

Julio 2019  
vol. 07

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



# Introducción

La existencia de vida en la tierra depende de un modo fundamental de la radiación solar, en particular de la cantidad de radiación ultravioleta (UV) que incide sobre los organismos vivientes. En las últimas décadas, debido al aumento del uso de fertilizantes nitrogenados y el empleo masivo de fluorocarbonos (CFC) el espesor de la capa de ozono que es nuestro protector natural de la radiación UV ha ido disminuyendo continuamente.

En nuestro país las personas de piel blanca están mucho más expuestas al peligro del sol y a desarrollar cáncer. El ser más sensible a la radiación se puede determinar a simple vista, ya que, basta con fijarse cuál es la tendencia al broncearse, lo que quiere decir que si la piel se pone muy roja es más vulnerable a la radiación ultravioleta.

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 CO<sub>2</sub> 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<sup>-9</sup> 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.

El mes de julio se caracteriza porque la región sur del país (sierra y selva) es afectada por incursiones de frentes fríos provenientes de latitudes medias. Esta incursión de masa de aire polar fría y seca, conocida como “Friaje”, ocasiona descensos bruscos de la temperatura del aire de hasta 15°C en solamente horas. Cabe mencionar que los sistemas atmosféricos también propician la ocurrencia de otros eventos fríos como heladas y nevadas durante el mes. Por otro lado, el sistema denominado Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se intensifica registrando presiones más elevadas en su núcleo, y adopta una forma meridional. En ocasiones, este gran sistema se disgrega y se forman las llamadas “Altas Migratorias”. Estas formaciones dinámicas se desplazan de sur a norte y fortalecen a los frentes fríos que incursionan en el territorio peruano.

En niveles altos de la atmósfera (a nivel de 70 hPa) se ha continuado observando (según el Modelo GFS) vientos provenientes del oeste y noroeste, lo cual ha permitido un mayor traslado de masas de aire con contenido de ozono desde el hemisferio norte trayendo como consecuencia el registro de concentraciones relativamente altas de ozono sobre nuestro país (Figura 2). En niveles altos de la tropósfera (límite con la estratósfera baja) el sistema denominado Alta de Bolivia completamente deja de tener influencia meteorológica dado de que los vientos provienen totalmente del oeste a partir de los 8° S hacia mayores latitudes, mientras que entre 0° - 8°S los flujos de viento son del noroeste, lo cual en cierta manera trasladan una cantidad de ozono atmosférico hacia nuestro país.

Del monitoreo realizado en el mes de julio 2019 en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario en general, estuvo oscilando entre 238.0 UD y 247.2 UD.

En las primeras horas del día las concentraciones de ozono son 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).

