



CAPÍTULO 16

**CAPA DE
OZONO**

CAPA DE OZONO

La capa de ozono 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 las personas y el medioambiente. La disminución de la capa de ozono constituye un problema global respecto al cual Chile es particularmente vulnerable. El agotamiento de la capa de ozono se produce debido al uso antrópico de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).

CAPAS DE LA ATMÓSFERA

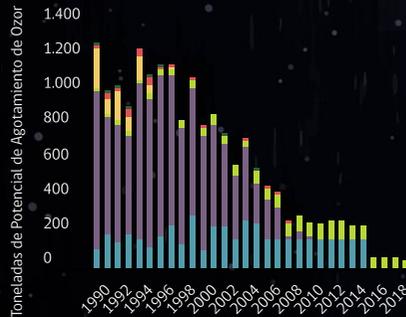


CONSUMO NACIONAL DE SAO

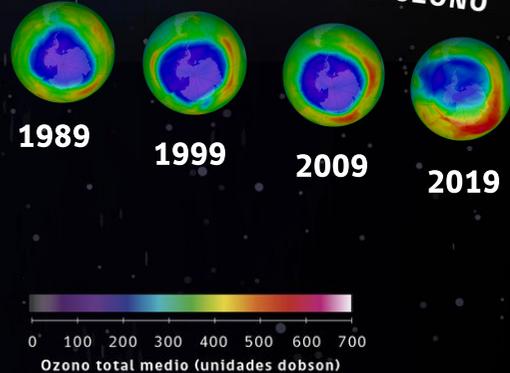
El consumo nacional de SAO se ha reducido de forma significativa, cumpliendo con creces las metas del Protocolo de Montreal.

(1989 y 2018)
Consumo total de toneladas SAO:

▼ **97%**



EVOLUCIÓN DEL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO



AMENAZA

HCFC

sustancias utilizadas principalmente como gases refrigerantes en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, como agente expansor en las espumas de poliuretano para aislación térmica y como propelentes en aerosoles.

1. Las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs) usadas por el hombre son liberadas en el aire y llegan hasta la estratósfera.

2. Los rayos UV rompen las SAO en la estratósfera. Átomos de cloro son liberados.

3. Los átomos de cloro rompen las moléculas de ozono. Un átomo de cloro puede seguir rompiendo moléculas de ozono durante un siglo. Al ser destruida la capa de ozono aumenta la radiación UV.

IMPACTOS

En casi todos los lugares del país se han alcanzado valores extremos de riesgo de exposición a la radiación UV-B en el periodo 2000-2019.

RIESGO DE EXPOSICIÓN EXTREMO

Recomendaciones: Protección máxima, evitar radiación de medio día; usar ropa adecuada; si debe estar al sol, buscar la sombra y usar filtro solar.

En el periodo 1997-2019 se observa una leve tendencia al alza en la tasa de mortalidad por cáncer a la piel (melanoma maligno de la piel) a nivel nacional.

Tasa de mortalidad por melanoma maligno 2019 es la más alta del periodo

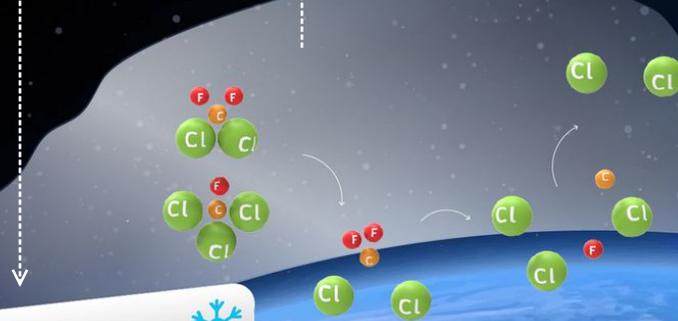
1,29 / 100.000

habitantes

247 Defunciones

En el medio ambiente puede disminuir el crecimiento de plantas y afectar a organismos unicelulares y sistemas acuáticos.

CAPA DE OZONO



INTRODUCCIÓN

La capa de ozono actúa como un escudo protector de la radiación ultravioleta proveniente del Sol. Si la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la Tierra es alta puede ocasionar importantes problemas, tanto para los seres humanos como para la biodiversidad.

El agotamiento de la capa de ozono se produce como consecuencia del uso antrópico de diversos componentes llamados sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).

Chile, un país particularmente vulnerable a este problema debido a que se encuentra ubicado cerca del llamado agujero de ozono antártico, ha contribuido con el esfuerzo global por recuperar la capa de ozono, ratificando el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal con todas sus enmiendas, y cumpliendo los compromisos de reducción de consumo de SAO.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. ESTADO: AGUJERO DE OZONO ANTÁRTICO Y RADIACIÓN UV EN CHILE

3. PRESIÓN: SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO

4. RESPUESTA NACIONAL FRENTE AL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

4.1. PROGRAMA PAÍS PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

4.2. PROYECTOS RECIENTES DE LA UNIDAD OZONO DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

REFERENCIAS

1. Antecedentes

El Sol emite un espectro electromagnético que llega a la Tierra en forma de ondas de radiación visible, calor (infrarrojo) y radiación ultravioleta (UV), lo cual hace posible la vida en el planeta. La radiación UV en pequeñas cantidades es esencial para la existencia humana, permitiendo la producción de vitamina D en la piel, lo que ayuda al desarrollo del sistema óseo, a la regulación del ritmo circadiano o ritmos biológicos y a la producción de endorfinas de efecto antidepresivo.

Sin embargo, la exposición excesiva y prolongada a la radiación UV resulta perjudicial para las personas y el medio ambiente. Provoca diversos daños a la piel e incluso cáncer de piel (melanoma y no melanoma), así como también afecciones oculares, como cataratas, y un efecto negativo sobre el sistema inmunológico.

La excesiva radiación UV y su impacto en los ecosistemas terrestres –e incluso acuáticos– se ha asociado a una disminución del rendimiento y la calidad de ciertos cultivos agrícolas, al afectar los procesos fisiológicos y el desarrollo de las plantas, así como también a la descomposición del material vegetal muerto, especialmente en zonas áridas y semiáridas, alterando la disponibilidad de nutrientes y provocando una liberación de carbono que contribuye al calentamiento global (Bais et al., 2018).

El ozono es un gas formado por tres átomos de oxígeno (O₃), que se encuentra presente en la atmósfera de la Tierra distribuido en diferentes concentraciones, con variaciones geográficas, estacionales y de altura.

La capa de ozono es la zona de la estratósfera que concentra más de 90% del ozono¹. Está ubicada en un rango aproximado entre 15 y 40 km de altura sobre la superficie terrestre, 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 UV, especialmente en la longitud de onda media o UVB; cuando esta capa se debilita la radiación UV aumenta, incrementándose los efectos dañinos mencionados.

ESPESOR DE LA CAPA DE OZONO

Por convención, se define el agujero de ozono antártico (AOA) como la región en la cual la columna de ozono es igual o inferior a

220^{UD}
(UNIDAD
DOBSON)

[1] El 10% del ozono restante, que no es parte de la capa de ozono, se encuentra en la tropósfera (capa baja de la atmósfera más cercana a la superficie de la Tierra) y no cumple un efecto protector de la radiación UV. El ozono troposférico es un contaminante peligroso para los seres vivos por su carácter oxidante, el cual en elevadas concentraciones forma el smog fotoquímico.

Las concentraciones de ozono en las temporadas más frías son mayores a las observadas en las más cálidas. Durante el invierno, en el caso de la Antártica, el vórtice polar, un ciclón persistente a gran escala, aísla masas de aire frío en su centro, formando nubes estratosféricas. En estas se producen reacciones químicas únicas en el planeta, liberándose átomos de cloro y bromo que provienen de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) generadas por actividades antrópicas. En cuanto los flujos de radiación solar se acrecientan en primavera, estos químicos se rompen y se liberan, originándose un importante adelgazamiento de la capa de ozono en la Antártica, fenómeno que se conoce como agujero de ozono antártico (AOA).

