

Foto: NASA



Capa de ozono

La disminución de la capa de ozono constituye un problema global respecto al cual Chile es particularmente vulnerable, debido a su ubicación geográfica cercana al Ecuador y al Agujero de Ozono Antártico (AOA). La capa de ozono es la zona de la estratósfera, entre 15 y 40 km de altura aproximada sobre la superficie terrestre, que concentra más del 90% del ozono, siendo mayor en la cercanía de los polos y menor en torno al Ecuador, en respuesta al comportamiento de los vientos en la estratósfera. Actúa como un escudo protector de la radiación ultravioleta (UV), especialmente la ultravioleta B (UVB - onda media). Cuando esta capa se debilita, la radiación UV aumenta, provocando efectos dañinos. En humanos, la exposición a incrementos de radiación UV aumenta los riesgos de cáncer de piel, de cataratas y debilita el sistema inmunológico. Asimismo, puede disminuir el crecimiento de plantas y afectar a organismos unicelulares y sistemas acuáticos.

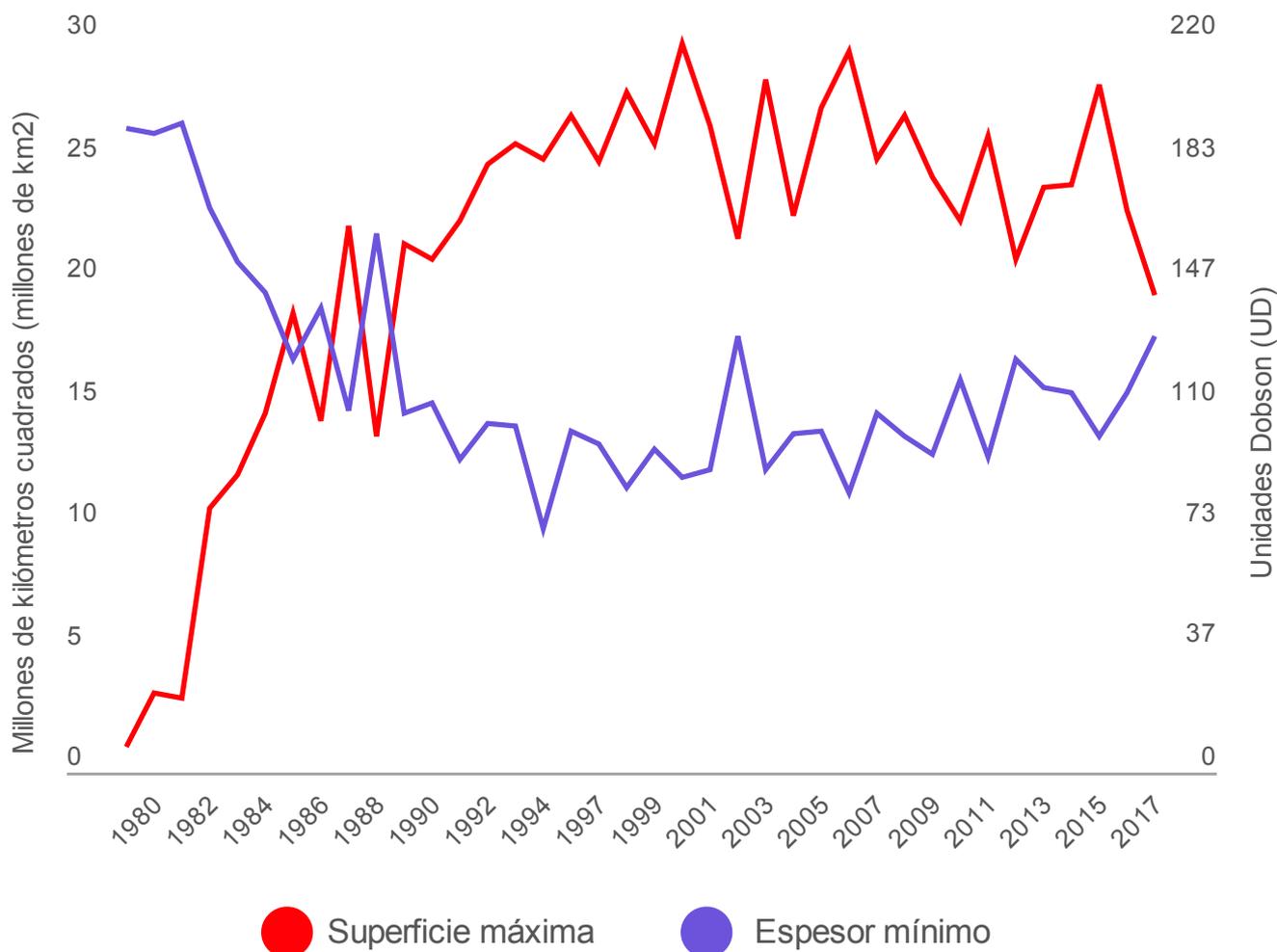
El agotamiento de la capa de ozono se produce debido al uso antrópico de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO). Expertos estiman que si se cumplen las obligaciones de reducción y eliminación de SAO comprometidas por los países en el Protocolo de Montreal, la capa de ozono recuperaría sus niveles de los años 70 en el hemisferio sur hacia el año 2065.