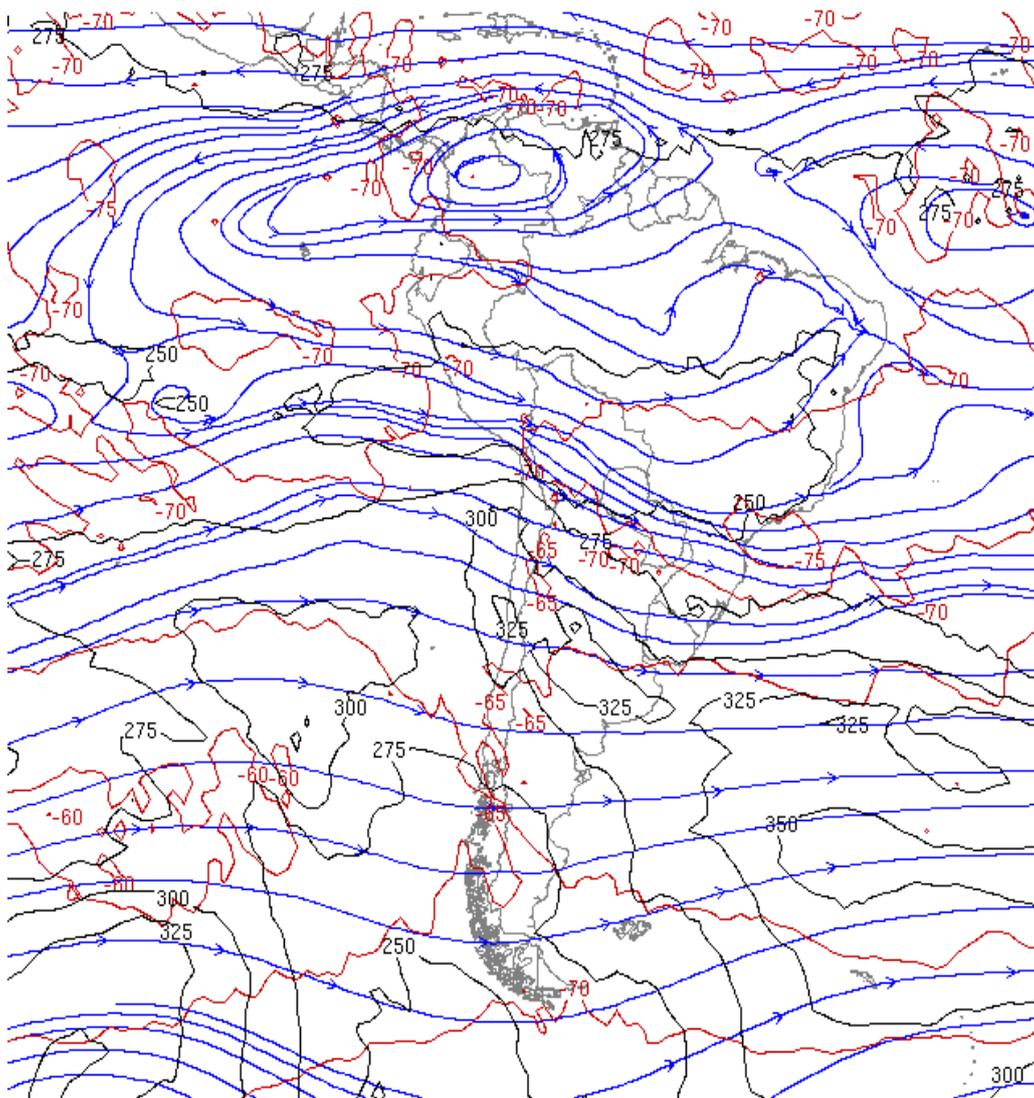
Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja y por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, permite una reducción 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 a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono). Un punto importante es el proceso de formación y destrucción del ozono por efectos fotoquímicos que aunados a los efectos de emisión de otros gases permiten un mayor agotamiento del ozono.

**FIGURA N° 2**

**Flujo de masas de aire provenientes del oeste. 24 de julio 2019**

Temperature [C] | Total ozone [DU]



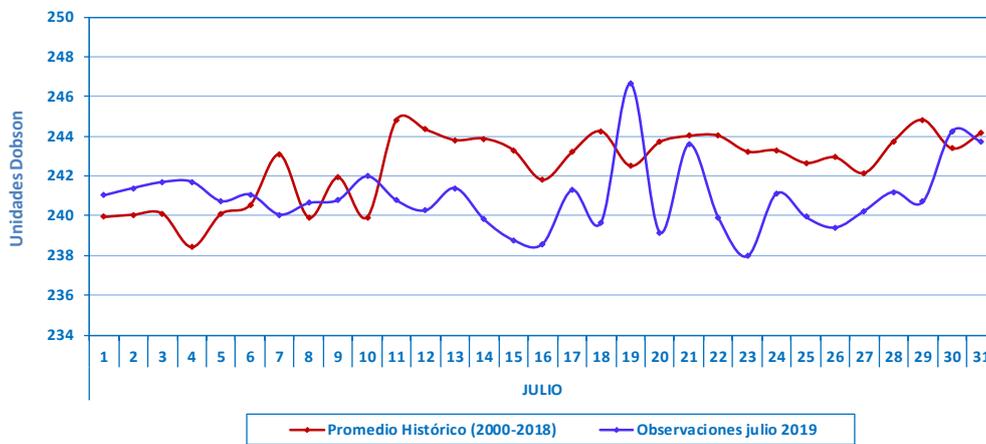
University of Wyoming

0 Hour 70 hPa Forecast Valid 18Z Wed 24 Jul 2019

En cuanto al comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual de julio oscila entre 238.4 UD y 244.8 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de julio 2019, oscilan entre 238.0 UD y 246.7 UD. En la figura se aprecia que la información de ozono durante este periodo no tiene mucha similitud dado de que existe mucha dispersión entre ambas series de información, lo cual nos da a entender que existe gran variabilidad en el comportamiento temporal del ozono en esta temporada.

