

Abril 2019
vol. 04

**BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL
OZONO ATMOSFÉRICO
EN LA ESTACIÓN VAG
MARCAPOMACOCHA**



Introducción

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 refrigeradoras, congeladoras, 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.

Se espera que de aquí a algunas décadas se incremente la concentración de ozono en la atmósfera debido a la aplicación del Protocolo y sus enmiendas.

ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con una estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha ubicada en la sierra central del país (Provincia de Yauli, departamento de Junín), 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" W. 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 de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera con la finalidad de conocer el comportamiento actual de la atmósfera en esta parte del continente.

Las actividades de la estación VAG de Marcapomacocha se enmarcan en las mediciones de la concentración de ozono total atmosférico en forma diaria en base a mediciones 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 1962 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 (año 2018) la estación VAG de Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de algunos gases de efecto invernadero como por ejemplo CO₂ y Carbono negro (hollín).

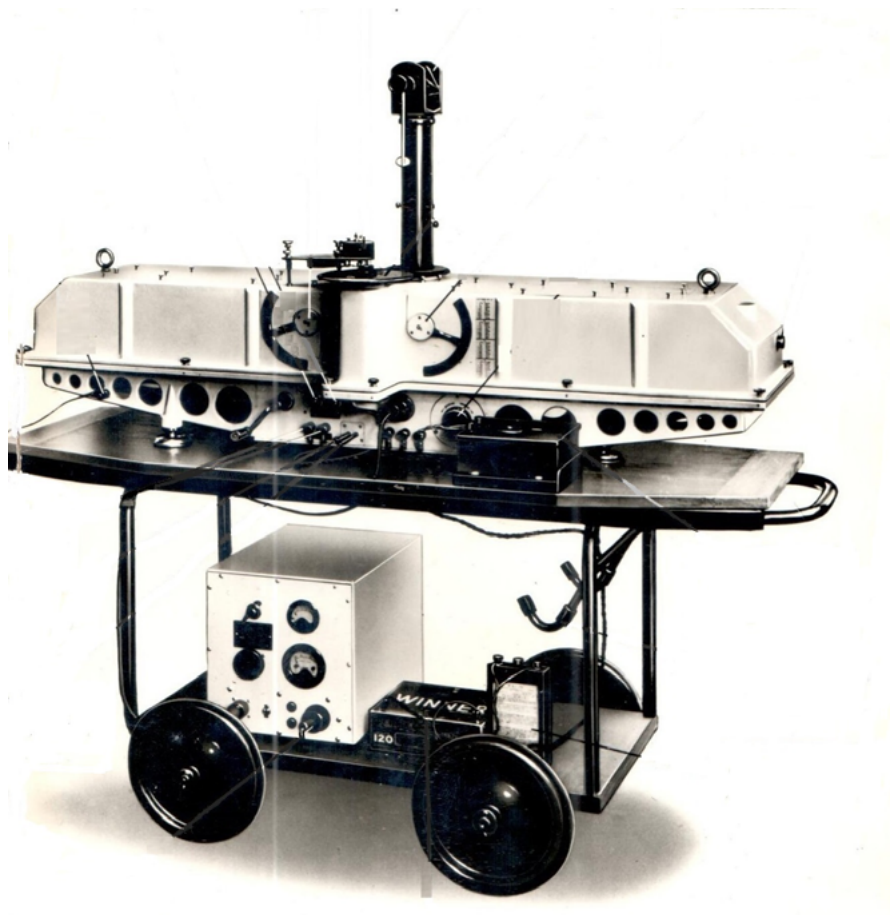


I.- METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFERICO

1.- MEDICION EN SUPERFICIE

Con un instrumento denominado Espectrofotómetro Dobson (Figura 1), es posible realizar mediciones sobre la cantidad de Ozono total Atmosférico, 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. Se llamarán a estas ondas 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 selecciona solo dos haces (de luz) el cual 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) 305.5 nm (1nm = 10⁻⁹ m) a 325.4 nm ; 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 el ozono total.

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 hiperespectrales 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.

Durante el mes de abril no se registró información de ozono atmosférico de superficie debido a la participación del equipo en la Campaña Regional de Intercomparación de Espectrofotómetros Dobson en América Latina 2019. En el presente boletín solo se considerará información proveniente del satélite Aura, plataforma OMI, para la estación VAG Marcapomacocha, así como a Modelos de Predicción Numérica como el GFS.