Chile ha cumplido de forma exitosa su compromiso con los calendarios de reducción y eliminación de SAO. Para contribuir con esta obligación, desde 2006 entró en vigor la Ley N° 20.096 ("Ley de Ozono") que establece mecanismos de control aplicables a todas las SAO y medidas de difusión, evaluación, prevención y protección frente a la radiación ultravioleta. Además, ha desarrollado otras regulaciones, decretos y resoluciones con ese objetivo. En 2015 se adoptó la Enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal para la reducción de los hidrofluorocarbonos (HFC), iniciando desde ya el país acciones que en primera instancia permiten medir la producción y consumo nacional de HFC.

I-O1. SUPERFICIE MÁXIMA Y MÍNIMO DE ESPESOR DEL AGUJERO DE OZONO ANTÁRTICO

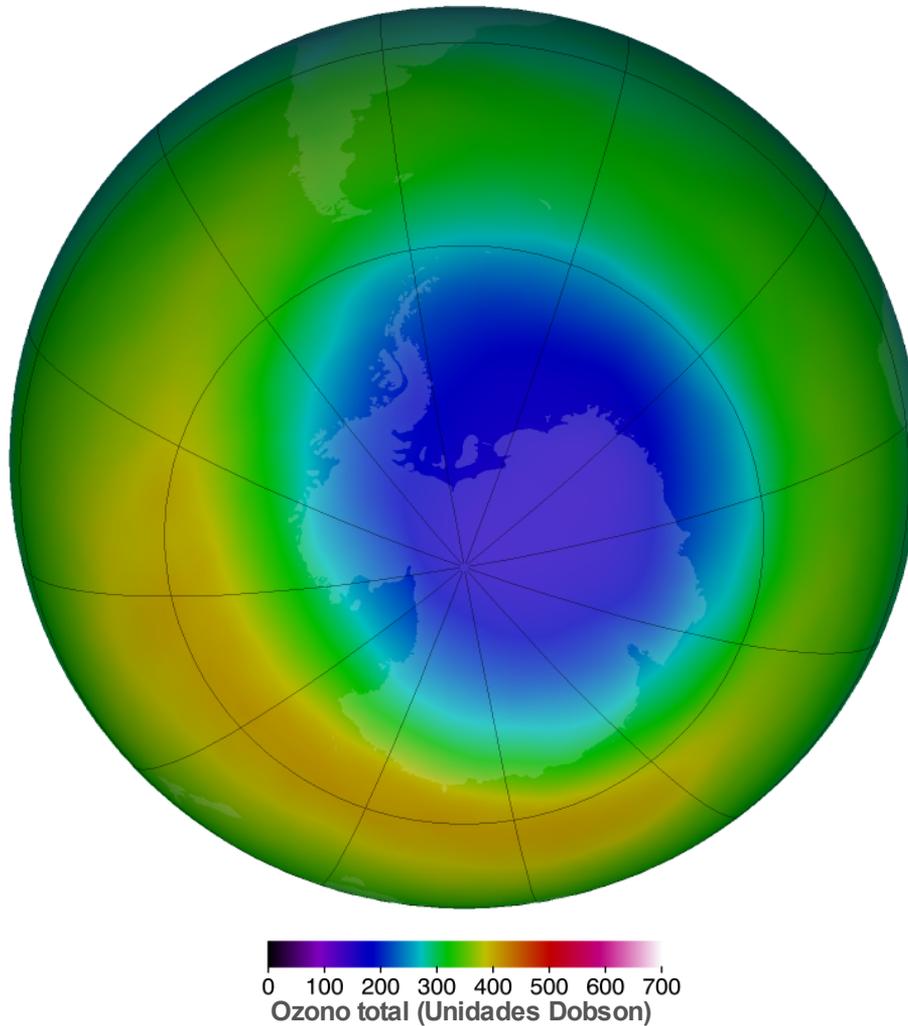
Entre 1979 y 2017 la superficie del Agujero de Ozono Antártico (AOA) ha aumentado desde 1 a 19,6 millones de km² y su espesor mínimo ha disminuido desde 194 a 131 Unidades Dobson (UD). Entre 1980 y 2000 se observa el deterioro más dramático del AOA, sin embargo, luego las series muestran una estabilización, e incluso una tendencia de recuperación del AOA a partir del 2006, aunque con significativas variaciones interanuales.