### FIGURA N° 3

**Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la estación VAG Marcapomacocha. Mes de julio 2019**



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. 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 241.0 UD. menor en 2.2 UD al promedio mensual multianual.

Durante los meses de verano en la región tropical se forma y destruye más ozono por efecto de la mayor intensidad de la radiación ultravioleta, 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

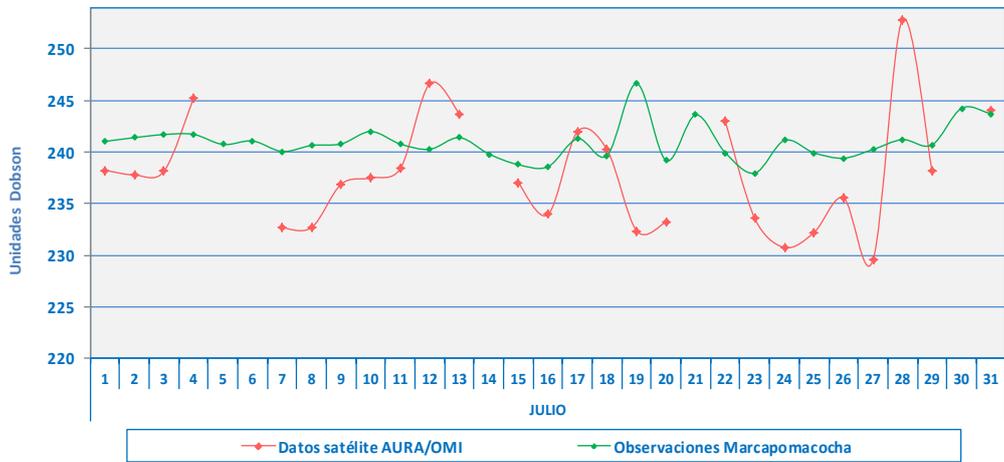
Brewer-Dobson), que permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas. Por otro lado en la estación de invierno se observa un mayor ingreso de ozono hacia nuestras latitudes permitiendo que las concentraciones se incrementen.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) con lo registrado en superficie, se puede observar un gran desfase entre ellos. Durante prácticamente el 58% de días del mes de julio los valores de ozono diario medidos con el Espectrofotómetro Dobson se encontraron por encima de lo registrado por el satélite AURA/ OMI. Ver figura 4.

De este análisis podemos decir que, en este mes, el OMI muestra valores de ozono menores a lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, hasta con diferencias a veces, de 10 UD. Es importante notar una cierta tendencia a mantener valores de ozono con muy poca variabilidad en el tiempo, para el caso de los medidos en superficie.

**FIGURA N° 4**

**Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite durante julio 2019**

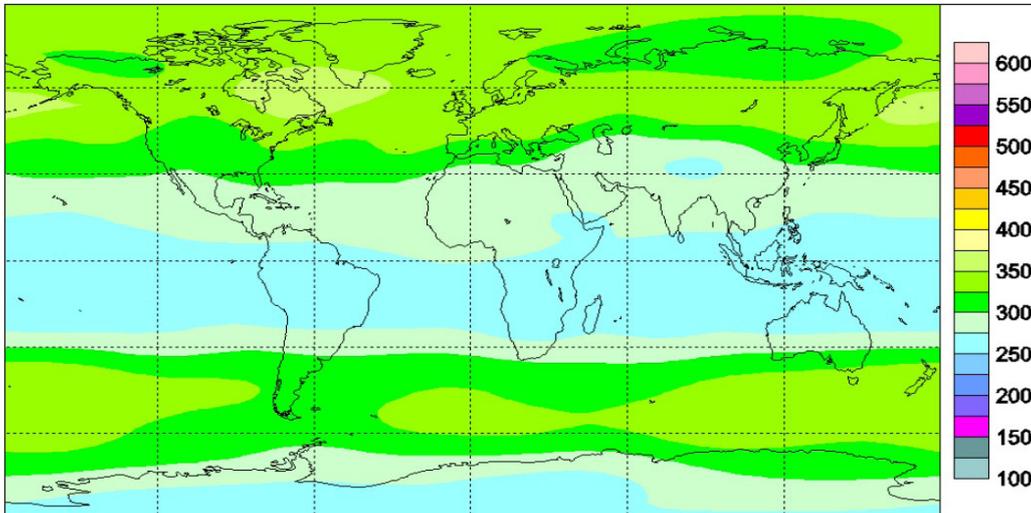


En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

- En la Figura 5 se observa el mapa climático (1978 - 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de julio, donde se sigue mostrando una mayor amplitud de concentraciones altas a nivel global, entre las latitudes 30°S - 15°N mayormente, con valores entre 250 UD - 275 UD. Según el mapa, nuestro país, se encuentra considerado con concentraciones de ozono altas.