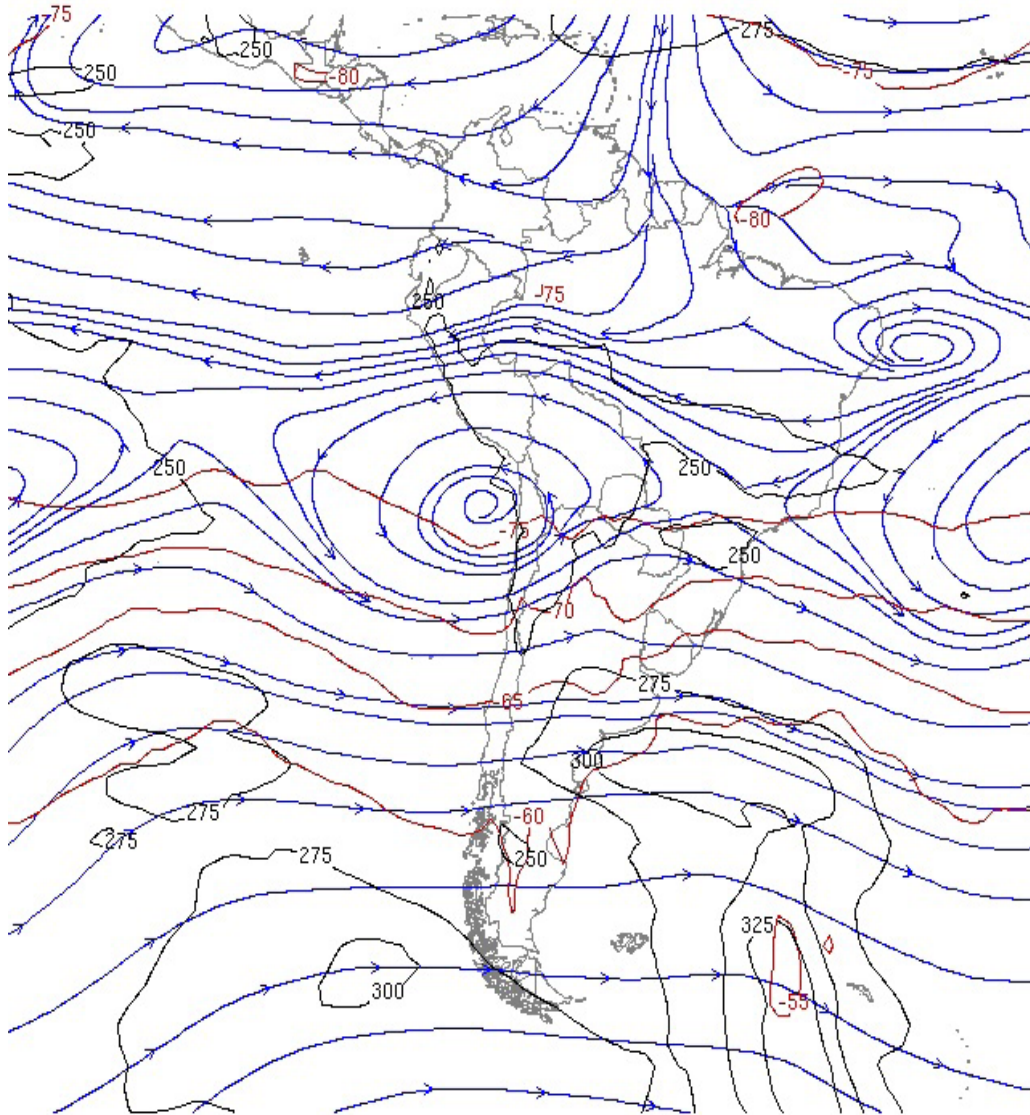
Cabe mencionar que el mes de abril se caracteriza porque los sistemas meteorológicos de altura como la Alta de Bolivia se desplazan hacia el norte del continente sudamericano como consecuencia de la estacionalidad que sufre la tierra durante el año. En el presente mes y año, dicho sistema estuvo desplazado hacia el sur-este lo que motivó que sistemas atmosféricos de latitudes medias ingresen por el sur del Perú ocasionando descenso de temperaturas en dicha región.