Se estima que, en condiciones sin nubosidad, una disminución de 1% del ozono se traduce en 1,5% de incremento de la radiación UVB que llega a la superficie terrestre (Ministerio de Salud, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en colaboración con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y otras organizaciones, creó un índice de protección solar, el Índice UV, que mide la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre. Cuanto más grande es su valor, mayor es la intensidad y, en consecuencia, el riesgo para la salud.

En las últimas décadas, la NASA ha realizado mediciones periódicas del espesor de la capa de ozono en distintas latitudes y estaciones, utilizando la unidad de medida Dobson (UD)². Por convención, se define el agujero de ozono antártico (AOA) como la región en la cual la columna de ozono es igual o inferior a 220 UD. Los valores usuales observados en la atmósfera oscilan entre los 230 y 500 UD.

RADIACIÓN UV Y SALUD: CÁNCER A LA PIEL

Uno de los impactos más agresivos de la radiación UV sobre la salud de la población es el cáncer de piel.

Existen diversos tipos de cáncer: los no-melanoma, entre los que se encuentran el carcinoma basocelular y el espinocelular, que son frecuentes pero poco letales, y el cáncer por melanoma maligno, menos habitual que los anteriores, pero que constituye la mayor causa de muerte de los cánceres de piel.

Según datos de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por su sigla en inglés) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la tasa de mortalidad por melanoma maligno a nivel mundial en 2012 fue de 0,9 por cada 100.000 habitantes en la población masculina y de 0,6 por cada 100.000 habitantes en la población femenina (IARC, 2016).

La OMS (2015) también señala que una disminución de 10% en los niveles de ozono provoca 4.500 casos adicionales de cáncer de piel por melanoma maligno a nivel global.

Existen factores que elevan el riesgo de cáncer de piel en las personas, entre los que se encuentran: exposición solar considerable; piel, pelo y ojos claros; algunos tipos de lunares, antecedentes familiares de melanoma, haber padecido algún cáncer de piel, sistema inmunológico débil y edad mayor.

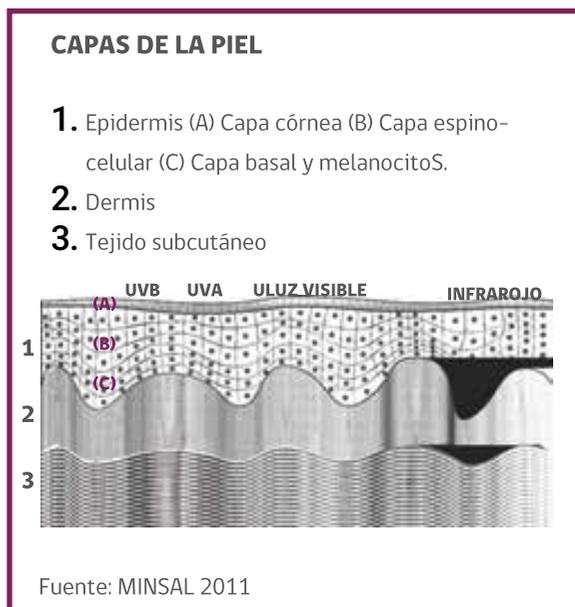
Fuente: Ministerio de Salud (2011) y Sociedad Americana contra el Cáncer (2016).

[2] La unidad Dobson (UD) es una medida del espesor de la capa de ozono, equivalente a 0,01 mm en condiciones normales de presión y de temperatura (1 atm y 0 °C, respectivamente), expresado en número de moléculas.

Tipos de radiación UV y factores que determinan la intensidad

Existen tres tipos de radiación ultravioleta (UV), diferenciados por su rango de longitud de onda: UVA, UVB y UVC. A menor longitud de onda, más dañina es la radiación UV, sin embargo, también es menor su capacidad de alcanzar la piel. La UVA es la de mayor longitud de onda (315-400 nanómetros [nm]); llega casi por completo a la superficie terrestre y penetra en la piel hasta la dermis; los rayos UVB poseen una longitud de onda intermedia (280-315 nm), son absorbidos casi en su totalidad por la capa de ozono y alcanzan las primeras capas de la piel o epidermis; y la radiación UVC, la de menor longitud de onda (100-280 nm) y en teoría la más peligrosa, no llega a la Tierra porque es absorbida totalmente por la capa de ozono.

La intensidad de la radiación UV depende de varios factores:



| | | |
|----------|---------------------|---|
| 1 | Fecha y hora | La fecha del año determina la altura máxima que alcanza el Sol sobre el horizonte durante el día y la hora del día define la cercanía del Sol a la vertical del lugar. Esta combinación hace que la mayor intensidad de radiación UV sea en verano entre las 11 y 15 horas, y en invierno entre las 12 y 15 horas. |
| 2 | Latitud | En la cercanía del Ecuador la intensidad de la radiación UV es mayor, ya que los rayos solares llegan perpendicularmente a la superficie terrestre y recorren menos la capa de ozono. Hacia los polos va ensanchándose el ángulo que deben atravesar los rayos UV y, por ende, la intensidad de radiación decrece hacia esas latitudes. |
| 3 | Altitud | La intensidad de la radiación se incrementa con la altura, porque la atmósfera se hace más delgada. |
| 3 | Nubosidad | Las nubes reducen levemente la radiación UV (10% aproximadamente). |

2. Estado: agujero de ozono antártico y radiación UV en Chile

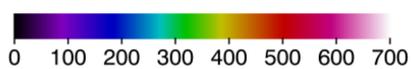
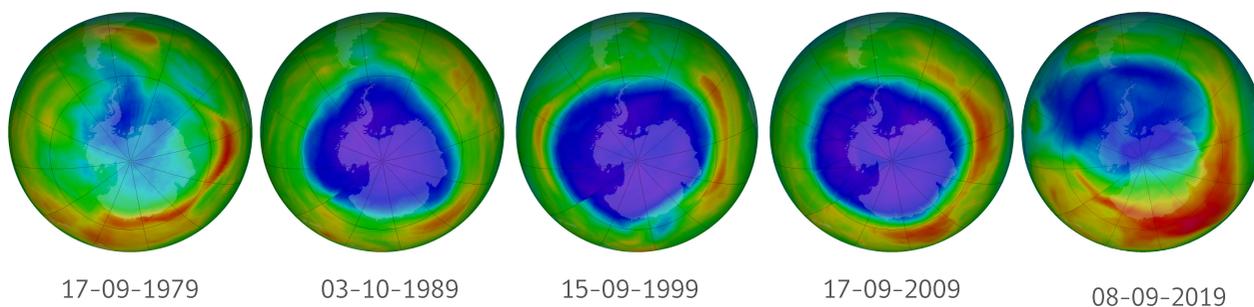
Un extremo del agujero de ozono antártico (AOA) está sobre la Región de Magallanes y Antártica Chilena, quedando el país en una particular condición de vulnerabilidad en comparación con el resto del mundo.

Entre 1979 y 2019 el tamaño o superficie máxima del AOA aumentó desde 1,1 a 16,4 millones de km², valor este último equivalente a cerca del 3% de la superficie de la Tierra y a 90% de la superficie de América del Sur. El grosor del AOA (espesor mínimo) disminuyó desde 194 a 120 unidades Dobson (UD) en el mismo periodo.

Sin embargo, desde el año 2000 se observa una estabilización del AOA, e incluso a partir de 2006 una tendencia a su recuperación (reducción del tamaño y aumento del espesor), aunque con significativas variaciones interanuales, lo que significaría una mejora de su capacidad de filtración de los rayos UV. En 2019, por ejemplo, el valor del tamaño del AOA es el más bajo de los últimos 31 años, lo cual indica un resultado exitoso de la acción internacional por la recuperación de la capa de ozono.

Figura 1. Agujero de Ozono Antártico
Promedio mensual de octubre de cada año 1980, 2015

Agujero de Ozono Antártico 1979, 1989, 1999, 2009, 2019.