**FIGURA N° 5**

**Mapa Climático de ozono total atmosférico (1978 – 1988) para el mes de julio 2019**

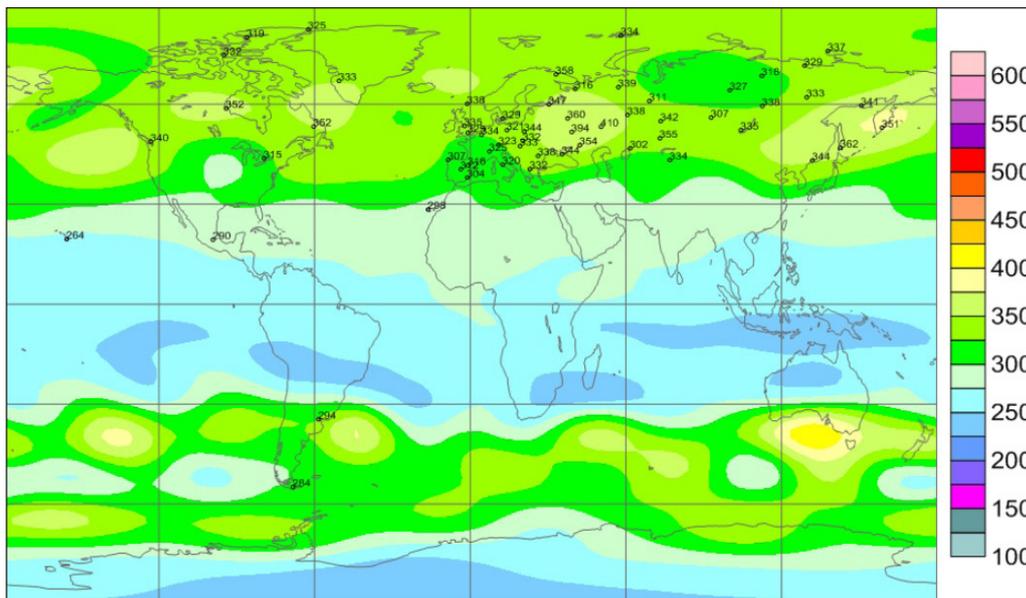


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En la Figura 6 se observa el mapa mensual global correspondiente al mes de julio de 2019 y en ella se muestra una mayor variabilidad con el mapa climático, donde la región central de América del Sur (al igual que en el mes pasado), tiene concentraciones de ozono bajas cuyos valores oscilan entre 225 UD - 250 UD. Tal como se muestra en la figura, la región sur de nuestro país aunque se encuentra con concentraciones bajas, pero a nivel de mediciones en superficie muestra un incremento, pero menores a 250 UD.
- Asimismo, se debe mencionar que en latitudes medias del Hemisferio Sur se observan concentraciones de ozono altos debido a la subsidencia de masas de aire ricos en ozono provenientes de latitudes bajas (Circulación Brewer-Dobson). Las concentraciones de ozono están en el orden de los 300 UD a 375 UD, mientras que hacia latitudes altas las concentraciones son bajas en el orden de los 225 UD. En el Hemisferio Norte, a partir de los 30° N hacia el polo, las concentraciones de ozono son bastante altas con valores que oscilan entre 300 UD a 400 UD.

