

Enero 2019
vol. 01

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



Introducción

La capa de ozono, benigna protectora de la tierra cada día decrece, por efecto aun de las sustancias químicas hechas por el hombre, tales como los clorofluorocarbonos (CFCs). Hoy la comunidad internacional es tan solo un espectador que año a año ve como desaparece nuestra capa de ozono a través de los informes sobre su disminución y sobre comprometedores incrementos de radiación ultravioleta-B el cual acarrea daños acumulados en diversos organismos.

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.

Del monitoreo realizado durante el mes de enero 2019 en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario - diario en general, estuvo oscilando entre 237.0 UD y 245.7 UD.

La Figura 2 muestra un ejemplo típico del comportamiento horario del ozono atmosférico para un día del mes de enero. 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).

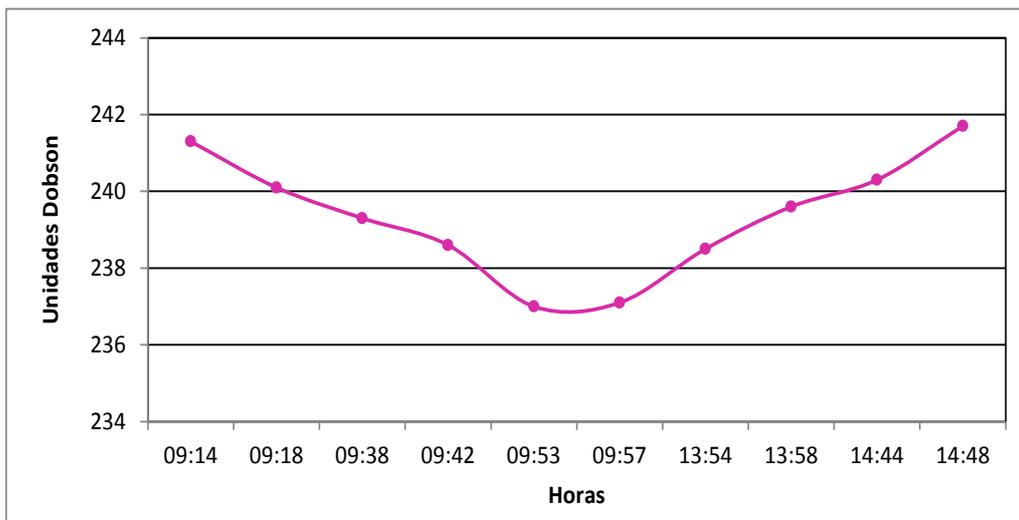
Este proceso físico, tal como se ha mencionado, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja y por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, 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).

Cabe mencionar que en este mes se estableció la estación de verano en el hemisferio sur, tiempo en el cual se observó poca actividad convectiva en la región andina norte producto de una persistencia de flujos del oeste en niveles altos de la tropósfera así como el incremento progresivo de las precipitaciones en la región andina, especialmente en la región central y sur a partir de la segunda quincena del mes, debido a la configuración estacional de la Alta de Bolivia (sistema de presión en altura) que incentiva el ingreso de flujos húmedos de la cuenca amazónica hacia la cordillera de los andes. Asimismo, las temperaturas en superficie a lo largo de la franja costera se han venido incrementando producto de algunos ingresos de vientos del norte asociados a anomalías positivas de la temperatura del agua de mar. En niveles altos de la atmósfera (a nivel de 70 hPa) es característico, en este mes, al igual que el mes pasado pero más acentuado, vientos provenientes del este (flujo zonal) y en muy pocas cantidades del noreste que han permitido el traslado de masas de aire con contenido de ozono hacia el Pacífico trayendo como consecuencia el registro de concentraciones bajas de ozono sobre nuestro país. Cabe remarcar que los sistemas atmosféricos como el APS (Anticiclón

del Pacífico Sur), zona de convergencia intertropical quedan establecidos en el hemisferio sur permitiendo que en gran parte de los días del mes, continúen presentándose buenas condiciones de tiempo principalmente en la costa peruana mientras que en la sierra se van caracterizando condiciones de alta convección para dar paso a las lluvias.

FIGURA N° 2

Comportamiento horario típico de ozono atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha 25 de enero de 2019.