Superficie máxima y mínimo de espesor del Agujero de Ozono Antártico, 1980-2017



Fuente: Elaboración propia en base a datos de NASA proporcionados por DMC, 2018

Agujero de Ozono Antártico, octubre de 2017



Fuente: NASA, 2018

Descripción	Evolución de la superficie máxima (millones de km ²) y mínimo espesor (Unidades Dobson) del Agujero de Ozono Antártico (AOA).
Metodología	El Agujero de Ozono Antártico (AOA) corresponde a un adelgazamiento de la capa de ozono sobre la Antártica, debido a la combinación de: bajas temperaturas de esta zona de la atmósfera, la presencia de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO) que libera el hombre, y la radiación solar; que en conjunto favorecen reacciones destructivas del ozono. La superficie del AOA corresponde al área que cubre este fenómeno, en millones de km ² . El AOA se define, por convención, como la zona en la cual el espesor de la capa de ozono (columna total de ozono) es igual o inferior a 220 Unidades Dobson (UD). La UD equivale a 0,01 mm en condiciones normales de presión y de temperatura (1 atm y 0 °C, respectivamente), expresado en número de moléculas. El mínimo de la columna de ozono total corresponde al espesor mínimo registrado de la capa de ozono, expresado en UD, en una fecha determinada.
Fuente de los datos	NASA, Ozone Hole Watch, 2018

I-02. COLUMNA DE OZONO EN CIUDADES Y LUGARES SELECCIONADOS DEL PAÍS

Al comparar el promedio del periodo 1978-1987 (sin influencia del AOA) con el año 2017, se observan disminuciones del espesor de la Capa de Ozono sobre todos los lugares del país. Esta variación difiere según lugar y estación del año. En las localidades más australes, donde el AOA influencia los valores de primavera y verano, se observan mayores variaciones estacionales, lo cual evidencia la particular vulnerabilidad de Chile frente a este fenómeno.

Columna de ozono en ciudades y lugares seleccionados del país (unidades Dobson), 1978-1987 Y 2017

	Invierno			Otoño			Primavera			Verano		
	1978-1987	2017	% var.									
Arica	265	260	-1,9	257	255	-0,7	276	272	-1,4	263	255	-3,0
Iquique	276	260	-5,8	261	255	-2,3	288	272	-5,5	268	253	-5,6
Copiapó	292	278	-4,8	267	259	-2,9	302	283	-6,2	274	258	-5,8
Valparaíso - Santiago	309	298	-3,6	273	275	0,7	317	312	-1,6	281	270	-3,9
Concepción	324	309	-4,6	280	275	-1,8	333	324	-2,7	288	274	-4,9
Valdivia - Puerto Montt	331	320	-3,3	287	277	-3,5	346	333	-3,7	296	279	-5,7
Punta Arenas	331	314	-5,1	301	288	-4,3	365	336	-7,9	318	306	-3,8
Aysén	334	321	-3,9	294	277	-5,9	357	338	-5,3	305	284	-6,9
Base Frei - Antártica	321	297	-7,5	305	282	-7,5	363	291	-19,8	323	307	-4,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos de NASA proporcionados por DMC, 2018

Descripción	Evolución de la columna de ozono (espesor de la capa de ozono medida en Unidades Dobson) sobre ciudades y lugares seleccionados del país según estaciones del año y distintos periodos de tiempo.
Metodología	La metodología para definir una ola de calor utiliza los criterios propuestos por la Organización Meteorológica Mundial. Se incluye el promedio de la columna de ozono de la serie 1978 a 1987, que corresponde a un período sin la influencia del Agujero de Ozono Antártico (AOA), y además el promedio de años recientes. A su vez, se ha subdividido cada período de acuerdo a las cuatro estaciones del año, debido fundamentalmente a la variación estacional que muestra la capa de ozono, con valores mínimos durante el otoño-invierno y máximos en primavera-verano.
Fuente de los datos	NASA, datos del Instrumento de Monitoreo de Ozono (OMI) del satélite AURA, 2018.