**FIGURA N° 6**

**Mapa del ozono total atmosférico para el mes de julio 2019**

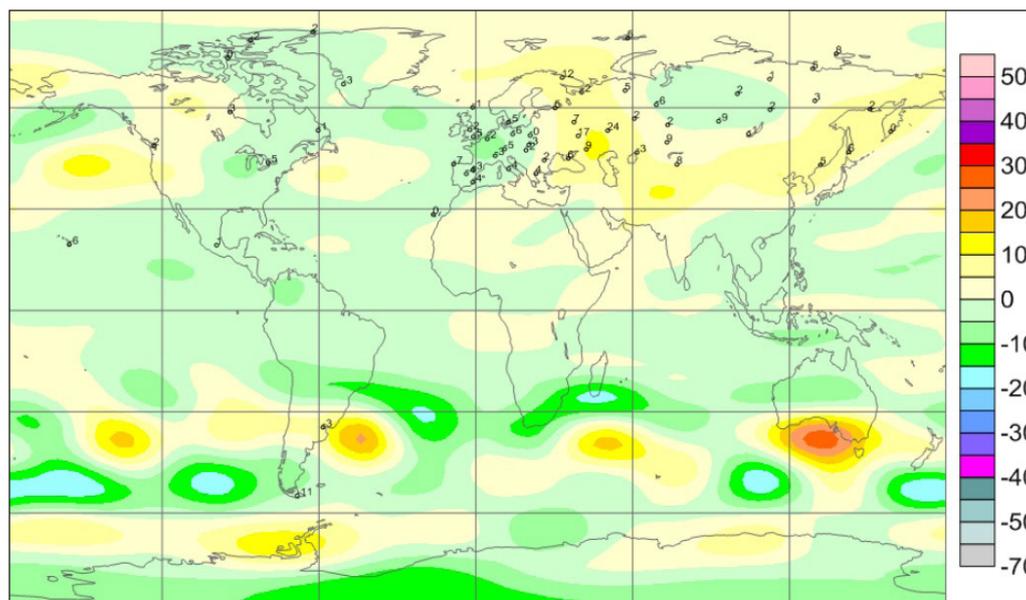


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En cuanto a la desviación media del mes, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron cercanos a sus valores normales con una desviación de -10%, especialmente en la zona sur del país, mientras que en la zona central las desviaciones fueron menores con valores de - 5%. Ver Figura 7.

**FIGURA N° 7**

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

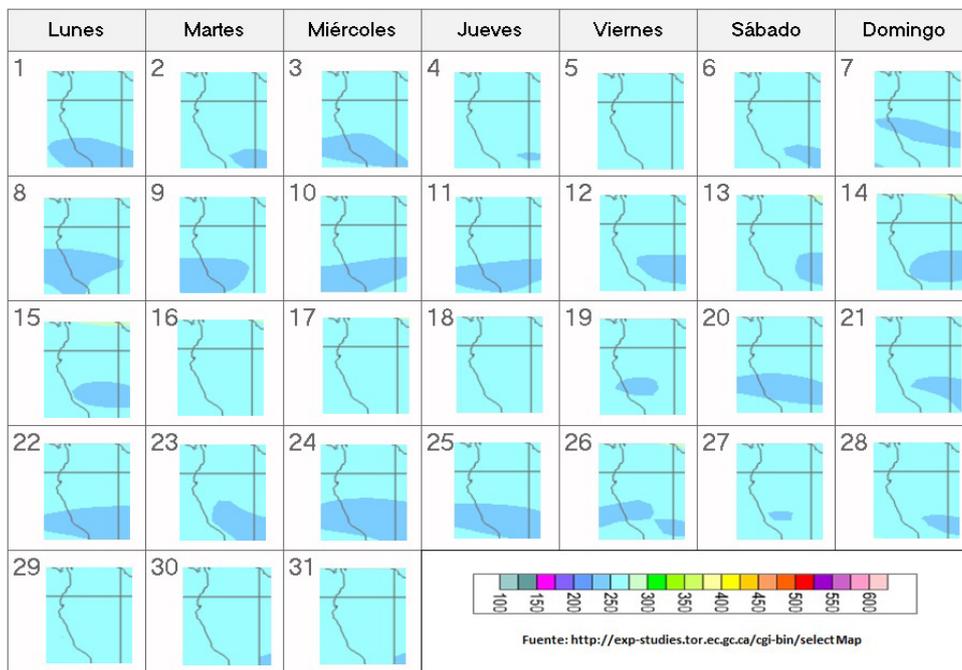


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

Del 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 Perú, las concentraciones de ozono atmosférico registrados llegaron a ser bajos en parte del país. Durante el 55% de días del mes de julio la región sur del país tuvo concentraciones de ozono entre 225 UD y 250 UD, mientras que en el resto del país las concentraciones llegaron a ser superiores con valores entre 250 - 275 UD.