En niveles altos de la atmósfera (a nivel de 70 hPa) se observó (según el Modelo GFS) mayormente vientos provenientes del este (flujo zonal) y en una cantidad no apreciable, del noreste (Hemisferio Norte) que obviamente han permitido un menor traslado de masas de aire con contenido de ozono hacia el hemisferio sur trayendo como consecuencia el registro de concentraciones moderadas (pero menores que el mes pasado) de ozono sobre nuestro país (Figura 2) Cabe resaltar que los sistemas atmosféricos como el APS (Anticiclón del Pacífico Sur), zona de convergencia intertropical se desplazan también hacia el norte permitiendo la mejora paulatina del tiempo en la región andina del Perú y el mal tiempo en la costa central.

FIGURA N° 2

Flujo de masas de aire provenientes del Hemisferio Norte. 15 de abril 2019

Temperature [C] | Total ozone [DU]



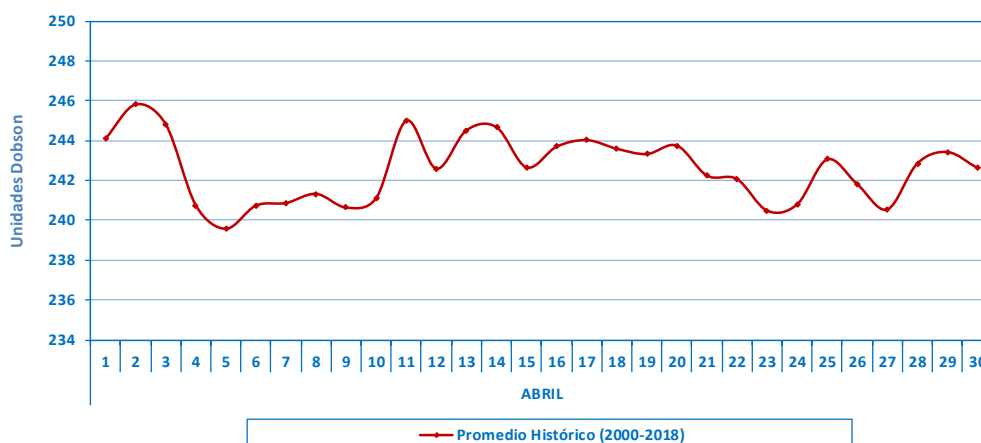
University of Wyoming

0 Hour 70 hPa Forecast Valid 18Z Mon 15 Apr 2019

El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual oscila entre 239.6 UD y 244.8 UD aproximadamente (Figura 3). Se aprecia que en la primera y tercera década del mes se registran valores bajos de ozono en el intervalo de 240 UD a 242 UD, mientras que en la segunda década las concentraciones de ozono oscilan entre 242 UD a 244 UD mayormente. En la comparación con el mes anterior se observa que la tendencia de la concentración es a la disminución. El motivo de esa disminución es la presencia de vientos del este mayormente, los cuales permiten el traslado de ozono a otras regiones.

FIGURA N° 3

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico climático (2000-2018) en la estación VAG Marcapomacocha. Mes de abril