I-O3. ÍNDICE UV-B MÁXIMO EN CIUDADES Y LUGARES DEL PAÍS

La radiación ultravioleta UV-B es un problema preocupante en nuestro país. En general, en el periodo 2000-2017, las 15 regiones del país han alcanzado valores extremos de riesgo de exposición a la radiación UV-B. Sin embargo, el año 2017 se registra una leve mejora en la ciudad de La Serena, región de Coquimbo (riesgo muy alto) y en la base Antártica Eduardo Frei en la región de Magallanes y La Antártica Chilena (entre muy alto y moderado según zona), quedando así este año 13 regiones en riesgo extremo.

Descripción	Indicador que muestra los niveles máximos de intensidad de radiación ultravioleta, expresado cómo el índice UV-B máximo registrado en meses de verano en ciudades y lugares de las 15 regiones del país.
Metodología	El índice UV-B es una medida de intensidad de radiación ultravioleta sobre la superficie de la tierra, durante la hora de máxima radiación. Su valor se expresa en una escala de 0 a 11 ó + según Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Meteorológica Mundial (OMM) Cuanto más alta es la intensidad, mayor el riesgo de exposición. Los valores de intensidad se dividen en 5 categorías de exposición (extremo, muy alto, alto, moderado y bajo).
Fuente de los datos	Dirección Meteorológica de Chile (DMC), 2018.



Foto: Juan Pablo Ahumada

Índice UV-B máximo en ciudades y lugares del país, 2000-2017



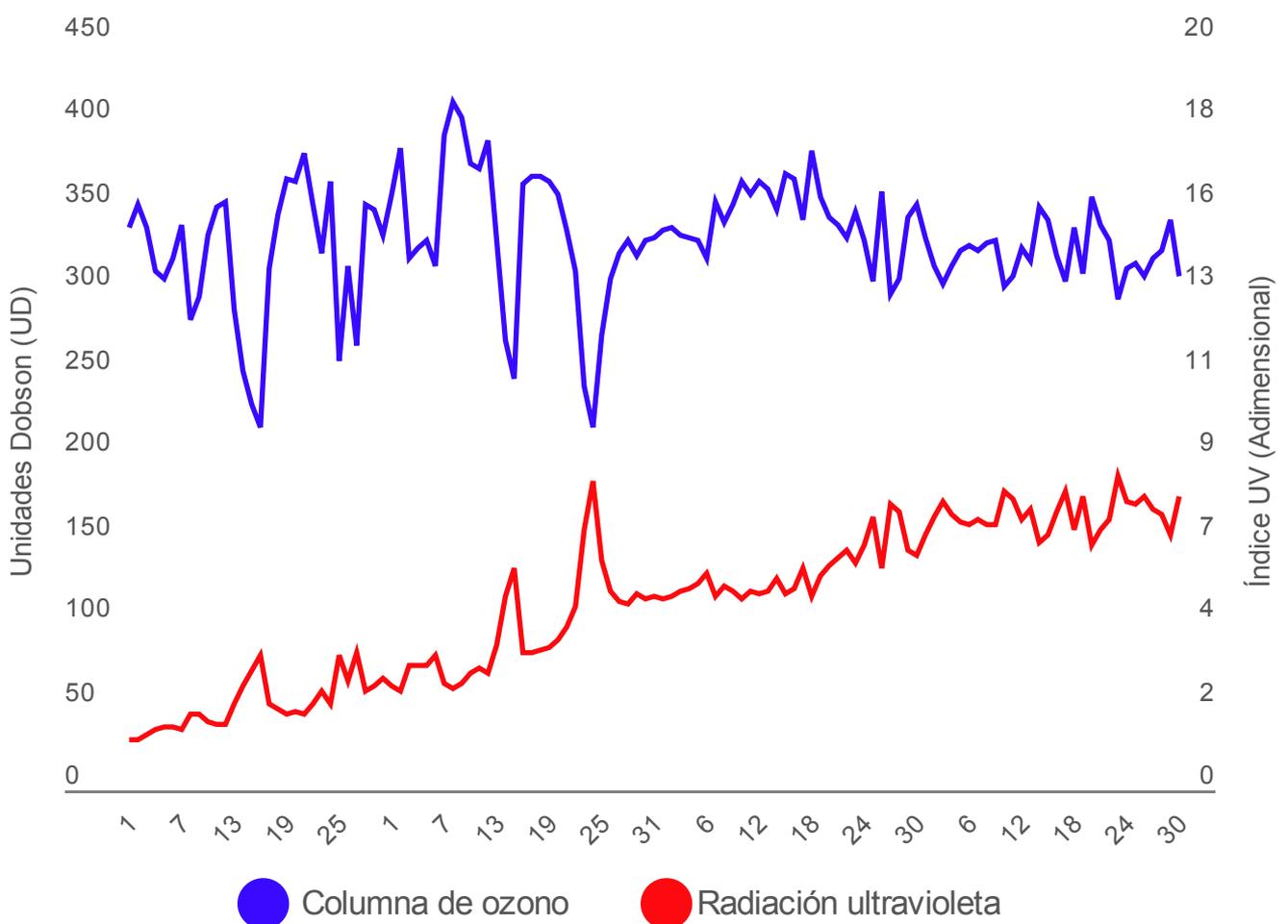
Fuente: Elaboración propia, en base a DMC, 2018.