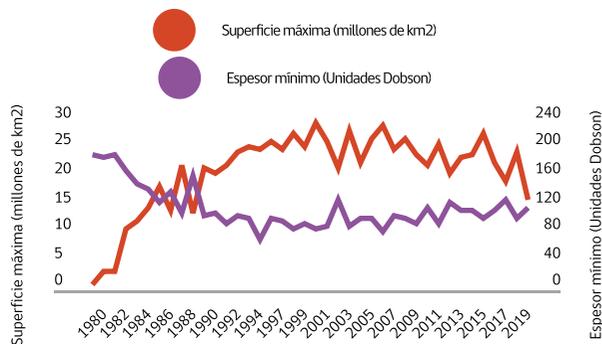


Ozono total (Unidades Dobson)

Nota: las imágenes representan el ozono total medio sobre el polo antártico, con intervalos de valores en unidades Dobson en gradientes de color. Los colores morado y azul corresponden a donde hay menos ozono (capa de ozono más delgada) y los amarillos y rojos, donde hay más ozono (capa de ozono más gruesa).

Fuente: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), 2020.

Figura 2. Superficie máxima y espesor mínimo del Agujero de Ozono Antártico, 1980-2019



[Download data](#)

Fuente: Elaboración propia con datos de Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), 2020.

En Chile, de acuerdo con datos de la NASA, al comparar el promedio de la columna de ozono del periodo 1978-1987 (sin influencia del AOA) con el año 2019, se advierten disminuciones del espesor de la capa de ozono en todo el territorio, acrecentando el riesgo de la población ante la radiación UV. Esta variación difiere según lugar y estación del año. En las localidades más australes, donde el AOA influye los valores de primavera y verano, se advierten mayores variaciones estacionales (**Tabla 1**). Esta información, además, confirma que en general el ozono total es menor en las regiones más cercanas al Ecuador y mayor cerca de los polos.

Tabla 1. Columna de ozono en ciudades y lugares seleccionados del país (unidades Dobson), 1978-1987 y 2019

| | Otoño | | | Invierno | | | Primavera | | | Verano | | |
|-------------------------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|
| | 1978-1987 | 2019 | % var. |
| Arica | 257 | 254 | -1,2 | 265 | 259 | -2,3 | 276 | 272 | -1,4 | 263 | 258 | -1,9 |
| Iquique | 261 | 253 | -3,1 | 276 | 261 | -5,4 | 288 | 274 | -4,9 | 268 | 256 | -4,5 |
| Copiapó | 267 | 254 | -4,9 | 292 | 271 | -7,2 | 302 | 281 | -7,0 | 274 | 260 | -5,1 |
| Valparaíso - Santiago | 273 | 268 | -1,8 | 309 | 293 | -5,2 | 317 | 302 | -4,7 | 281 | 277 | -1,4 |
| Concepción | 280 | 272 | -2,9 | 324 | 306 | -5,6 | 333 | 311 | -6,6 | 288 | 282 | -2,1 |
| Valdivia - Puerto Montt | 287 | 278 | -3,1 | 331 | 315 | -4,8 | 346 | 320 | -7,5 | 296 | 288 | -2,7 |
| Punta Arenas | 294 | 275 | -6,5 | 334 | 312 | -6,6 | 357 | 322 | -9,8 | 305 | 289 | -5,2 |
| Aysén | 301 | 280 | -7,0 | 331 | 307 | -7,3 | 365 | 319 | -12,6 | 318 | 301 | -5,3 |
| Base Frei - Antártica | 305 | 294 | -3,6 | 321 | 278 | -13,4 | 363 | 289 | -20,4 | 323 | 307 | -5,0 |

[Download data](#)

Fuente: Elaboración propia con datos de Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y Dirección Meteorológica de Chile (DMC), 2020.

La radiación ultravioleta UVB es un problema preocupante en Chile. En general, entre los años 2000 y 2019 en casi todo el país se han alcanzado valores extremos de riesgo de exposición a la radiación UVB. San Pedro de Atacama es el lugar que ha registrado el valor más alto de radiación UV en todo el periodo (Figura 3).

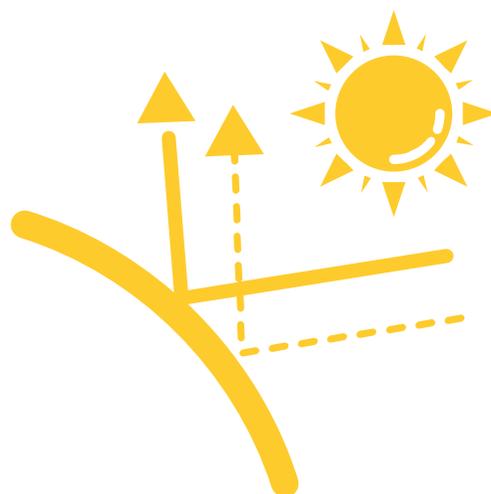
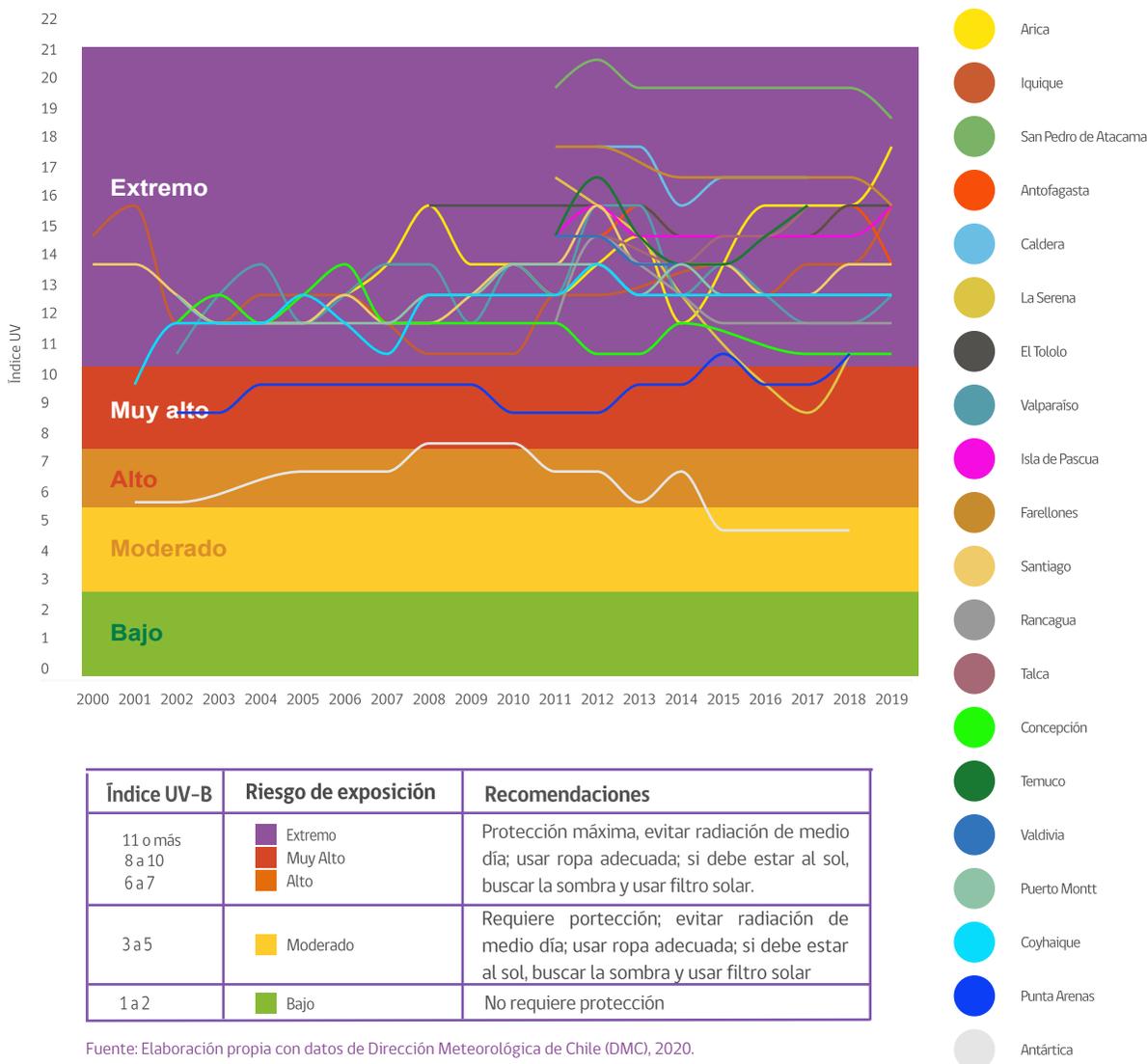


Figura 3. Índice UV-B máximo en ciudades y lugares del país, 2000–2019



| 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; si debe estar al sol, buscar la sombra y usar filtro solar. |
| 3 a 5 | Moderado | Requiere portección; 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 |

Fuente: Elaboración propia con datos de Dirección Meteorológica de Chile (DMC), 2020.