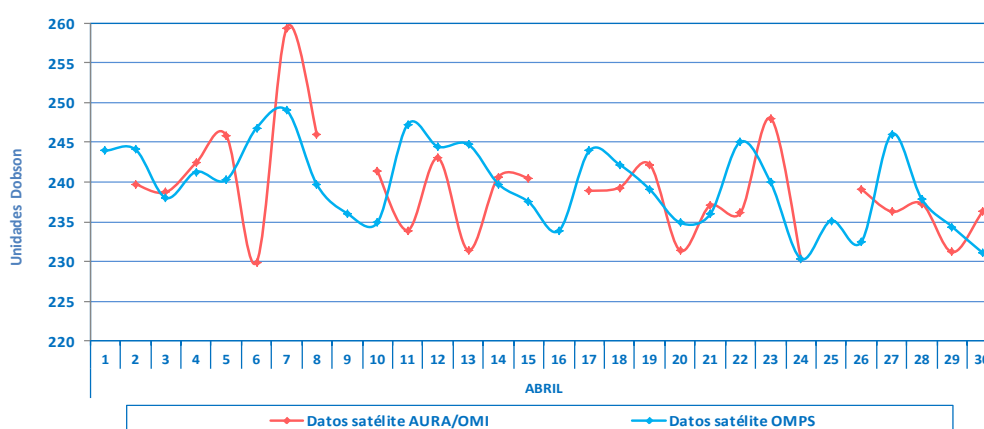


En ese aspecto, la climatología del ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, permite observar que durante el año se presentan dos picos, uno en el mes de marzo con un valor de 244.7 UD y el otro, mucho mayor, en el mes de setiembre con un valor de 252.2 UD. Por otro lado los valores bajos de ozono 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. Si bien es cierto que en los meses de verano en la región tropical se forma y destruye más ozono por efecto de la mayor intensidad de la radiación ultravioleta, 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.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI se puede observar el desfase entre ellos. Existe una gran variabilidad en cuanto al comportamiento de los mismos. Por algunos momentos ambos satélites muestran valores casi similares, mientras que en gran parte de ellos los valores son bastante diferenciados (Figura. 4).

FIGURA N° 4

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite durante abril 2019

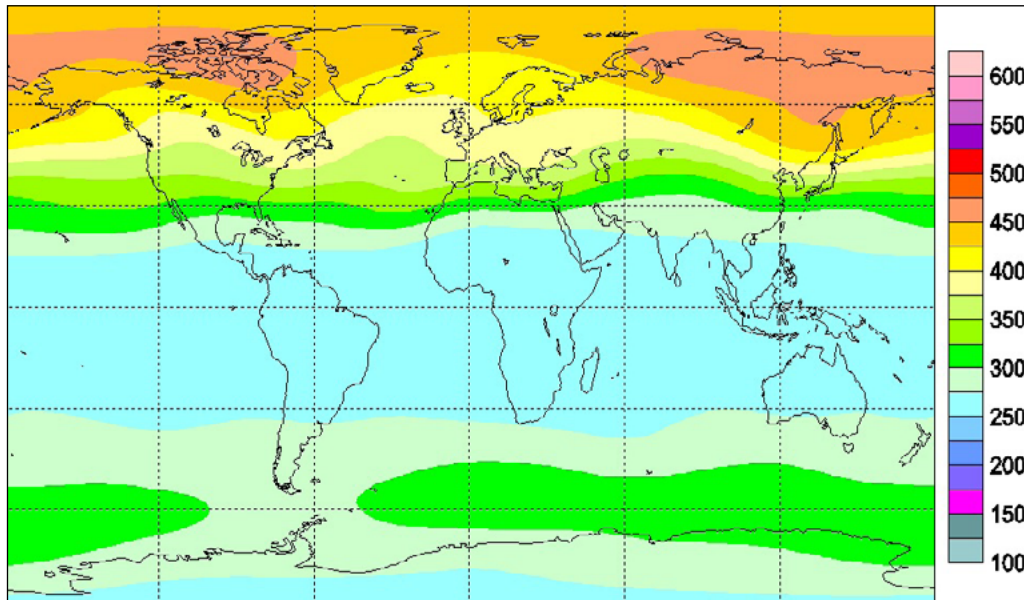


En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

- En la Figura 5 se observa el mapa climático (1978 - 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de abril, donde se sigue mostrando una mayor amplitud de concentraciones altas a nivel global, entre las latitudes 30°S - 25°N mayormente, con valores entre 250 UD - 275 UD. Sobre nuestro país las concentraciones de ozono son altas con valores que oscilan entre 250 UD - 275 UD.

