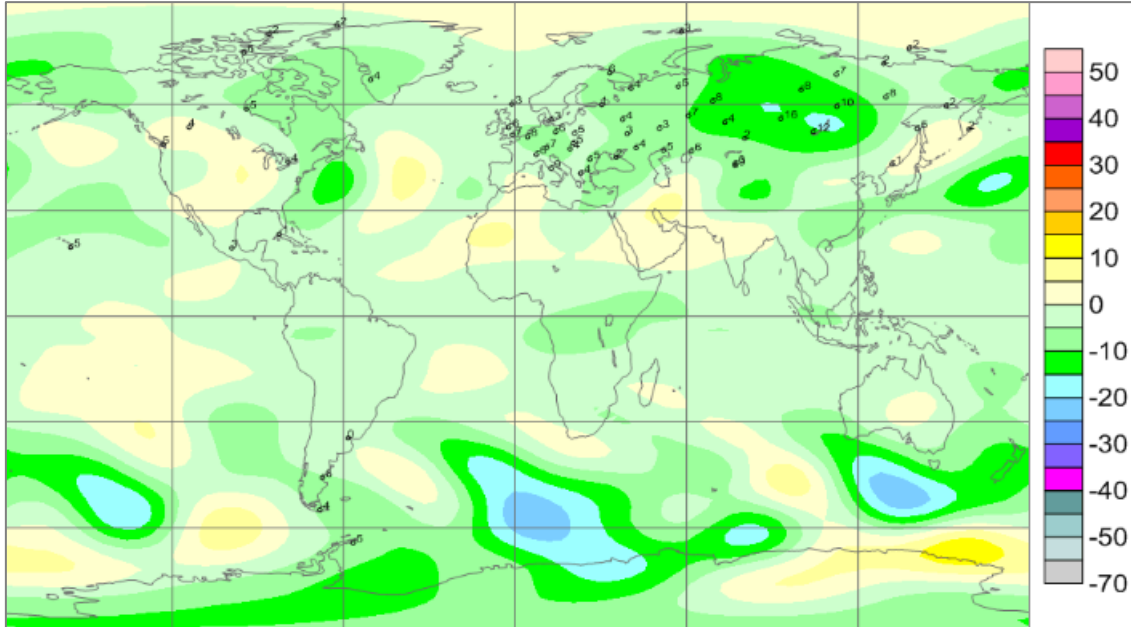
En cuanto a la desviación media del mes de abril, para el caso de Perú, los valores de ozono registraron anomalías negativas (-10%) en la zona norte, mientras que, en la región central y sur, las anomalías negativas fueron menores (-5%). Estos valores guardan cierta relación con lo sucedido en superficie.

En latitudes medias y altas del hemisferio sur, también se encontraron desviaciones negativas del orden de -10%, a -25%, dando a entender el escaso aporte y menos formación de ozono en estas regiones debido a la variación en la circulación de la atmósfera.

Cabe señalar que la disminución de la temperatura en la atmósfera alta es un factor importante para la reducción de las concentraciones de ozono. Figura 8.