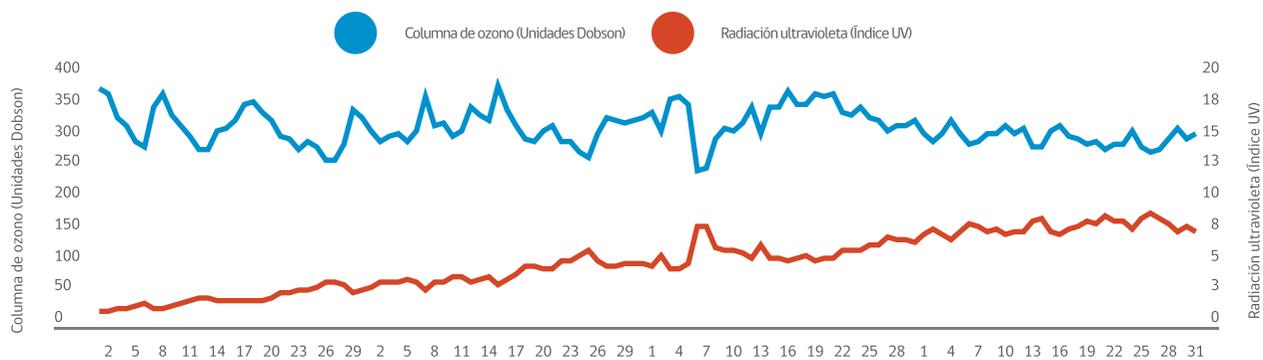
Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad de Magallanes

Foto: Ministerio del Medio Ambiente

La evolución diaria de la columna total de ozono (espesor de la capa de ozono en unidades Dobson) y el índice de radiación ultravioleta (IUV) en la austral ciudad de Punta Arenas, entre los meses de septiembre a diciembre de 2019, muestra que el AOA se posicionó

durante varios días sobre esta zona, observándose marcadas disminuciones de la capa de ozono y aumentos de radiación ultravioleta en octubre y noviembre, demostrando la directa relación entre ambos indicadores (**Figura 4**).

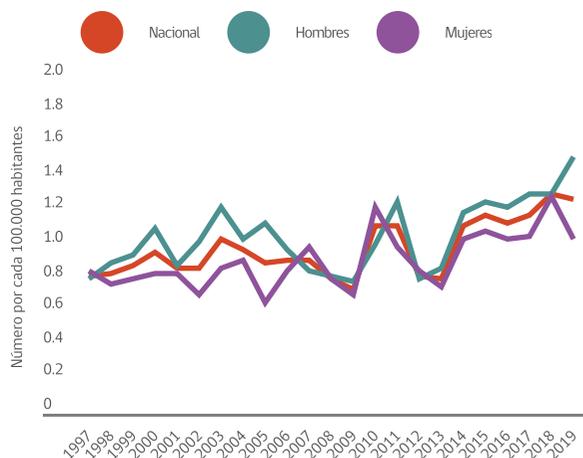
Figura 4. Columna de ozono (UD) y radiación ultravioleta (índice UV) en Punta Arenas, 2019



[Download data](#)

Fuente: Elaboración propia con con datos de TEMIS - European Space Agency (ESA), 2020.

Figura 5. Tasa de mortalidad por melanomas malignos de la piel a nivel nacional, 1997-2019.



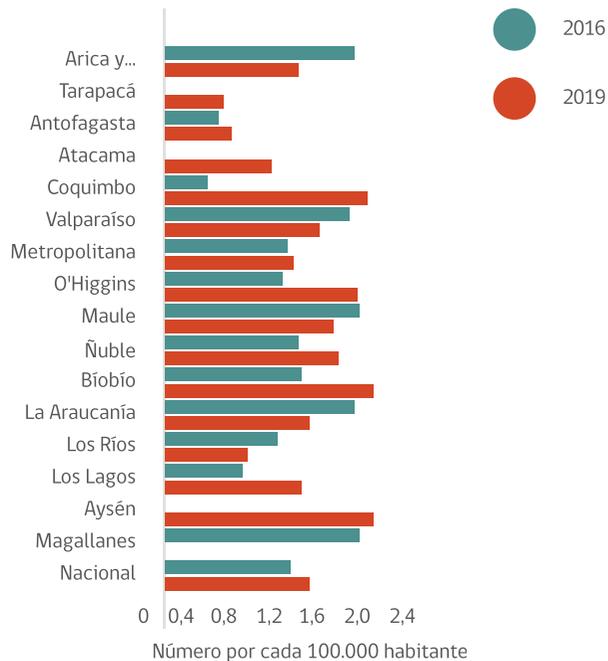
Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio de Salud (MINSAL), 2020.

Se aprecia una leve tendencia al alza en la tasa de mortalidad por melanoma maligno de la piel a nivel nacional en el periodo 1997-2019, alcanzando el valor más alto el año 2019 (1,29 por cada 100 mil habitantes), lo que equivale a 247 defunciones. Los hombres tienden a tener una tasa de mortalidad mayor que las mujeres en el periodo. El último año, la tasa fue de 1,54 en hombres y 1,05 en las mujeres (Figura 5).

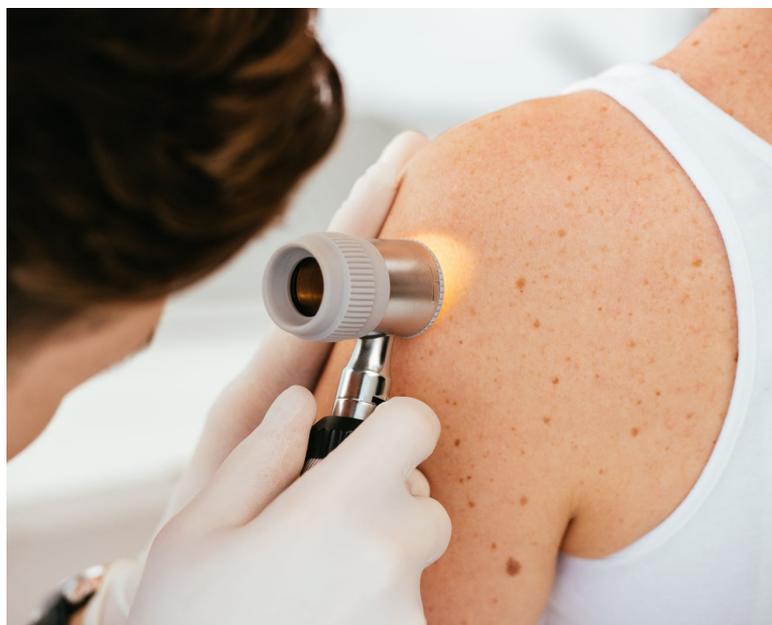
Siete regiones del país han visto subir su tasa de mortalidad por melanoma maligno de la piel entre 2016 y 2019. El mismo número de regiones supera el valor nacional del último año, siendo Aysén la región con la tasa más elevada (Figura 6).