**FIGURA N° 8**

**Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de julio 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 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.

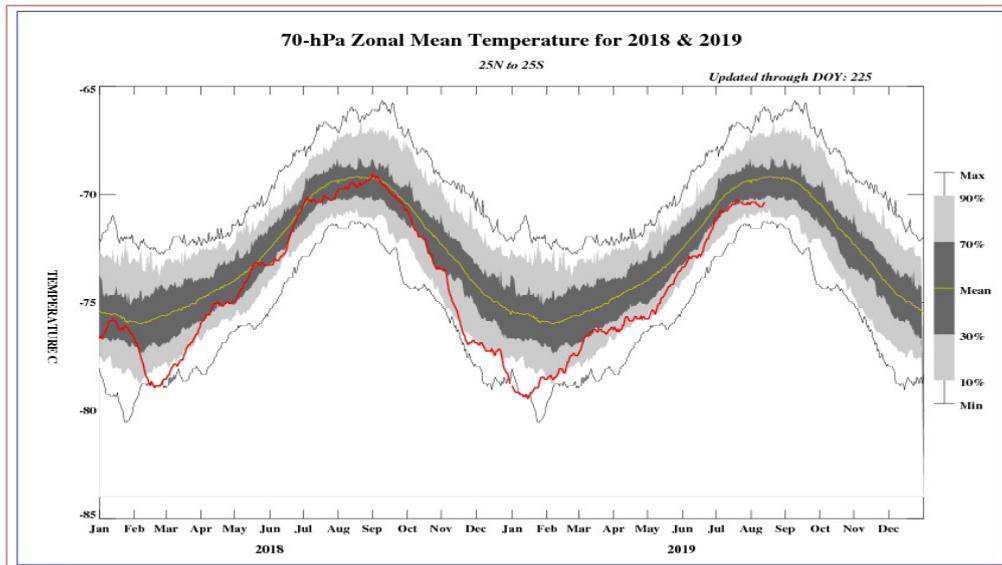
En la Figura 9 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2018 hasta el mes de julio, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo) continua al igual que en los meses anteriores, desfasado de su valor normal, pero con una tendencia a un mayor alejamiento de la misma (línea de color verde), en gran parte del mes. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel es de -70.0°C, mayor (“más cálido”) al mes de junio pero los calculados en este mes de julio, fue de -70.9°C. Durante casi todo el mes, los valores de temperatura se alejaron mucho más de sus valores normales. Este ligero incremento físico de la temperatura está permitiendo también un ligero incremento en las concentraciones de ozono atmosférico debido además de un mayor ingreso de masas de aire provenientes del hemisferio norte trasladando concentraciones de ozono hacia nuestras latitudes. Los valores de ozono medidos con el espectrofotómetro Dobson, son ligeramente mayores a las concentraciones de ozono registrados en el mes de junio.