FIGURA N° 5

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

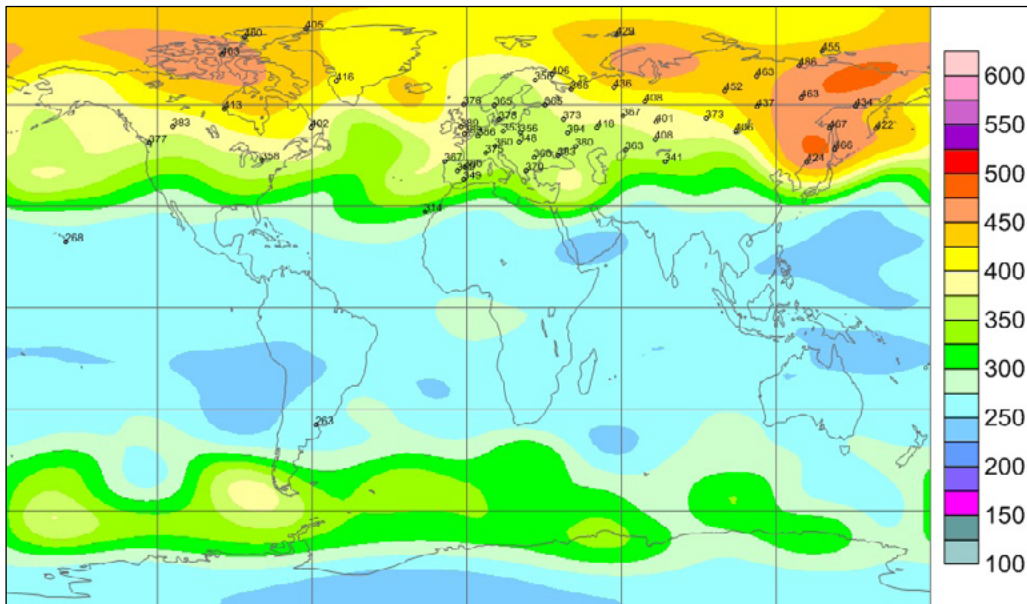


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En la Figura 6 se observa el mapa mensual global correspondiente al mes de abril de 2019 y en ella se muestra, que gran parte de América del Sur, tiene concentraciones de ozono relativamente altas cuyos valores oscilan entre 250 UD - 275 UD. En el caso de Perú, si bien el gráfico muestra concentraciones altas de ozono en la región norte del país, en la región sur muestra concentraciones menores entre 225 UD y 250 UD, lo cual coincide en cierta manera con los valores multianuales registrados en la VAG Marcapomacocha cuyo valor es de 242.8 UD. Se debe mencionar que tanto en latitudes altas del Hemisferio Norte y Sur las concentraciones de ozono son altas superando las 300 UD.

FIGURA N° 6

Mapa del ozono total atmosférico para el mes de abril 2019

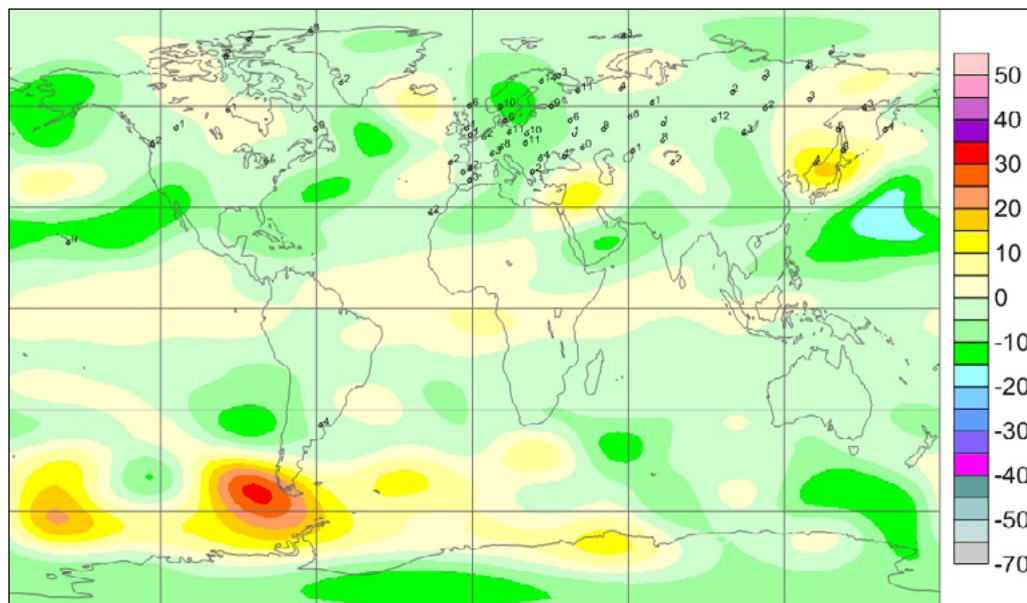


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En cuanto a la desviación media del mes, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por casi cercanos a sus valores normales con una desviación de $\pm 5\%$. Ver Figura 7.