Figura 6. Tasa de mortalidad por melanomas malignos de la piel a nivel regional (número por cada 100 mil hab), 2016-2019



Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio de Salud (MINSAL), 2020.



Nota: 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.

3. Presión: Sustancias agotadoras de la capa de ozono

El problema en de la capa de ozono se origina fundamentalmente por la liberación a la atmósfera de sustancias perjudiciales, las llamadas sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), originadas por la producción industrial y el uso de componentes que interrumpen el ciclo de formación y destrucción natural de ozono, lo que ha derivado en el debilitamiento de la capa de ozono. Si bien este problema es responsabilidad de todos los países, no afecta a cada uno en forma proporcional.

De acuerdo al Protocolo de Montreal³, las principales SAO corresponden a compuestos como los clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclofluorocarburos (HCFC), que se utilizan en refrigeración, espumas, propelentes, solventes y extinción del fuego; el bromuro de metilo (BrMe), usado en fumigantes de suelos y plaguicidas; los halones, en la extinción del fuego; el metilcloroformo, antes utilizado como solvente industrial; el tetracloruro de carbono (CCl₄), que se ocupaba como solvente industrial y en laboratorios químicos; y el bromoclorometano, para la desinfección de agua.

El consumo de SAO de un país se estima como la suma de la producción más la importación menos la exportación nacional de productos que las contienen. Entre 1989 y 2006 el consumo de SAO estuvo dominado por los CFC y su reducción se debe a la aplicación del Protocolo de Montreal. Por su parte, el aumento de los HCFC se explica porque fueron sustituyendo a los CFC.

En el caso de Chile, no existe producción de SAO y las exportaciones son poco significativas. Así, el cálculo del consumo nacional se hace sobre la base de las estadísticas de importación de las SAO como sustancias puras y mezclas, que son controladas por el Servicio Nacional de Aduanas.

Entre 1989 y 2018 el consumo nacional de SAO se redujo un 97%, explicado por el cumplimiento de las metas de reducción del Protocolo de Montreal. En el año 1989 se registraban consumos de seis SAO (CFC, halones, bromuro de metilo, metilcloroformo y tetracloruro de carbono), totalizando 1.298,3 toneladas de potencial agotamiento del ozono (PAO); en cambio, en 2018 únicamente se verificó un consumo de 41,8 toneladas PAO, correspondiente solo al grupo hidroclofluorocarbonos (HCFC).

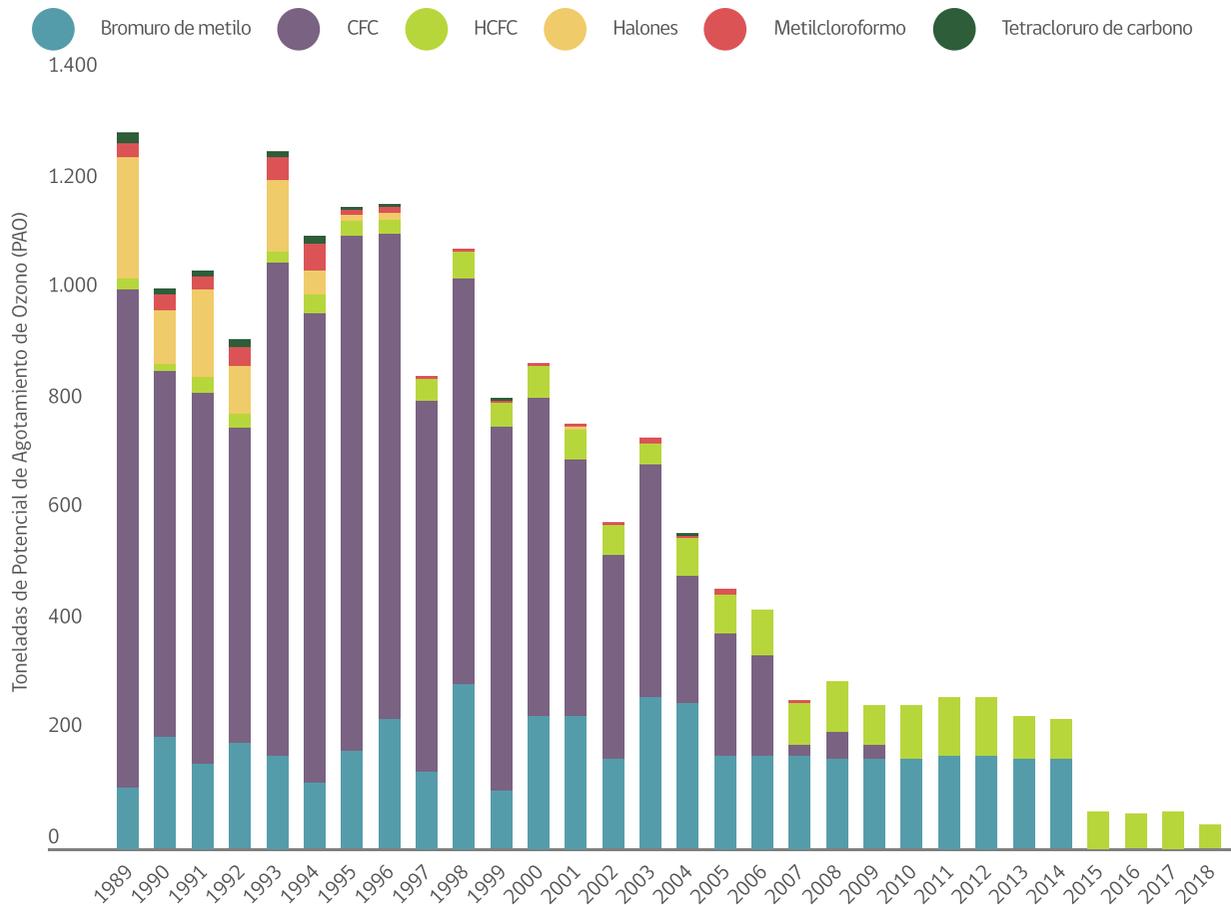
CONSUMO NACIONAL TOTAL DE SAO

Entre 1989 y 2018 ha disminuido significativamente

97%

[3] Tratado internacional relativo a sustancias que agotan el ozono, cuyo objetivo es proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que son responsables de su agotamiento. Entró en vigor el 1 de enero de 1989.

Figura 7. Consumo nacional total de sustancias agotadoras de la capa de ozono (toneladas PAO), 1989 - 2018



[Download data](#)

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2019.



4. Respuesta nacional frente al agotamiento de la capa de ozono

La disminución de la capa de ozono se ha enfrentado como un problema global. Es así como en 1985 se suscribió el Convenio de Viena, que promueve la investigación y el intercambio de información para evaluar los impactos de las actividades humanas sobre la capa de ozono y los efectos de su alteración en la salud y el ambiente. Asimismo, pide adoptar medidas legislativas o administrativas para controlar, limitar, reducir y prevenir las actividades humanas que tengan efectos adversos sobre la capa de ozono.

En el marco del Convenio de Viena, se elaboró el Protocolo de Montreal, con la finalidad de establecer un calendario gradual para la reducción y eliminación de SAO⁴. El Panel de Expertos del Protocolo estima que, si se cumplen todas las obligaciones comprometidas por los países, hacia el año 2050 la capa de ozono en el hemisferio norte recuperará niveles de los años setenta. En el caso del hemisferio sur, esto ocurriría hacia el año 2065.

Chile ratificó el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal en 1990, por lo cual tiene la obligación de cumplir con los calendarios de reducción y eliminación de SAO a partir de la entrada en vigencia de cada uno de los respectivos calendarios.

Desde el 1 enero de 2010 en Chile se prohibió la importación de CFC, halones y tetracloruro de carbono y desde 2008 no se han registrado importaciones de metilcloroformo (cuya importación está prohibida desde el 1 de enero de 2015 y también su uso). El bromoclorometano tiene prohibida su importación y su uso desde el 1 de enero de 2002. La prohibición para la



CONVENIO DE VIENA

Chile ratificó el Convenio de Viena, el Protocolo de Montreal y todas sus enmiendas, incluyendo la última, la Enmienda de Kigali. Siendo norma vigente, el país tiene la obligación de cumplir con los calendarios de reducción y eliminación de SAO.