FIGURA N°8

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

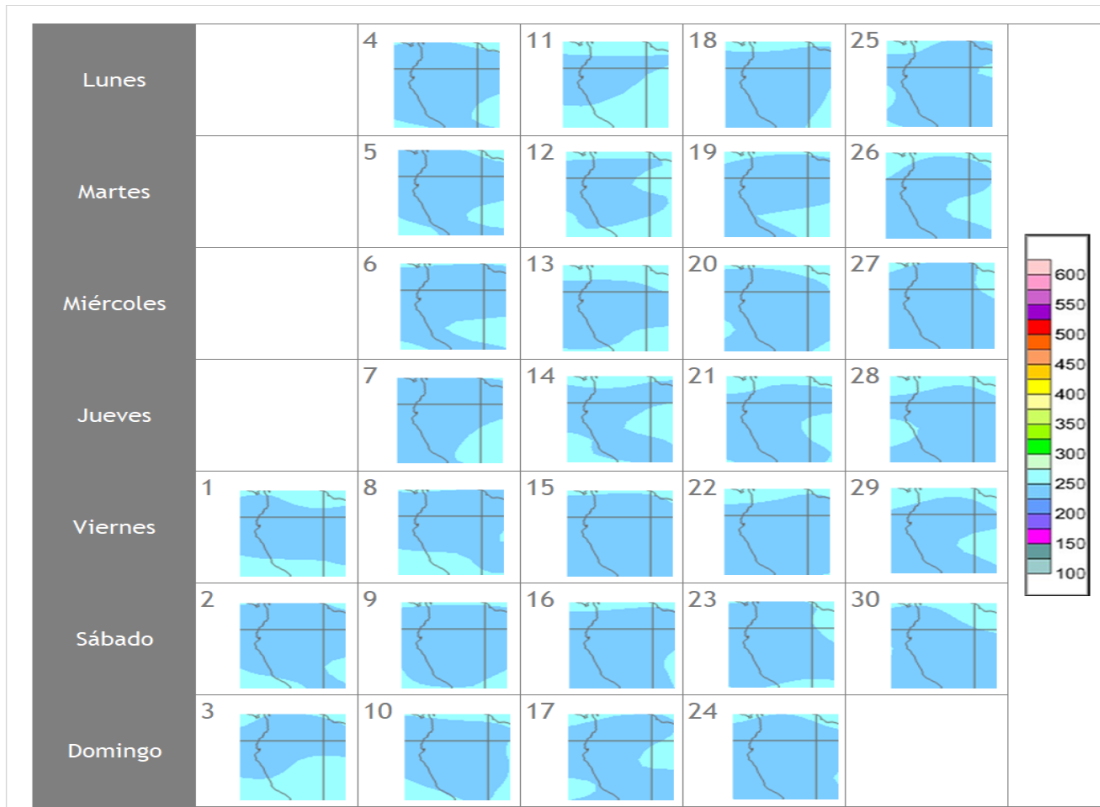


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

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 (Fig. 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico tuvieron una tendencia hacia la disminución, comparado al mes anterior. Durante los días 02, 04, 05, 07, 09, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30 las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD en todo el país, mientras que en los días 01, 03, 06, 08, 11, 12 y 19 las concentraciones de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD, especialmente en la región central y sur del país. Las concentraciones bajas de ozono durante el mes de abril responden al comportamiento climático de la misma, por efecto de la circulación atmosférica y otros procesos físicos como la disminución en la intensidad de la radiación solar ultravioleta. La tendencia diaria del ozono a lo largo del mes de abril y en los meses que corresponden a la estación de otoño será a la disminución.

FIGURA N°9

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de abril 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.