## FIGURA N° 9

### Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de julio 2019



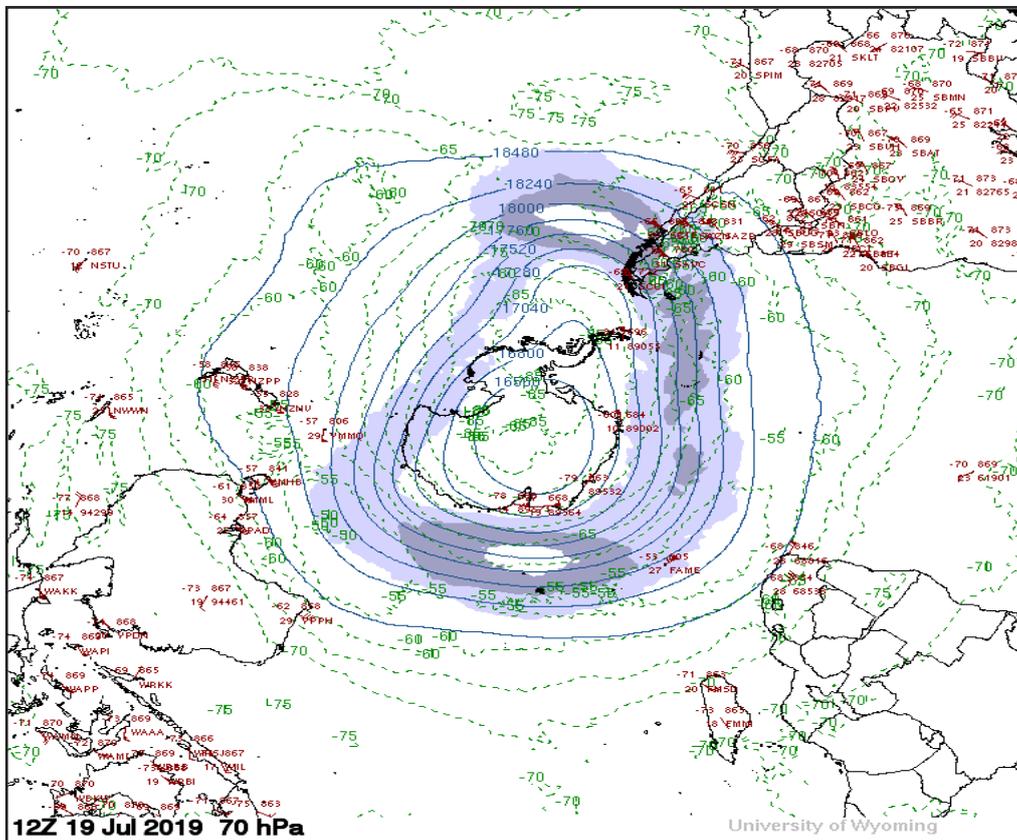
Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center (Web Site)

Anivel del comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur (Figura 10) en un día típico del mes de julio, se puede mencionar que las temperaturas en el continente antártico han registrado valores en el orden de  $-85^{\circ}\text{C}$  a  $-90^{\circ}\text{C}$  en promedio, debido a que los niveles de radiación solar disminuyen en intensidad en forma paulatina lo que permite que la temperatura en ese nivel empiece a descender mucho más que el mes pasado, debido a la posición de la tierra con respecto al sol (mayor inclinación con respecto al plano ecuatorial). Por otro lado en la región tropical o latitudes bajas las temperaturas han registrado valores relativamente mayores al mes pasado ( $-70.0^{\circ}\text{C}$  aproximadamente) generando que las concentraciones de ozono se incrementen en forma muy ligera con respecto al mes de junio.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado valores de  $-71.0^{\circ}\text{C}$ , superior a nivel de masa de aire (masa relativamente "cálida") con respecto al mes de junio. 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 (más concentración de ozono mayor calentamiento).

**FIGURA N° 10**

**Comportamiento de la temperatura en 70hPa para el Hemisferio Sur (19 de julio de 2019)**



Fuente: Universidad de Wyoming

---

### III.-CONCLUSIONES

1. El mes de julio se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono llegan a registrar valores ligeramente superiores al mes de junio y en este año 2019 según información proveniente del satélite AURA los valores de ozono han oscilado entre 253.0 UD y 230.0 UD. Esos valores según, el modelo GFS, tienen su respuesta debido a un ligero incremento de la temperatura en niveles altos de la atmósfera (estratósfera baja) así como a mayores ingresos de masas de aire con concentraciones de ozono provenientes del hemisferio norte hacia nuestras latitudes.
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono, medido con el espectrofotómetro Dobson en la Estación VAG Marcapomacocha, se puede mencionar que durante el mes de julio oscilaron entre 238.0 UD a 246.7 UD, notándose cierta variabilidad de los valores con el tiempo. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son ligeramente mayores al mes pasado.
3. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de julio (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 225 UD a 250 UD especialmente en la región sur. El que las concentraciones de ozono se hayan incrementado ligeramente en este mes se debe básicamente a la circulación atmosférica entre zonal y meridional.
4. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que hasta el mes de julio del presente año los valores continuaron por debajo de su normal climatológica durante todo el mes. En promedio su normal climática es de aproximadamente  $-70.0^{\circ}\text{C}$ , pero resulta que en este mes registró un valor promedio de  $-70.9^{\circ}\text{C}$  aproximadamente.
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](mailto:grosas@senamhi.gob.pe)

**Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:**

Ing. Jhojan Rojas Quincho

[jpojas@senamhi.gob.pe](mailto: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 setiembre 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](mailto:occora@senamhi.gob.pe)