[4] El Protocolo de Montreal agrupa las SAO en los siguientes cinco anexos: Anexo A: CFC y halones; Anexo B: otros CFC, metilcloroformo, tetracloruro de carbono; Anexo C: CFCHFC, HBFCs y bromoclorometano, y Anexo E: bromuro de metilo (BrMe). El Anexo D es una lista indicativa de los productos que contienen SAO.

importación de bromuro de metilo se inició el 1 de enero de 2015 y está prohibido su uso industrial. Para el caso de los HCFC se estableció un calendario de reducciones a partir del 1 de enero de 2013.

En la Figura 7 se muestra la evolución del consumo nacional de cada tipo de SAO en el periodo 1989–2014 y los límites de consumo máximo establecidos por el Protocolo de Montreal. Se aprecia que para todas las SAO el país ha cumplido sus compromisos. En el caso del consumo de tetracloruro de carbono, se anota un valor de consumo por sobre el límite estipulado para el año 2007. No obstante, este no fue considerado un incumplimiento porque se demostró que la importación fue para uso analítico y de laboratorio. Este argumento fue presentado por Chile a la Secretaría del Ozono en su Plan de Acción y aceptado posteriormente por el Comité de Implementación.

Respecto a los HCFC, en la XIX Conferencia de las Partes del Protocolo de Montreal, realizada en septiembre de 2007, se aprobó el ajuste del calendario de reducción de estas sustancias agotadoras de ozono. Este consistió en el adelantamiento de la línea base a los años 2009–2010 y la fecha de eliminación total a partir del 1 de enero de 2040, permitiendo solo un 2,5% de uso entre 2030 y 2039, exclusivo para operaciones justificadas de servicio técnico y mantención, medida que se someterá a revisión en 2020. El ajuste se inició con la congelación del consumo a partir del 1 de enero de 2013 al nivel de la línea base. Luego, el año 2015 se fijó una reducción de 10%, de 35% a 2020, de 67,5% a 2025 y de 97,5% al 2030, dejando el referido 2,5% hasta 2040.

La reducción de HCFC marca la segunda etapa y final de la reducción de las SAO. Para ello, todas las partes en el Protocolo de Montreal deben elaborar un Plan de Gestión para la Eliminación de los HCFC (HPMP, por la sigla en inglés de HCFC Phase-out Management Plan).

EFFECTOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

Al cumplirse 31 años de su entrada en vigor, el Protocolo de Montreal muestra positivos resultados en su objetivo de proteger la capa de ozono eliminando el uso de sustancias que la agotan: partes de esta franja se han recuperado en 1–3% por década desde 2000.

Aunque no es su propósito central, este esfuerzo internacional también ha contribuido en la lucha contra el cambio climático, al evitar 135 mil millones de toneladas de emisiones de CO₂ entre 1990 y 2010 (ONU, 2019) y otros gases de efecto invernadero, cuya menor presencia ha ralentizado el calentamiento reciente del Ártico (Polvani et al., 2020). Lo mismo ocurriría con la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, vigente desde 2019: con su meta de reducir en más de 80% la producción y el consumo de HFC durante los próximos 30 años, se podría impedir hasta 0,4 °C de calentamiento global a fines de este siglo, mientras se continúa protegiendo la capa de ozono.



El Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP) de Chile contiene cinco líneas estratégicas:

(1) marco regulatorio; (2) apoyo al sector de espumas (paneles discontinuos y spray); (3) apoyo al sector de refrigeración (servicios y mantención de refrigeración y climatización, incluyendo limpieza de sistemas), (4) difusión y (5) monitoreo. El plan tiene un cronograma de actividades desde 2011 hasta 2016 en la fase I y de 2016 a 2020 en la fase II.

En la fase I ha contemplado el trabajo en conjunto con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como agencias implementadoras internacionales, para la ejecución de todas las líneas estratégicas, excepto la (2). Consideró actividades de reducción del consumo de HCFC en el sector de refrigeración, con apoyo en aspectos normativos y de difusión pública.

Mediante la Decisión 76/37 (2016) del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo De Montreal se asignó al Gobierno de Chile financiamiento para implementar la fase II, de manera de permitir al país lograr la reducción del consumo de los HCFC cumpliendo la meta de dicho protocolo (45%) para el año 2020, y el compromiso asumido bajo el Acuerdo entre el Gobierno y el Comité Ejecutivo, de reducir el consumo de HCFC en un 65% de la línea de base en el año 2021. En esta fase II se incorpora la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Onudi) como agencia implementadora internacional y se incluyen las acciones de la línea estratégica (2), desarrollándose actividades de reducción y eliminación del consumo de HCFC en los sectores de refrigeración, climatización y espumas, junto con apoyo normativo y medidas de difusión pública.

En relación con los hidrofluorocarbonos, con la ratificación de Chile de la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, el país fortaleció su compromiso en la reducción de los HFC, que tienen, además, un alto poder de calentamiento global y, por lo tanto, directa

incidencia en el cambio climático. Para esto, en 2019 se elaboró y entró en vigor el reglamento que inicia el control de importaciones y exportaciones de HFC, además de establecer metas más estrictas a las importaciones de HCFC, que son sustancias que deterioran la capa de ozono y contribuyen al cambio climático, y son utilizadas principalmente en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Con lo anterior, se establecen las bases para proteger con mayor fuerza la capa de ozono y reducir los gases de efecto invernadero.

El calendario de reducción de HFC prevé que los países desarrollados bajen su producción y consumo un 10% antes de finales de 2019 en relación con los niveles de 2011-2013, y un 85% antes de 2036. Los países en vías de desarrollo iniciarán su transición en 2024 para alcanzar en 2029 una reducción de 10% con respecto a los niveles de 2020-2022 y de 80% para 2045. Finalmente, los países en desarrollo empezarán en 2028, para llegar en 2032 a una disminución de 10% con respecto al periodo 2024-2026 y de 85% en 2047.

En el caso de Chile, aplica el calendario de reducción de HFC para países en desarrollo A5 Grupo I, con el siguiente calendario respecto a la línea base:

| |
|---|
| Línea Base (LB): Consumo promedio años 2020-2022 + 65% LB HCFC |
| 2024: Congelamiento nivel LB |
| 2029: Reducción 10% |
| 2035: Reducción 30% |
| 2040: Reducción 50% |
| 2045: Reducción 80% |

4.1 Programa país para la protección de la capa de ozono



El Programa Ozono (Unidad Ozono) se creó en Chile en la Comisión Nacional de Medio Ambiente (Conama) el año 1994, hoy en el Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de asegurar el cumplimiento del Protocolo de Montreal a nivel nacional, actuando la institución como punto focal de dicho acuerdo. Como parte de este programa, se propone y genera normativa aplicable al control de las sustancias reguladas por el Protocolo de Montreal; de igual modo, se elaboran y ejecutan proyectos de inversión y de asistencia técnica, complementados con actividades de difusión y sensibilización. Para alcanzar estos fines, se han gestionado recursos financieros del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, los cuales han sido entregados al país a través de agencias implementadoras internacionales (PNUMA, PNUD, Onudi, Banco Mundial) o agencias bilaterales, como Environment Canada.

En materia normativa, el 23 de marzo de 2006 entró en vigencia la ley 20.096, conocida como “Ley Ozono”, que establece mecanismos de control aplicables a todas las SAO y medidas de difusión, evaluación, prevención y protección frente a la radiación ultravioleta⁵. Además, Chile ha formulado otras regulaciones, decretos y resoluciones para contribuir a la disminución del consumo de las SAO, que se detallan en el Tabla 4.

Asimismo, bajo la implementación del Programa País para la Protección de la Capa de Ozono se han llevado adelante diversos proyectos para reducir y eliminar el uso de las SAO (Tabla 5). En forma complementaria, se han ejecutado iniciativas que unen la protección de la capa de ozono con la protección del clima, con enfoque en la conversión de sistemas hacia alternativas que no afecten ambos parámetros ambientales (Tabla 6).