FIGURA N° 7

Desviación Media (%) del ozono total atmosférico para el mes de abril 2019

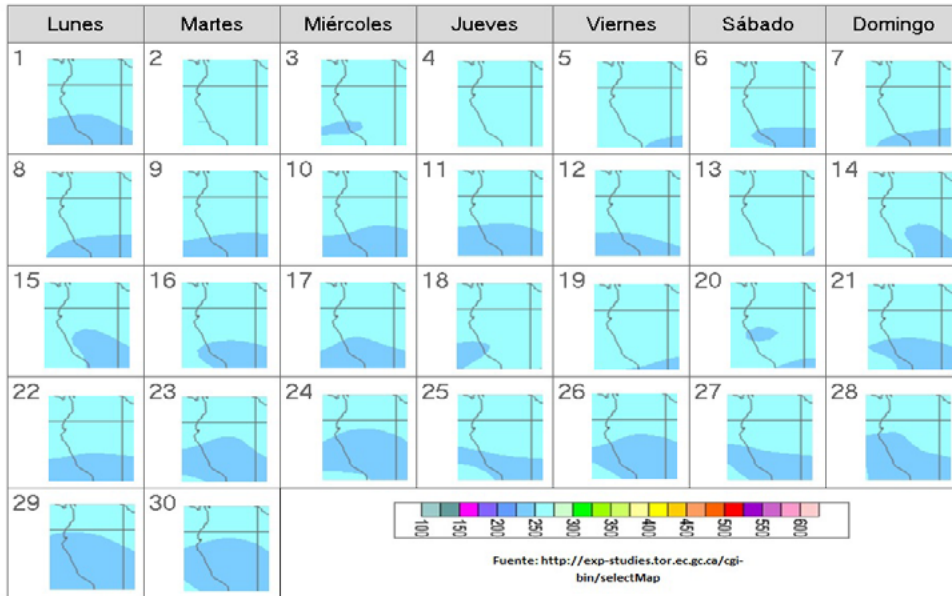


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

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 8), podemos mencionar que para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico registrados llegaron a ser variables. Durante la primera semana del mes se registraron generalmente, concentraciones altas en todo el país (250 UD a 275 UD) pero a partir de la segunda semana las concentraciones de ozono empezaron a disminuir registrando valores de ozono entre 225 UD y 250 UD. Especialmente en la región sur del país.

FIGURA N° 8

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de abril 2019



TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATOSFERA

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

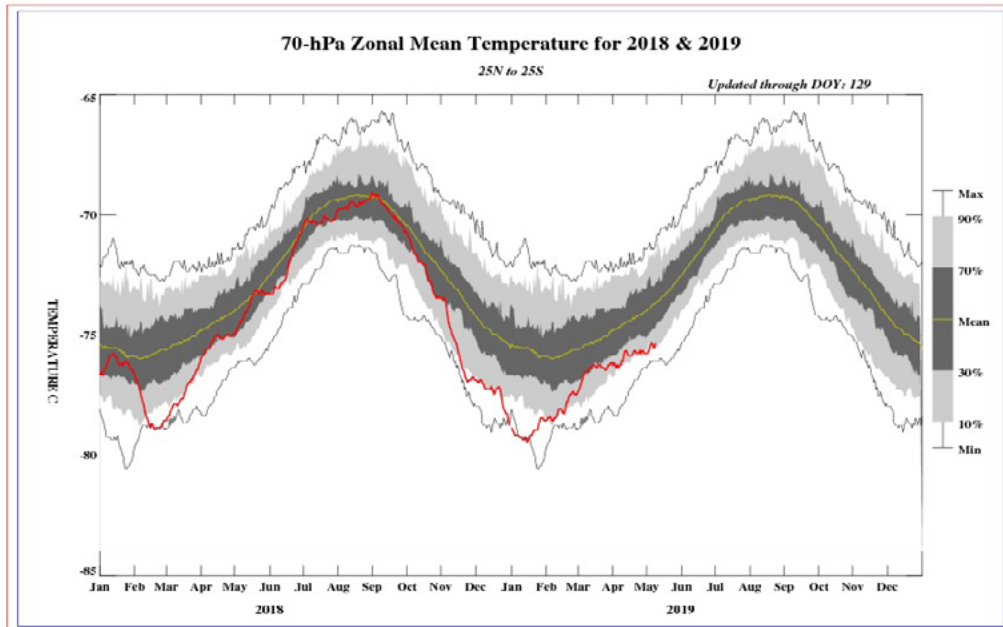
El que la temperatura aumente o disminuya en la estratósfera va a depender de las concentraciones de sustancias que agotan el ozono así como de la estacionalidad y de la circulación atmosférica.