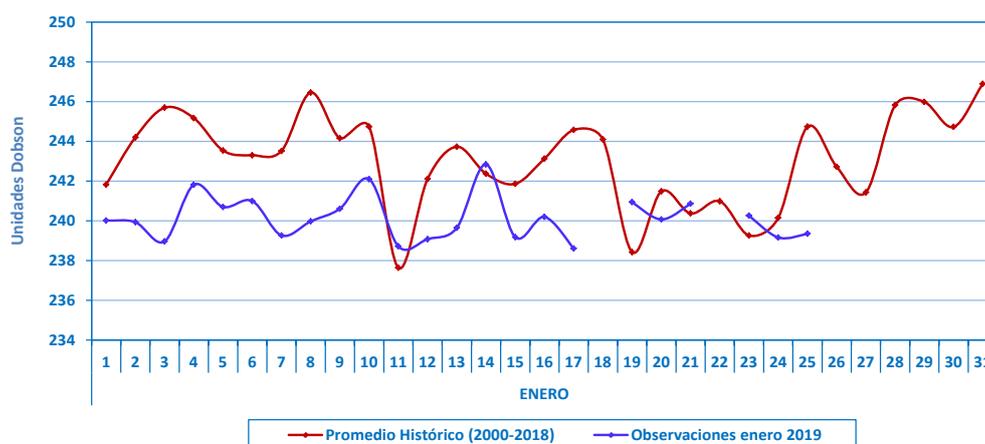
A nivel promedio diario, la concentración de ozono atmosférico estuvo oscilando entre 238.6 UD y 242.8 UD (Figura 3, línea de color azul). Se debe resaltar, que en este periodo (diario), toda la información de ozono estuvo por debajo de los 243.0 UD, valores considerados mucho menores al mes pasado, pero concordante con su climatología.

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. En el presente mes de enero el valor promedio mensual fue 240.1 UD muy inferior al mes de diciembre e igualmente inferior a su promedio histórico en 1.9 UD 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 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 el presente mes, a nivel de 70 hPa (estratósfera baja), para el caso de Perú no se han registrado aportes de ozono provenientes de otras latitudes debido a su flujo zonal.

FIGURA N° 3

Variabilidad temporal de la concentración de ozono atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha. Mes de enero de 2019.



La disminución en la concentración de ozono durante el mes de enero del presente año ha seguido la tendencia climática. En el 72% de días del mes, los valores de ozono de este mes han estado por debajo de sus promedios históricos, mientras que un 28% de datos de ozono han estado por encima, tal como se puede apreciar en la Figura. 3 (línea de color azul).

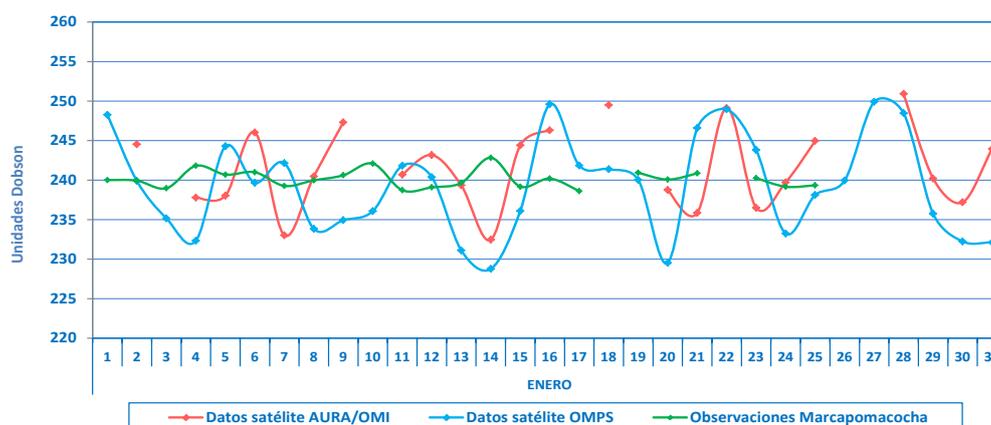
Las desviaciones negativas entre lo observado y el histórico osciló entre 1.0 UD a 7.0 UD, lo cual nos ha permitido saber que en el mes de enero se han registrado concentraciones de ozono menores comparado a su valor normal.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI con lo observado en superficie, se puede observar un desfase entre ellos. Durante el 56% de días del mes de enero los valores de ozono diario medidos con el Espectrofotómetro Dobson se encontraron por debajo de lo registrado por el satélite AURA/OMI, mientras que comparado con el satélite SUOMI se notó que el 61% de días estuvieron por encima del mismo. Ver figura 4.