[5]La Ley Ozono (Nº20.096/2006), en su Título III, sobre medidas de difusión, prevención y protección de la población, establece la obligación de que los informes meteorológicos incluyan antecedentes sobre la radiación UV y sus fracciones, y de los riesgos asociados (artículo 18). Asimismo, instruye que los bloqueadores, anteojos y otros dispositivos o productos protectores de quemaduras solares deben contener indicaciones que señalen el factor de protección relativo a la equivalencia del tiempo de exposición a la radiación UV sin protector, indicando su efectividad ante diferentes grados de deterioro de la capa de ozono (artículo 21). Finalmente, para el caso de las playas, balnearios y piscinas, los carteles, avisos o anuncios pertinentes deben incluir la advertencia “La exposición prolongada a la radiación solar ultravioleta puede producir daños a la salud” (artículo 22).

Tabla 4. Normas aplicables a las SAO

| Nombre | Año | Descripción |
|---|--------------|--|
| Decreto 719, Ministerio de Relaciones Exteriores | 1990 | Promulga el Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y sus anexos I y II. |
| Decreto 238, Ministerio de Relaciones Exteriores | 1990 | Promulga Protocolo de Montreal relativo a las SAO, de 16 de septiembre de 1987. |
| Decreto 1536, Ministerio de Relaciones Exteriores | 1991 | Promulga la enmienda al Protocolo de Montreal, de 1977, relativo a las SAO. |
| Decreto 735, Ministerio de Relaciones Exteriores | 1994 | Promulga la enmienda al Protocolo de Montreal, de 1977, relativo a las SAO. |
| Decreto 483, Ministerio de Relaciones Exteriores | 1996 | Promulga las enmiendas a los anexos a, b, c y e del Protocolo de Montreal, de 1987, relativo a las SAO. |
| Decreto 387, Ministerio de Relaciones Exteriores | 2000 | Promulga la enmienda al Protocolo de Montreal, de 1987, relativo a las SAO. |
| Decreto 179, Ministerio de Relaciones Exteriores | 2002 | Promulga la enmienda del Protocolo de Montreal, de 1987, relativo a las SAO, adoptada el 3 de diciembre de 1999. |
| Ley 20.096/2006, Ministerio Secretaría General de la Presidencia | 2006 | Conocida como Ley Ozono, establece los mecanismos de control de SAO. |
| Resolución exenta 3577, Ministerio de Agricultura; Servicio Agrícola y Ganadero; Dirección Nacional | 2006 | Establece la obligación de declarar trimestralmente las cantidades de bromuro de metilo adquiridas, almacenadas, distribuidas y utilizadas, por actividad productiva específica. |
| Resolución 6772, Ministerio de Hacienda; Servicio Nacional de Aduanas | 2007 | Modifica el Capítulo III del Compendio de Normas Aduaneras, relativo a SAO. |
| Resolución exenta 5630 y 5638 de 2007 y resolución exenta 10109 de 2012, Servicio Nacional de Aduanas | 2007 2012 | Establecen el mecanismo de distribución de los volúmenes máximos de importación, el registro de importadores y exportadores de SAO y su forma de aplicación. |
| Resolución 1059, Instituto de Salud Pública, Ministerio de Salud | 2010 | Establece rotulado de inhaladores de dosis medida con CFC. |
| Norma Chilena 3241, Instituto Nacional de Normalización | 2011 | Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización. |
| Resolución 183 de 2012 y resolución 02 de 2013, Ministerio de Economía | 2012 2013 | Establece normativa técnica, que regula las características del aviso de advertencia que debe exhibir el producto controlado que deteriora la capa de ozono. |
| Resolución exenta 1557, Ministerio de Agricultura; Servicio Agrícola y Ganadero | 2014 | Establece exigencias para la autorización de plaguicidas y deroga resolución 3.670 de 1999 (bromuro de metilo). |
| Norma Chilena 3241 (actualiza versión 2011), Instituto Nacional de Normalización | 2017 | Sistemas de refrigeración y climatización. Buenas prácticas para el diseño, armado, instalación y mantención. |
| Norma Chilena 3301, Instituto Nacional de Normalización | 2017 | Sistemas de refrigeración y climatización que utilizan refrigerantes inflamables. Buenas prácticas para la instalación y mantención. |
| Decreto exento 514, Ministerio de Hacienda | 2017 | Apertura de las partidas arancelarias para la inclusión de los HFC puros y en mezclas (partidas 29.03 y 38.24, respectivamente) y de los equipos de aire acondicionado y de refrigeración que los contienen (partidas 84.15 y 84.18, respectivamente). |
| Resolución exenta 804, Servicio Nacional de Aduanas | 2017 | Incorporación de descriptores específicos asociados a HCFC y HFC, y a los productos que las contienen. |
| Decreto 32, Ministerio de Relaciones Exteriores | 2018 | Promulga la Enmienda de Kigali (Promulga la enmienda al Protocolo de Montreal, de 1987, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, adoptada el 15 de octubre de 2016). |
| Decreto exento 458, Ministerio de Hacienda | 2019 | Apertura de las partidas arancelarias para los polioles formulados con HFC (partida 39.07). |
| Decreto supremo 3, que deroga decreto supremo 75 de 2012, Ministerio Secretaría General de la Presidencia | 2019 | Reglamento que establece normas aplicables a las importaciones y exportaciones de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal y sus Enmiendas, los volúmenes máximos de importación y los criterios para su distribución. |
| Resolución exenta 822, Servicio Nacional de Aduanas | 2020 | Modifica el compendio de normas aduaneras e incluye a los HFC como sustancias controladas por el Protocolo de Montreal. |

Tabla 5. Proyectos ejecutados por agencia implementadora internacional para reducir y eliminar uso de SOA, 2004–2020

| AGENCIA | Proyecto | Año |
|----------------------|---|-----------------------|
| BANCO MUNDIAL | Fortalecimiento institucional | 2004–2007 |
| | Programa de Financiamiento a la Conversión Tecnológica (Technology Conversion Financing Programme) (TECFIN I y II) | 1995–1997 (TECFIN I) |
| PNUD | Proyecto Terminal Solventes | 1997–2008 (TECFIN II) |
| | Proyecto Terminal Refrigeración Comercial | 2005–2010 |
| | Proyecto Terminal Espumas | 2007– –2011 |
| | Proyecto Halones | 2007–2011 |
| | Fortalecimiento institucional | 2008–2011 |
| | Preparación Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP). Estrategia general y componentes de refrigeración (3) y monitoreo (5) | 2007–2015 |
| | Fase I del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC. Componentes de Refrigeración (3) y Monitoreo (5) | 2009–2010 |
| | Preparación de Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP II). Estrategia general y componentes de espumas (2) y monitoreo (5) | 2011–2016 |
| | Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC. Componentes (2) apoyo al sector de espumas (paneles discontinuos y spray) y (5) monitoreo | 2017–2020 |
| | Actividades habilitadoras Enmienda de Kigali (Difusión pública) | 2018–2020 |
| ENVIRONNEMENT CANADA | Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 2 (Capacitación en buenas prácticas de refrigeración (BPR), Evaluación de mallas curriculares) | 2015–2016 |
| | Plan Manejo Refrigerantes, Módulo 2 (Norma en BPR, Reacondicionamientos demostrativos) | 2003–2006 |
| | Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 3 (Programa de Recuperación y Reciclaje) | 2005–2006 |
| | Plan Terminal de CFC | 2006–2009 |
| PNUMA | Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 1 (Capacitación y sistema de información en Aduanas) | 2009–2013 |
| | Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 4 (Campaña de sensibilización) | 2006–2009 |
| | Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 5 (Monitoreo) | 2007–2010 |
| | Preparación Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP). Componente normativo (1) y de sensibilización (4) | 2003–2010 |
| | Fase I del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC. Componente normativo (1) y de sensibilización (4) | 2009–2010 |
| | Preparación de Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP II). Componente normativo (1) y de sensibilización (4) | 2011–2016 |
| | Proyecto Terminal de bromuro de metilo (Componente normativo) | 2015–2016 |
| | Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC. Componentes (1) marco regulatorio y (4) difusión | 2017–2020 |
| | Actividades habilitadoras Enmienda de Kigali (Sistema de licencias y cuotas para HFC) | 2018–2020 |
| ONUDI | Proyecto Terminal de bromuro de metilo (componente de inversión) | 2010–2015 |
| | Preparación de Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP II). Componente de refrigeración (3) | 2010–2014 |
| | Encuesta nacional sobre alternativas a las SAO | 2015–2016 |
| | Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC. Componentes (3) apoyo al sector de refrigeración (servicios y mantención de refrigeración y climatización) y (5) monitoreo | 2016–2020 |
| | Actividades habilitadoras Enmienda de Kigali (Normativa sobre HFC) | 2018–2020 |