En la Figura 9 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2018 hasta el mes de abril 2019, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N.

En ella se observa claramente que la temperatura en ese nivel (línea de color rojo) mantiene un mayor alejamiento con respecto a su valor normal (línea de color verde), en todo el mes. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel es de -74.5°C , mayor (“más cálido”) al mes de marzo, pero los calculados en este mes de marzo del presente año tienen un promedio mensual de -76.0°C (1.5 grados por encima de su promedio histórico), pero cercano al segundo intervalo inferior, al 10% de su variabilidad mensual (achurado de color plomo). Durante la primera década del mes los valores de temperatura tuvieron un ascenso paulatino acercándose al primer intervalo de temperatura. En la segunda y tercera semana la temperatura se mantuvo estable con valores cercanos a -76°C . Esto nos indicaría dos cosas: durante la primera semana del mes la tendencia en el aumento de temperatura guarda relación con los valores climáticos pero aún alejados del mismo, en segundo lugar a partir de la segunda y tercera semana del mes las temperaturas logran establecerse pero alejándose de los intervalos de probabilidad de ocurrencia dando a entender un “mayor” enfriamiento del aire en ese nivel, lo cual también guardaría cierta relación con los descensos en la concentración de ozono en este mes.

FIGURA N° 9

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de abril 2019



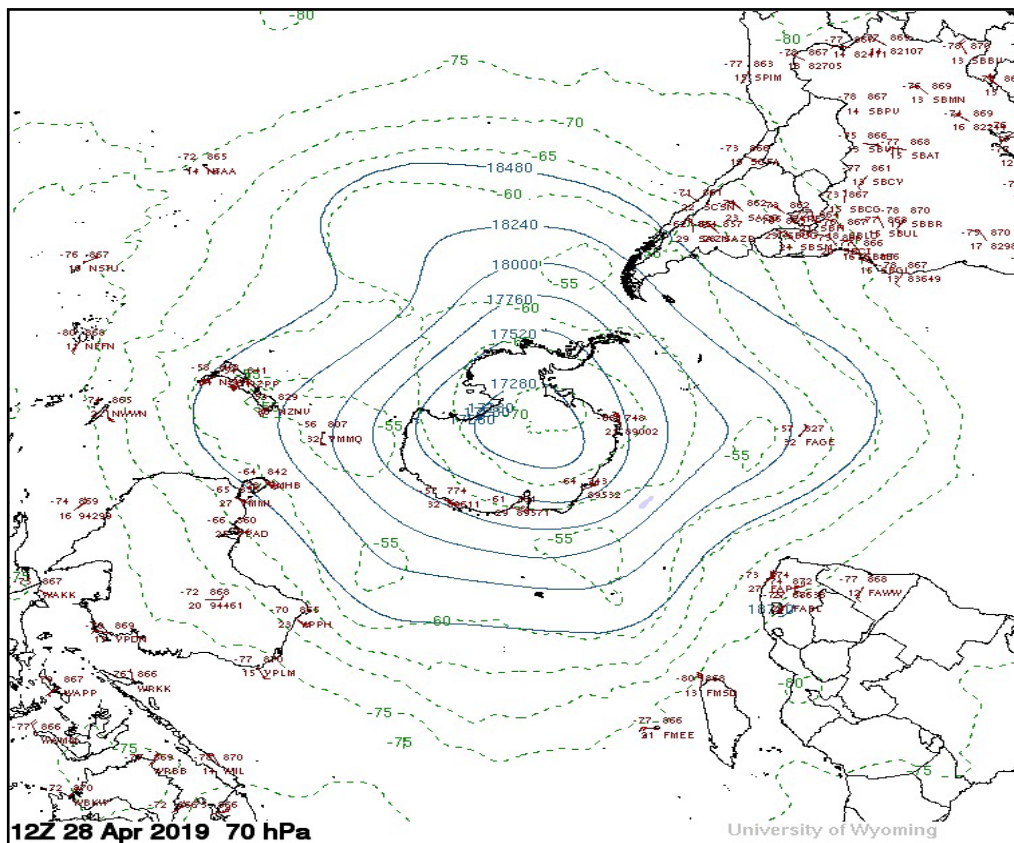
Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center (Web Site)