Intensidad de radiación UV-B																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Índice UV-B	Riesgo de exposición	Recomendaciones																		
11 o más 8 a 10 6 a 7	<ul style="list-style-type: none"> ■ Extremo ■ Muy Alto ■ Alto 	Protección máxima, evitar radiación de medio día; usar ropa adecuada;																		
3 a 5	■ Moderado	Requiere porteccción; evitar radiación de medio día; usar ropa adecuada; si debe estar al sol, buscar la sombra y usar filtro solar																		
1 a 2	■ Bajo	No requiere protección																		

I-O4. COLUMNA DE OZONO Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (ÍNDICE UV) EN PUNTA ARENAS

La evolución diaria de la columna total de ozono (espesor de la capa de ozono en unidades Dobson) y el índice de radiación ultravioleta (IUUV) en la austral ciudad de Punta Arenas, entre los meses de septiembre a diciembre de 2017, muestra que el AOA se posicionó durante varios días sobre esta zona del país, observándose marcadas disminuciones de la capa de ozono y aumentos de radiación ultravioleta en octubre.

Columna de ozono y radiación ultravioleta (índice UV) en Punta Arenas, 2017



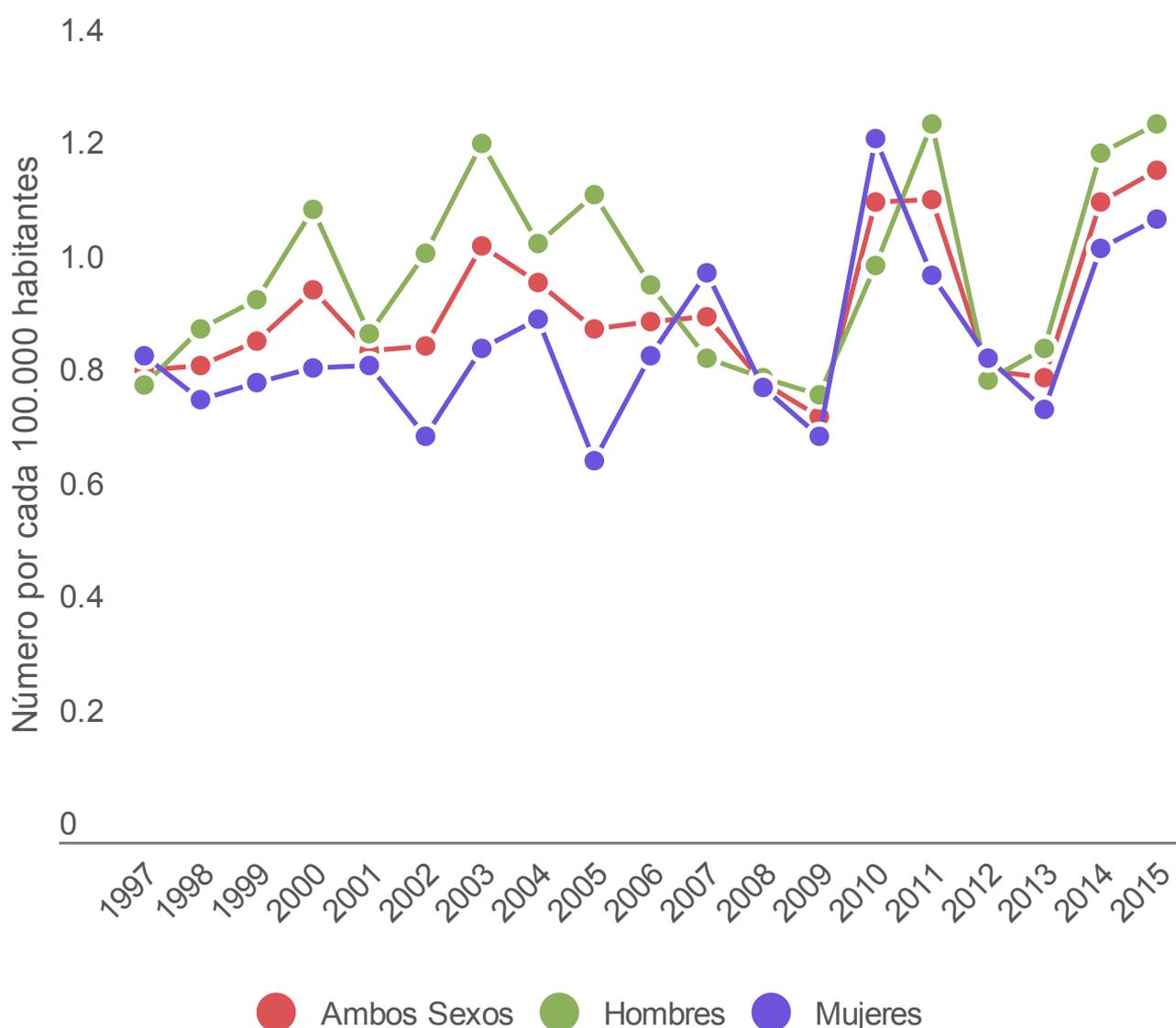
Fuente: Elaboración propia en base a TEMIS - European Space Agency (ESA), 2018