Tabla 6. Proyectos ejecutados por agencia implementadora internacional para protección de capa de ozono y del clima, 2013-2020

| AGENCIA | Proyecto | Año |
|---------|---|-----------|
| PNUD | Encuesta sobre usos de HFC en Chile | 2013 |
| | Implementación de tecnología de CO2 transcrito en un supermercado en Chile | 2014-2016 |
| | Implementación primer centro de regeneración de gases refrigerantes en Chile | 2016-2018 |
| | Asistencia técnica y financiera para reconvertir sector productor de espuma de poliuretano para aislación térmica | 2018-2020 |
| ONUDI | Preparación de proyecto para eliminar las SAO en el sector agroindustrial | 2014-2016 |

Fuente: Elaboración propia



4.2 Proyectos recientes de la Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente

La Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ejecuta diversos proyectos en las áreas que más se trabaja con SAO.

Refrigeración y climatización

Proyecto de CO2 transcrito en supermercados

El Proyecto “Asistencia técnica y financiera para adoptar la tecnología de refrigeración con CO2 transcrito en un supermercado en Chile”, implementado por el Ministerio del Medio Ambiente, es financiado por la Coalición del Clima y el Aire Limpio (CCAC) y el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) como agencia implementadora internacional. La iniciativa busca facilitar la introducción del CO2 transcrito en los sistemas de refrigeración de los supermercados del país y, de esta forma, reducir al mínimo el uso de gases refrigerantes clorados, hidroclorofluorocarbonos (HCFC) e hidrofurocarbonos (HFC), que debilitan la capa de ozono y afectan el cambio climático. Para esto, el proyecto entrega cofinanciamiento a las empresas seleccionadas. A la fecha, tres supermercados han convertido sus sistemas de refrigeración a la tecnología de CO2 transcrito: Jumbo Valdivia, Tottus Vitacura y Tottus Kennedy.

Certificación de técnicos

La certificación es acreditada por Chile Valora, organismo responsable de evaluar las competencias laborales de personas que lo soliciten, de acuerdo al catálogo de perfiles laborales vigente y conforme a los procedimientos y metodologías validadas por la misma entidad. El Sistema de Competencias Laborales tiene como propósito reconocer formalmente los conocimientos de los trabajadores, independiente de si tienen o no un título, grado académico o estudio en la materia, favoreciendo las oportunidades de aprendizaje continuo, el reconocimiento y valorización.

Curso e-learning

Durante 2018 y 2020 se dictó el curso en línea “Limpieza (flushing) de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, utilizando nitrógeno, cambios de aceite y filtros de succión (antiácidos)”.

Cursos BPR

Los cursos de buenas prácticas en refrigeración o BPR son gratuitos y se imparten anualmente en todo el país. Están orientados a fomentar las BPR en personas técnicas del sector refrigeración y climatización.

Regeneración de gases refrigerantes

El objetivo de la regeneración es limpiar los gases refrigerantes de la humedad, el aceite y la acidez que puedan tener, para generar un gas refrigerante nuevo, limpio y apto para ser reutilizado, cumpliendo con un exigente estándar internacional de calidad, como es el AHRI 700.

Con el apoyo de la Unidad Ozono del MMA y el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, se cofinanció la implementación de un centro piloto de regeneración de refrigerantes, Regener Chile, en Santiago. A través de la regeneración de gases refrigerantes dicho centro ayuda al país a reducir las importaciones de estos y, al mismo tiempo, responde a la necesidad del mercado nacional de disponer y hacerse cargo de la gran cantidad de residuos derivados de la industria de refrigeración y aire acondicionado.



Apoyo al sector espumas

En Chile, el principal uso del HCFC-141b corresponde al de agente soplante en la elaboración de espuma rígida de poliuretano que es usada en la fabricación de paneles de aislación térmica y en aplicaciones spray in situ, todo para aislamiento térmico. Los usos específicos son:

- Paneles continuos: en refrigeración (instalación de cuartos fríos y cámaras frigoríficas) y construcción (bodegas, galpones, etc.).
- Paneles discontinuos: en refrigeración (instalación de cuartos fríos y cámaras frigoríficas) y construcción (bodegas, galpones, etc.).
- Espuma en aerosol o spray: construcción, aislación de tanques, transporte refrigerado, etc.

El Programa de Apoyo al Sector de Espuma busca contribuir a la eliminación del uso del HCFC-141b como agente soplante en la producción de espuma rígida de poliuretano usada para aislamiento térmico, trabajando con empresas de los sectores aplicadores en spray y fabricantes de paneles. Para ello, se ejecutan proyectos para cambiar esta sustancia por otras que no dañen la capa de ozono ni tengan potencial de calentamiento global, como las siguientes:

- Hidrocarburos: principalmente pentanos (n-pentano, ciclopentano y mezclas de ciclo/iso-pentano), que pueden utilizarse en forma segura en la elaboración de paneles discontinuos.
- Hidrofluorolefinas (HFO): corresponden a un grupo emergente de agentes de soplado, con un potencial de calentamiento global considerablemente bajo (<5).

Referencias

- Beis, A. F. et al. (2018). Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 17(2), 127–179. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7pp90043k>
- Sociedad Americana contra el Cáncer (2016). ¿Cuáles son los factores de riesgo del cáncer de piel tipo melanoma? Obtenido de <http://www.cancer.org/espanol/cancer/cancerdepieltipomelanoma/resumen/resumen-sobre-el-cancer-de-piel-tipo-melanoma-causes-risk-factors>
- Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. (2016). GLOBOCAN 2012: Estimated Cancer Incidence, Mortality and Prevalence Worldwide in 2012. Obtenido de <http://globocan.iarc.fr/Default.aspx>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), (2020). Unidad Ozono. <https://ozono.mma.gob.cl/>
- Ministerio de Salud. (2011). Guía técnica de radiación ultravioleta de origen solar. Obtenido de <http://www.repositoriodigital.minsal.cl/handle/2015/1133>
- Organización de Naciones Unidas. (2019). Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono, 16 de septiembre. Obtenido el 4 de febrero de 2020 de <https://www.un.org/es/events/ozoneday/>
- Polvani, L. M. et al. (2020). Substantial twentieth-century Arctic warming caused by ozone-depleting substances. *Nature Climate Change*. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0677-4>
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Radiation: Ultraviolet (UV) radiation and skin cancer. Obtenido de <http://www.who.int/uv/faq/skincancer/en/index1.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2010. Guía educativa Ozono: educación básica.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Protecting the Ozone Layer and Reducing Global Warming. Results, Case Studies and Lessons Learned from UNDP's Montreal Protocol Programme. https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/Ozone%20and%20Climate/ProtectingOzoneLayerAndReducingGlobalWarming_English%20FINAL.pdf
- Sociedad Americana contra el Cáncer (2016). ¿Cuáles son los factores de riesgo del cáncer de piel tipo melanoma?. Disponible en: <http://www.cancer.org/espanol/cancer/cancerdepieltipomelanoma/resumen/resumen-sobre-el-cancer-de-piel-tipo-melanoma-causes-risk-factors>