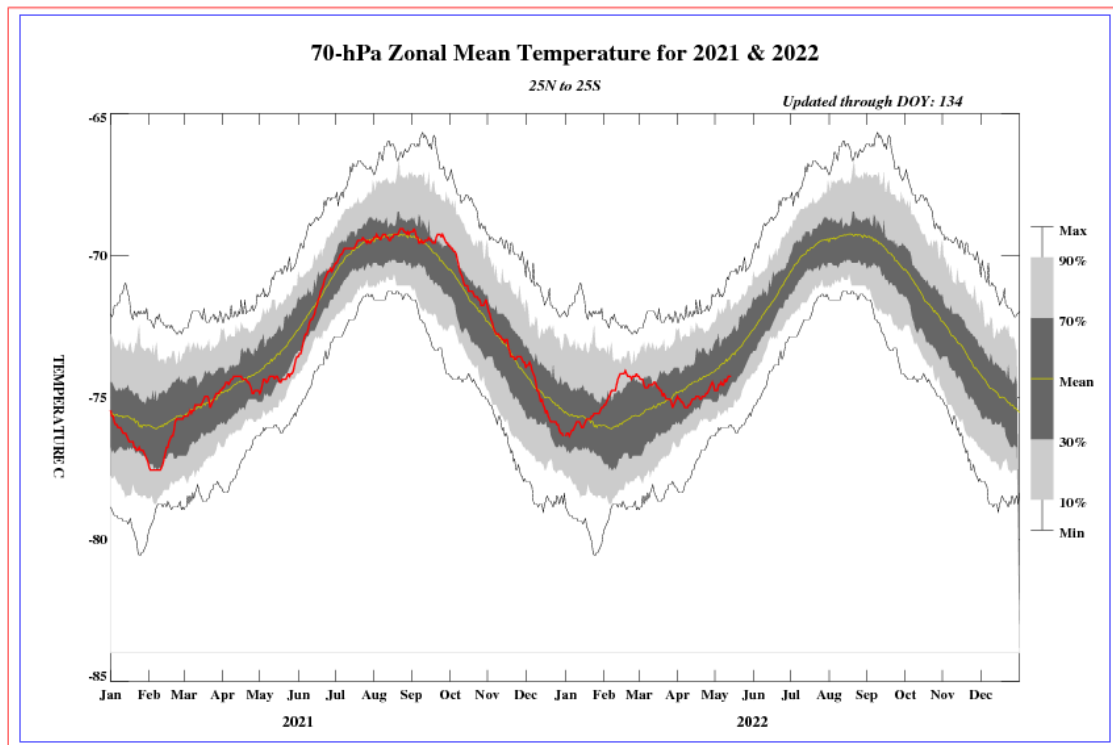
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2021 hasta el mes de abril 2022, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a al aumento (en valor numérico) con respecto al mes pasado, pero más frío (físicamente). Durante el mes, el régimen térmico se alejó de sus valores climáticos para luego en los últimos días, presentar una tendencia a un acercamiento. Cabe mencionar que durante el mes de abril la atmósfera empezó a enfriarse debido a la disminución de las temperaturas, producto de la estacionalidad presente, 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, así como a circulaciones de viento regionales a nivel de alta atmósfera. 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 físicas y químicas. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -74.5°C , mayor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -75.0°C . Como se observa, este ligero enfriamiento de la masa de aire guarda relación con una disminución en las concentraciones de ozono en superficie. 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 243.7 UD menor en 0.5 UD al mes anterior.

FIGURA N°10

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



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

Por otro lado, el comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de abril, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -60°C a -65°C (en gran parte del mes), debido al factor astronómico.

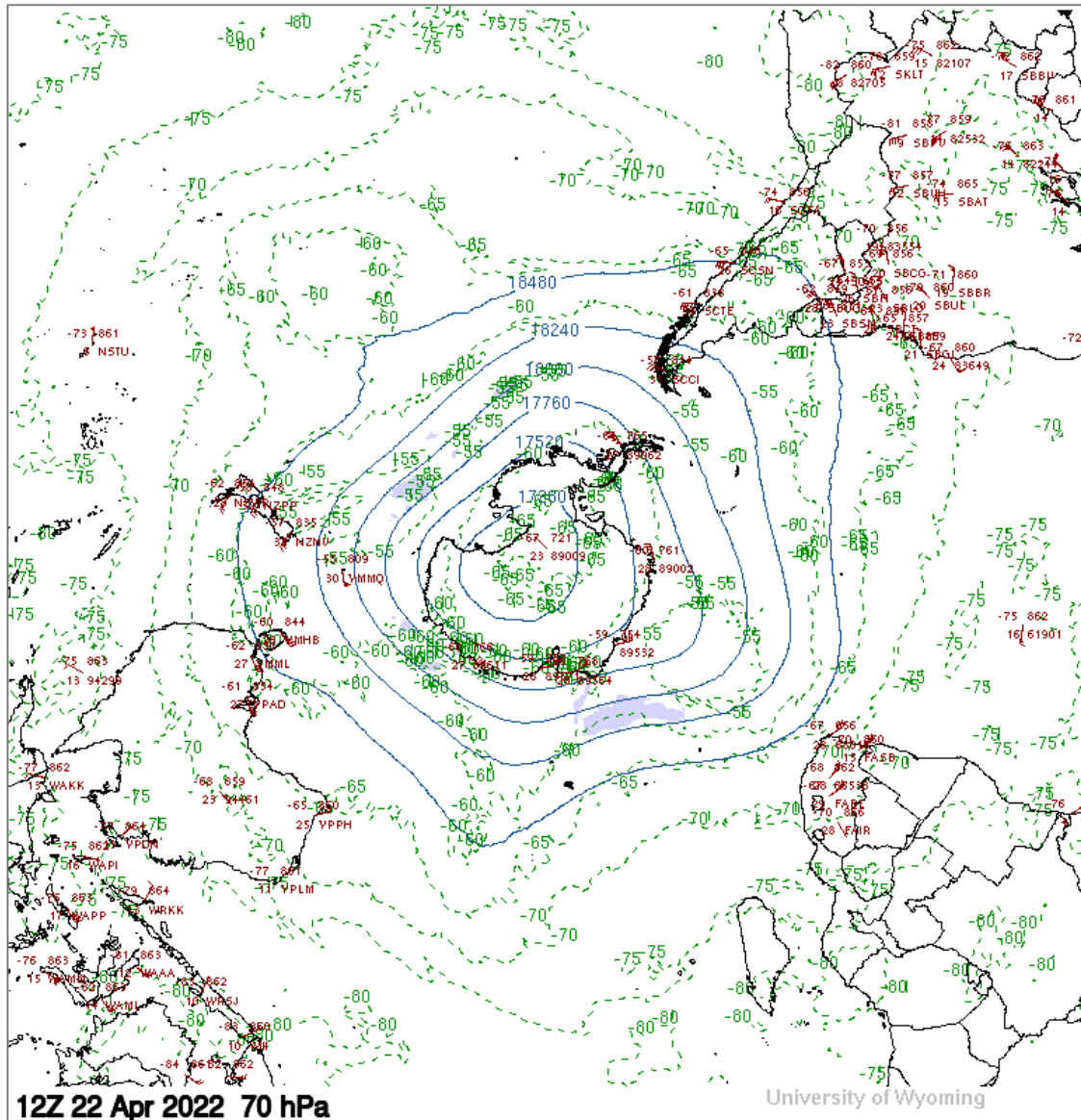
Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. Por otro lado, en la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en