De este análisis podemos decir que, en este mes, los dos satélites muestran valores de ozono menores a lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson. Es importante notar una cierta tendencia al aumento en la concentración de ozono en la estación VAG Marcapomacocha.

FIGURA N° 4

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite versus información de superficie durante enero 2019



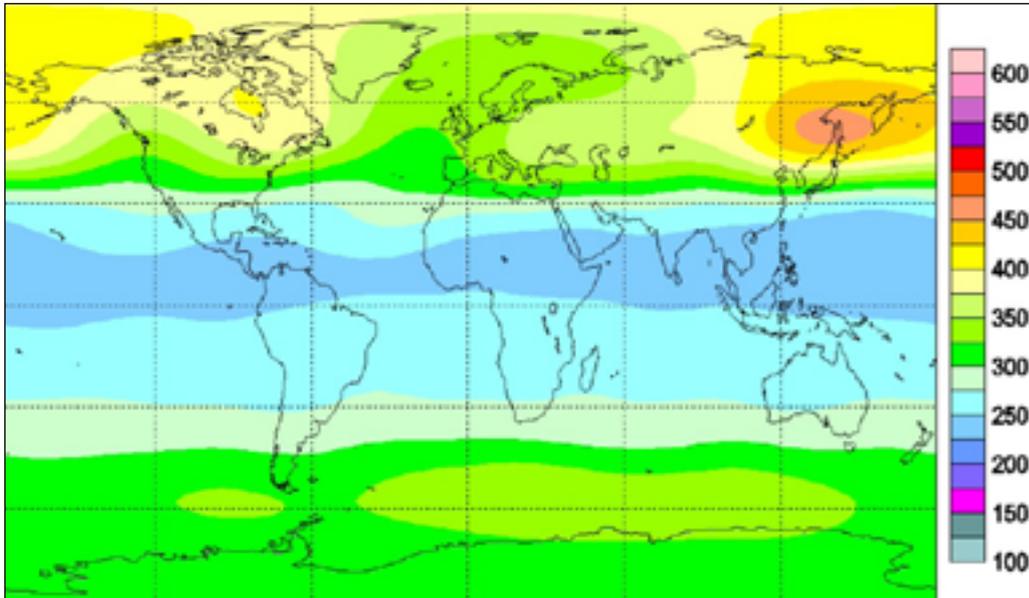
Del análisis realizado a las concentraciones de ozono en la estación VAG de Marcapomacocha considerando solo los meses de enero de 2001 hasta 2017, se ha notado una disminución de 5.0 UD, lo cual se ha traducido en que los niveles de radiación ultravioleta se mantengan Extremadamente altos en este mes, por lo menos en esta región de nuestro país, debido el efecto de la altitud y a condiciones ambientales-meteorológicos. (<http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03202SENA-37.pdf>).

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 enero, donde se muestra una mayor amplitud de concentraciones relativamente bajas a nivel global, entre las latitudes 0°- 20°N mayormente, con valores entre 225 UD - 250 UD, mientras que 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 enero