Descripción	Evolución de la columna de ozono (espesor de la capa de ozono medida en Unidades Dobson) sobre ciudades y lugares seleccionados del país según estaciones del año y distintos periodos de tiempo.
Metodología	Las variables columna de ozono y radiación UV (índice UV) son elaboradas a partir de los datos satelitales del Instrumento de Monitoreo de Ozono (OMI).
Fuente de los datos	European Space Agency (ESA), Tropospheric Emission Monitoring Internet Service, 2018.

I-O5. TASA DE MORTALIDAD POR MELANOMAS MALIGNOS DE LA PIEL A NIVEL NACIONAL

En el periodo 1997-2015 se observa una leve tendencia al alza en la tasa de mortalidad por melanoma maligno de la piel a nivel nacional, alcanzando el 2015 el valor más alto del periodo (1,18 por cada 100.000 habitantes) en el total de ambos sexos, lo que implica 213 defunciones. Para hombres la tasa fue 1,27 y 1,10 en las mujeres, lo cual representa alrededor de 113 y 100 defunciones, respectivamente ese año último. Se observa que 9 de las 15 regiones del país han visto aumentada su tasa de mortalidad en el periodo y cinco superan la tasa nacional el 2015.

Tasa de mortalidad por melanomas malignos de la piel a nivel nacional, 1997-2015



Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Salud, 2018.

Tasa de mortalidad por melanomas malignos de la piel a nivel regional (número por cada 100 mil hab), 2000 - 2015

Regiones	2000	2015	Cambio 2000 - 2015
Arica y Parinacota	0	0,836	0,836
Tarapacá	0	0,594	0,594
Antofagasta	0,198	0,482	0,284
Atacama	1,537	0	-1,537
Coquimbo	0,976	2,075	1,099
Valparaíso	1,088	1,588	0,5
Metropolitana	0,988	1,244	0,256
O'Higgins	1,382	1,306	-0,076
Maule	1,622	0,767	-0,855
Biobío	0,949	0,993	0,044
Araucanía	1,016	1,718	0,702
Los Ríos	0,276	0	-0,276
Los Lagos	0,683	1,07	0,387
Aysén	0	0	0
Magallanes	1,305	0	-1,305