este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) han registrado valores algo menores al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado un valor promedio de -75.0°C , siendo uno de los factores para la disminución en las concentraciones de ozono en nuestro país y en parte de la región tropical.

FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (22 abril 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

III. CONCLUSIONES

1. El mes de abril se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) empiezan a registrar un decrecimiento con respecto al mes de marzo. En el presente mes disminuyeron en 0.5 UD con respecto al mes pasado registrando un valor de 243.7 UD como valor promedio, debido al escaso aporte de ozono por parte de masas de aire.
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 241.4 UD a 246.4 UD, notándose una ligera 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 (poco aporte de ozono atmosférico).
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 abril, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 50 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 16 UD y 23 UD (menores al mes pasado). La altura de la máxima concentración de ozono sigue relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en estas dos subcapas, así como a las variaciones termales.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente que las concentraciones de ozono son bajas (entre 1 UD a 8 UD), 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 y viceversa cuando la radiación solar disminuye.
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 todo el país, durante los días 02, 04, 05, 07, 09, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30, mientras que en los días 01, 03, 06, 08, 11, 12 y 19 las concentraciones de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD, especialmente en la región central y sur del país. Las concentraciones bajas de ozono durante el mes de abril responden al comportamiento climático de la misma, por efecto de la circulación atmosférica y otros procesos físicos como la disminución en la intensidad de la radiación solar ultravioleta.

6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de abril, los valores se caracterizaron por un alejamiento al inicio y un acercamiento en la última semana, a su normal climática, implicando un ligero enfriamiento de la atmósfera, lo cual permitió una disminución ligera en las concentraciones de ozono, así como al poco aporte de ozono de otras latitudes hacia nuestro país.
7. Debido a que abril es un mes donde paulatinamente los niveles de radiación solar van disminuyendo, trae como consecuencia, que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean menos dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad espacial y temporal en las concentraciones del ozono atmosférico.
8. Se requiere disponer de información real de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de realizar el contraste respectivo con lo obtenido por los satélites y determinar la desviación respectiva. En los periodos donde no se tenga información real se podría utilizar el brindado por los satélites aplicando ciertos algoritmos de cálculo.

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica:

Ing. 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 junio 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