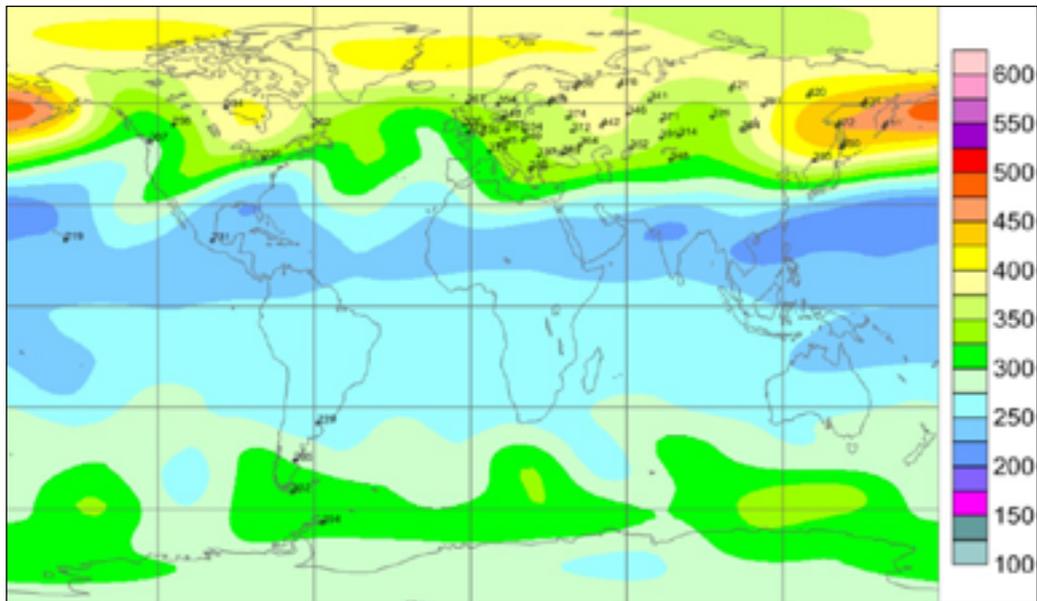


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En la Figura 6 se observa el mapa mensual global correspondiente al mes de enero de 2019 y en ella se muestra, que gran parte de América del Sur, incluido nuestro país, tiene concentraciones de ozono relativamente altas cuyos valores oscilan entre 250 UD - 275 UD. En países ubicados en el Hemisferio Norte entre 0° y 30° N las concentraciones de ozono son menores con valores que oscilan entre 225 UD a 250 UD. En países como Vietnam (zona norte), Taiwan y la zona norte de las Filipinas las concentraciones de ozono fueron mucho menores con concentraciones que oscilaron entre 200 UD a 225 UD. Asimismo en la región central de la India las concentraciones de ozono fueron también muy bajas.

FIGURA N° 6

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite versus información de superficie durante enero 2019

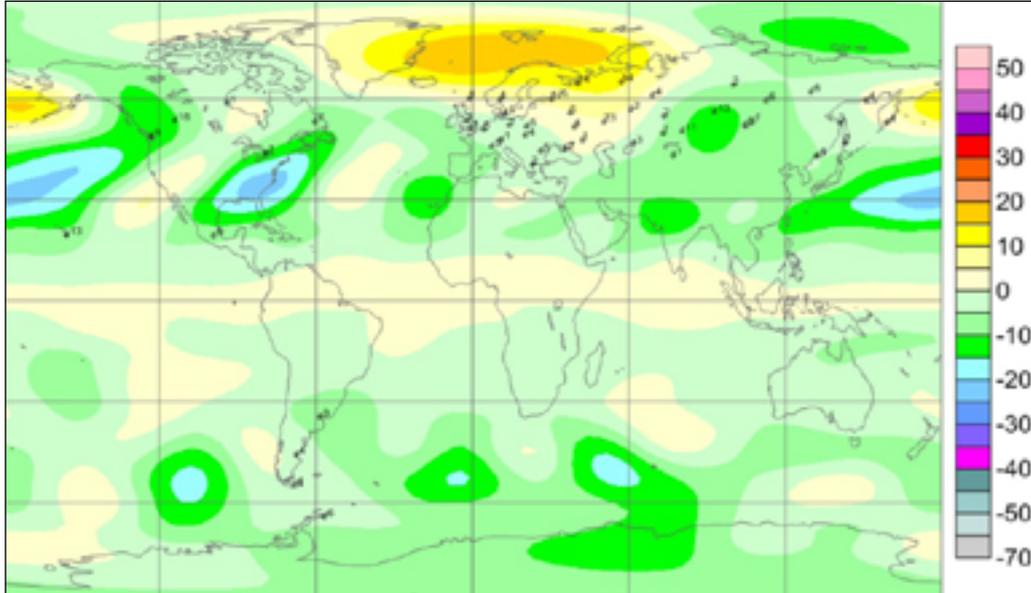


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En cuanto a la desviación media del mes, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus concentraciones normales (anomalías negativas) en gran parte del país con valores de -5%, mientras que en la región norte del país las anomalías fueron positivas con valores entre 1% a 5%. Ver Figura 7.