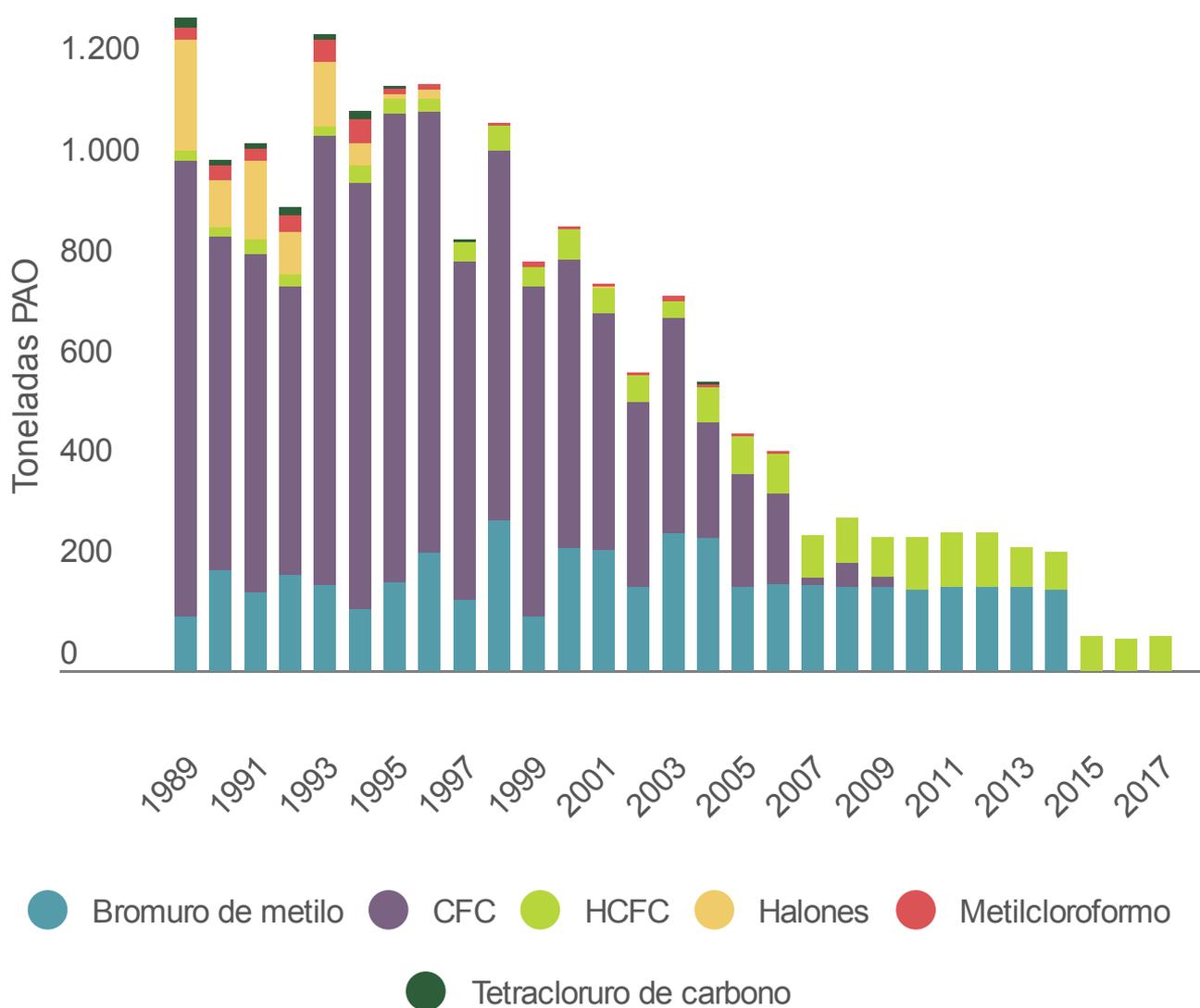
Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Salud, 2018.

Descripción	Evolución en el tiempo de de la tasa de mortalidad por cáncer de melanoma maligno de la piel, el cual se asocia a la radiación UV-B, a nivel nacional y regional.
Metodología	La tasa de mortalidad por melanoma observada corresponde al número de defunciones por melanoma maligno de la piel (causas CIE-10: C43 de la base de datos del Ministerio de Salud) según región de residencia por cada 100.000 habitantes.
Fuente de los datos	Elaboración en base a Ministerio de Salud, Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), disponible en www.deis.cl , 2018.

I-O6. CONSUMO NACIONAL TOTAL DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO (SAO)

El consumo nacional de SAO se ha reducido de forma significativa, cumpliendo con creces las metas del Protocolo de Montreal. Entre 1989 y 2017 el consumo total de toneladas PAO disminuyó un 95%, pasando desde 1.298,3 toneladas PAO que abarcaban los seis grupos de SAO con una mayor participación de los Clorofluorocarbonos (CFC), a solo 66,2 toneladas PAO correspondientes solo al grupo Hidroclorofluorocarbonos) HCFC.

Consumo nacional total de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO), 1989-2017



Fuente: Elaboración propia, en base a Unidad de Ozono - MMA, 2018.