El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur (Figura 10) en un día típico del mes de abril, se puede mencionar que las temperaturas en el continente antártico han registrado valores en el orden de -65°C a -60°C en promedio, debido a que los niveles de radiación solar van disminuyendo en intensidad en forma paulatina lo que permite que la temperatura en ese nivel empiece a descender mucho más que el mes pasado (el hemisferio sur se encuentra ya en la estación de otoño). En la región tropical o latitudes bajas las temperaturas han registrado valores relativamente menores al mes pasado (-75.0°C a -78.0°C aproximadamente) generando que las concentraciones de ozono disminuyan con respecto al mes de marzo.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han oscilado entre -76.0°C a -76.5°C relativamente, inferior a nivel de masa de aire (masa relativamente fría) con respecto al mes de marzo. En la figura 10 se puede apreciar un comportamiento típico de la temperatura sobre nuestras latitudes lo cual nos da a entender una cierta relación entre lo que pasa en este nivel y lo que pasa a través de la columna de ozono total obtenido por satélite.

FIGURA N° 10

Comportamiento de la temperatura en 70hPa para el Hemisferio Sur (28 de abril de 2019)



Fuente: Universidad de Wyoming

III.-CONCLUSIONES

1. El mes de abril se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono llegan a registrar valores más bajos con respecto al mes de marzo y en este año 2019 según información proveniente de los satélites AURA y OMPS los valores de ozono han oscilado entre 239.1 UD y 239.7 UD cuando en el mes anterior eran mayor.. Esos valores según, el modelo GFS, tienen su respuesta debido a una cierta persistencia de masas de aire provenientes del este los cuales permiten trasladar el ozono presente en la atmósfera hacia otras regiones del hemisferio sur. permitiendo su disminución.
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario multianual 2000-2017) de la concentración de ozono, medido con el espectrofotómetro Dobson en la Estación VAG Marcapomacocha, se puede mencionar que durante el mes de abril oscilan entre 239.6 UD a 245.8 UD, los cuales guardan relación con lo medido con los satélites. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son menores al mes pasado.
3. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de abril (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), para el caso de nuestro país, muestran concentraciones que oscilan entre 250 UD a 275 UD durante la primera semana del mes en todo país, mientras que en la segunda y tercera semana del mes las concentraciones de ozono disminuyeron, especialmente en la región sur del país con valores de 225 UD a 250 UD por invasión de masas de aire provenientes del este.
4. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que hasta el mes de abril del presente año los valores continuaron por debajo de su normal climatológica durante todo el mes. En promedio su normal climática es de aproximadamente -74.5°C , pero resulta que en este mes registró un valor promedio de -76.0°C aproximadamente, valor físico por debajo de su normal en 1.5°C , lo cual nos hace pensar que a nivel de alta atmósfera (baja estratósfera), la concentración de ozono continua absorbiendo menos radiación ultravioleta, lo cual permite su enfriamiento.
5. Se requiere disponer de información de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de determinar la variabilidad en el comportamiento del ozono en sus diferentes capas y relacionarlos con los procesos de transferencia radiativa que se puedan estar dando sobre nuestro país.

Dirección de Meteorología y evaluación Ambiental Atmosférica:

Ing. Gabriela Rosas Benancio

grosas@senamhi.gob.pe

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:

Ing. Jhojan Rojas Quincho

jpojas@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 2019



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

Jr. Cahuide 785, Jesús María

Lima 11 - Perú

Central telefónica: [51 1] 614-1414

Subdirección de Evaluación del Ambiente

Atmosférico: [51 1] 470-2867 anexo 444

Consultas y sugerencias:

occora@senamhi.gob.pe