FIGURA N° 7

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



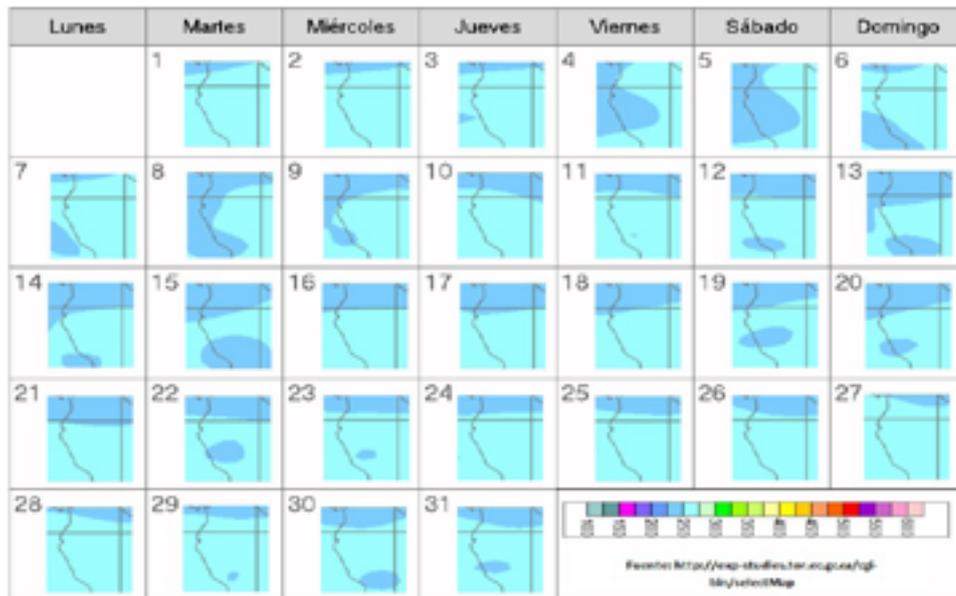
Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

Se debe recalcar que la información (datos) proveniente de los satélites AURA plataforma OMI y SUOMI, en este mes de enero, muestran generalmente concentraciones de ozono bastante variables en el tiempo comparado a lo que se registra en superficie.

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, podemos mencionar que para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico registrados llegaron a registrar menores valores con respecto al mes pasado, tal es así que los días 4 y 5 de enero se tuvo concentraciones bajas en gran parte del país, cuyos valores oscilaron entre 225 UD y 250 UD, asimismo el día 8 gran parte de la costa norte y sur fueron afectados por estas bajas concentraciones. Los días 12, 13, 14 y 15 las concentraciones bajas afectaron la región sur de nuestro país. Los días 19, 20 y 22 de enero estos valores se concentraron en la región central del país. En resumen en este mes las concentraciones de ozono marcaron un descenso en varios días.

FIGURA N° 8

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

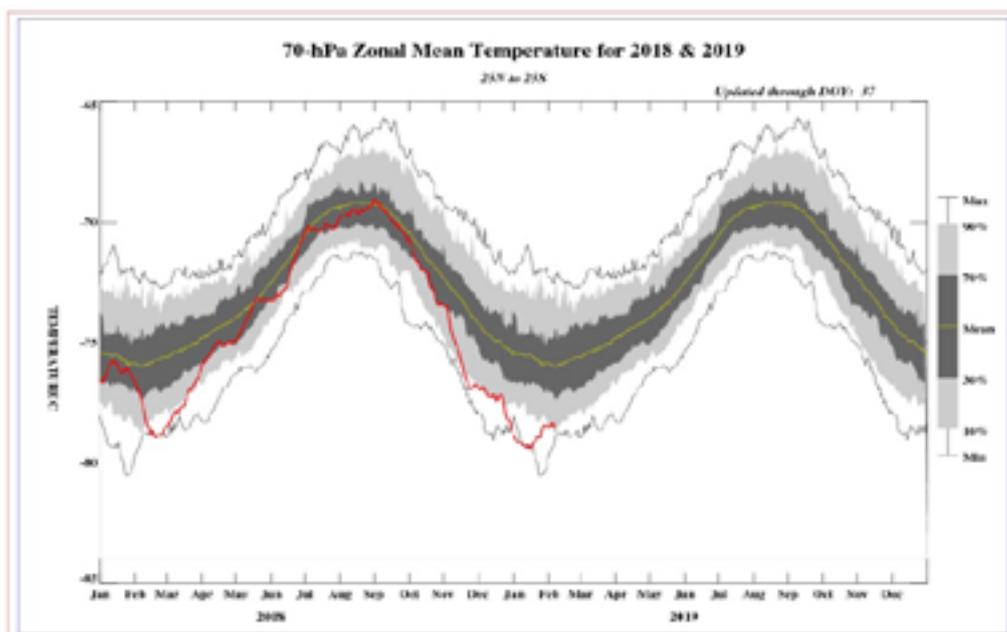
En la Figura 9 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2018 hasta el mes de enero 2019, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N.