<p>Descripción</p>	<p>Indicador que muestra la evolución anual del consumo nacional de las distintas SAO. Chile ratificó el Protocolo de Montreal en 1990, mediante el cual se establece la reducción de consumo de SAO controladas. Para dar cumplimiento a ello, el país elaboró el Decreto Supremo 37/2007 y Decreto Supremo 75/2012, ambos MINSEGPRES, en los cuales se estableció calendarios de reducción gradual del consumo (volumen máximos de importaciones permitidas) de las SAO controladas, destacándose los siguientes hitos de eliminación total (volumen máximo permitido igual a cero): 2010: Grupos I (CFCs) y II (Halones) del Anexo A y Grupo II (Tetracloruro de carbono) del Anexo B. 2015: Grupo III (Metilcloroformo) del Anexo B y Grupo I (Bromuro de metilo) del Anexo E. 2040: Grupo I (HCFCs) del Anexo C.</p>
<p>Metodología</p>	<p>El consumo nacional de SAO se expresa como producción más importaciones menos exportaciones de cada sustancia, expresado en toneladas ponderadas por su respectivo potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO). El país no realiza producción de SAO y sus exportaciones son poco significativas, por lo que el consumo se remite a las importaciones. PAO es una medida que representa la capacidad de cada sustancia para destruir la capa de ozono y permite llevar a una unidad común las distintas SAO. Se ha dado un nivel de referencia de 1 a los CFC-11 y 12 (WMO y UNEP, 2003).</p> <p>Este índice toma en cuenta la estabilidad, tasa de difusión, cantidad de átomos destructores por molécula y el efecto de la radiación ultravioleta y otro tipo de radiación sobre las moléculas (United Nations, 1996).</p>
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, 2018. Datos reportados a la Secretaría de Ozono.</p>

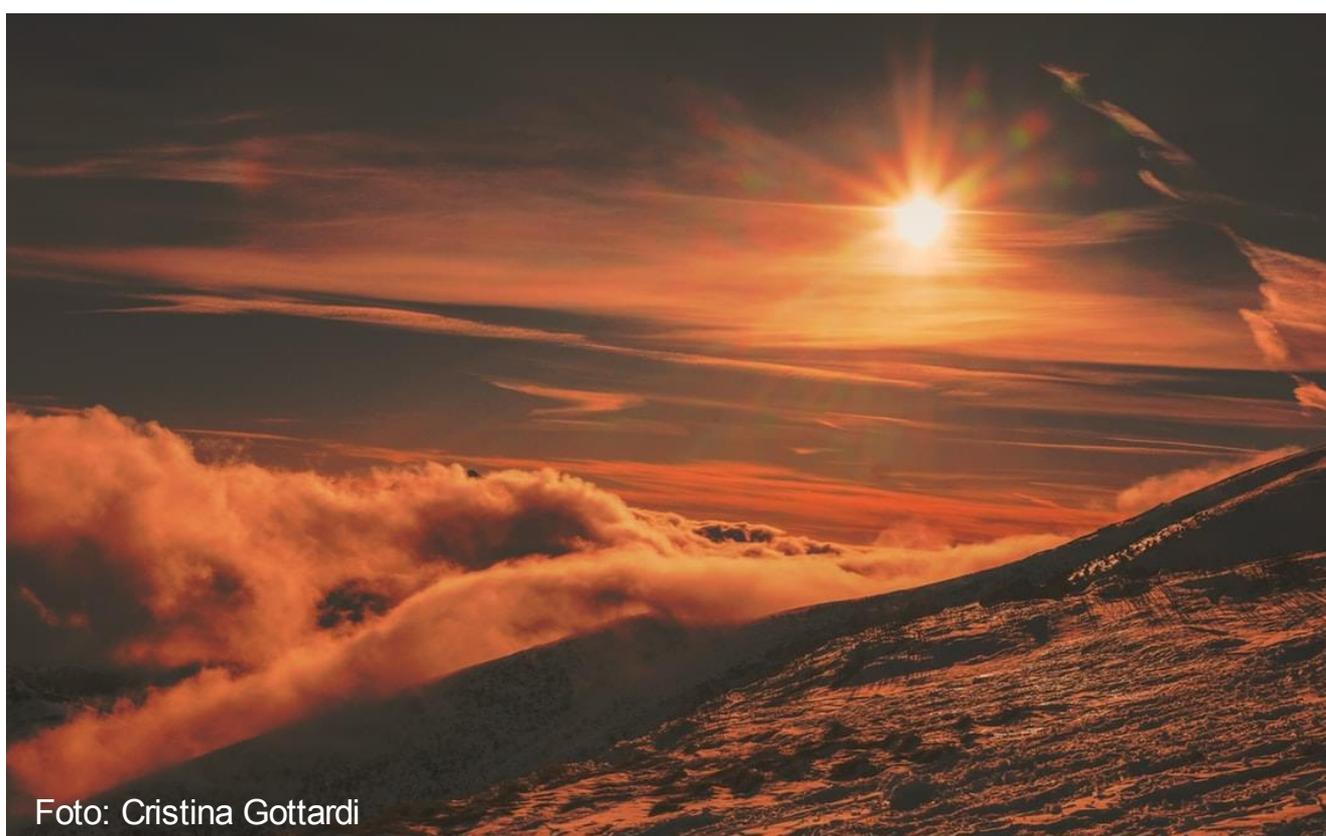


Foto: Cristina Gottardi