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 (alejamiento mucho mayor que el mes de diciembre). El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel es de -75.8°C, menor ("más frío") al mes de diciembre, pero los calculados

en este mes de enero del presente año tienen un promedio mensual de -78.8°C (3.0 grados por debajo de su promedio histórico), pero fuera del segundo intervalo inferior, al 90% de su variabilidad mensual (achurado de color plomo). En la última quincena del mes los valores de temperatura tuvieron un ascenso acercándose al segundo intervalo de temperatura. Esto nos indicaría dos cosas: durante la primera quincena del mes el descenso de temperatura guarda relación con los valores climáticos pero demasiado alejado del mismo, en segundo lugar a partir de la segunda quincena del mes las temperaturas logran incrementarse dando a entender el inicio de un “mayor calentamiento del aire en ese nivel, lo cual también guardaría cierta relación con los valores climáticos del siguiente mes (aumento). En general, de acuerdo a los valores bajos de ozono registrados en superficie guarda relación con la disminución de la temperatura en ese nivel.

FIGURA N° 9

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



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

A nivel del comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur (Figura 10) en un día típico del mes de enero, se puede mencionar que las temperaturas en el continente antártico han registrado valores en el orden de -45°C a -40°C en promedio, debido al

III.-CONCLUSIONES

1. El comportamiento horario de la concentración de ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, en el mes de enero, varía desde valores altos en las primeras horas de la mañana 245.7 UD (menor al mes anterior) hasta valores bajos en horas cercanas al mediodía (245.7 UD). Este comportamiento se debería a que en las primeras horas del día la intensidad de la radiación ultravioleta es baja y por ende no habría mucha acción fotoquímica lo que se traduciría en concentraciones relativamente altas de ozono, mientras que hacia mediodía la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa (cielo nublado a cubierto) y por ende se presentan actividades fotoquímicas muy intensas, trayendo como consecuencia una disminución de la concentración de ozono.
2. A nivel de tropósfera la concentración de ozono es mucho menor que en la estratósfera, pero en las primeras horas del día debido a los efectos residuales generados el día anterior (ozono acumulado), permite que se incremente (aunque en pocas cantidades) la concentración de este gas en esas horas. En horas de la tarde ocurre el mismo proceso debido a la disminución de la radiación solar (aumento de la concentración de ozono atmosférico).
3. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono, se puede mencionar que durante este mes de enero osciló entre 238.6 UD a 242.8 UD (valor mínimo menor al mes de diciembre en 5.0 UD y valor máximo también menor al mes anterior en 8.0 UD). Estos valores, comparados con el promedio diario multianual, podemos determinar que son bajos, en el orden de 2.0 UD aproximadamente. La presencia de sistemas propios de la estación astronómica de verano (mayores flujos zonales de este a oeste a nivel de 70 hPa) ha permitido estas disminuciones en la concentración de ozono atmosférico en nuestro país.
4. La información de ozono proveniente del satélite AURA plataforma OMI y del SUOMI, en este mes de enero, estuvieron en gran parte del mes bastante variables comparados a lo registrado en la estación VAG Marcapomacocha. La respuesta o la tendencia de la concentración de ozono medido con el equipo Dobson ha sido una disminución.
5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de enero (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 durante varios días, especialmente en la región sur y norte del país, lo cual guardaría relación con lo observado

en superficie, mientras que en el resto del país las concentraciones han oscilado entre 250 UD - 275 UD.

6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que hasta el mes de enero del presente año los valores continuaron muy por debajo de su normal climatológica durante todo el mes. En promedio su normal climática es de aproximadamente -75.8°C , pero resulta que en este mes registró un valor promedio de -78.8°C aproximadamente, valor físico por debajo de su normal en 3.0°C , lo cual nos hace pensar que a nivel de alta atmósfera (baja estratósfera), la concentración de ozono continua absorbiendo menos radiación ultravioleta.
7. 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 marzo 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

