





Tema 12

Agotamiento de la Capa de Ozono

1] Antecedentes	467
2] Estado: Agujero de Ozono Antártico y radiación UV en Chile	468
3] Presión: Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono	472
4] Respuesta nacional frente al Agotamiento de la Capa de Ozono	474

Capa de Ozono

El ozono estratosférico forma la Capa de Ozono, que evita el ingreso a la Tierra de la radiación ultravioleta UV-B que puede resultar dañina.

AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO



1. Las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs) usadas por el hombre, como los CFCs, son liberadas en el aire y llegan hasta la estratosfera.

2. Los rayos UV rompen los CFC en la estratosfera. 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.

Fuente: Elaboración en base a PNUMA (2010)

ESTRATÓSFERA

TROPÓSFERA

18% Absorbida ● 31% Reflejada ● 51% Incidente

Introducción

Resumen / Abstract

La capa de ozono es un escudo que nos protege de la radiación ultravioleta proveniente del sol, la cual es dañina en valores altos. Debido al uso antrópico de diversos compuestos llamados Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs), se impide la formación de este escudo protector. Chile es particularmente vulnerable a este fenómeno, por situarse cerca del Agujero de Ozono Antártico. El país se ha unido al esfuerzo global por revertir este fenómeno y recuperar la capa de ozono, ratificando el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal en 1990, con el fin de cumplir con los calendarios de reducción de consumo de SAOs.

Antecedentes 1

La capa de ozono¹ actúa como un escudo protector de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra proveniente del sol. El ozono total generalmente es menor en las regiones cercanas al ecuador y mayor cerca de los polos, debido al comportamiento estacional de los vientos en la estratósfera. El ozono estratosférico evita el ingreso al planeta de las radiaciones ultravioletas UV-B, evitando así los efectos negativos que estas producen sobre las personas y medio ambiente. Además, influye también en la distribución térmica de la atmósfera, desempeñando así una función reguladora del clima terrestre.

Sin este efecto filtrante de la capa de ozono, la vida en nuestro planeta no sería como la conocemos hoy en día. La alteración del ciclo natural del ozono estratosférico tiene como consecuencia directa el aumento de la radiación ultravioleta que llega a nivel del suelo. Si la radiación ultravioleta no es absorbida en las cantidades adecuadas, puede causar impactos negativos en una variedad importante de formas de vida. Por ejemplo, en humanos, la exposición a incrementos de radiación ultravioleta B (UV-B: 280-320 nm) aumenta los riesgos de cáncer de piel, de cataratas y debilita el sistema inmunológico. También la excesiva exposición a la UV-B puede disminuir el crecimiento de plantas y afectar a organismos unicelulares y sistemas acuáticos.

1] El ozono es un gas formado por tres átomos de oxígeno (O₃). Éste se encuentra presente en la atmósfera de la Tierra en diferentes concentraciones, con variaciones geográficas y estacionales, como también en altura. Más del 90% de la abundancia de ozono se encuentra entre 15 y 24 km de altura en la estratósfera, que es la capa de la atmósfera entre 8 y 50 km desde el nivel del suelo. Esta franja de ozono en la estratósfera es conocida como "capa de ozono". La columna de ozono generalmente es menor cerca del ecuador y mayor cerca de los polos, debido al comportamiento estacional de los vientos en la estratósfera. La capa de ozono actúa de diferente forma según el tipo de radiación UV: UV-A: la deja pasar completamente; UV-B: la filtra parcialmente, pero si hay agujero en la capa de ozono, deja pasar más radiación UV-B; UV-C: es la más dañina y la capa de ozono no la deja pasar.

Estado: Agujero de Ozono Antártico y radiación UV en Chile

2] Durante el invierno en la Antártica, el vortex polar aísla el aire en el centro. Este aire se hace tan frío que se forman nubes estratosféricas. En estas se producen reacciones químicas únicas en el planeta, liberándose átomos de cloro y bromo provenientes de las SAO. En cuanto aparecen los rayos de sol (UV) en primavera, estos rompen los químicos y son liberados, produciendo un importante agotamiento de la capa de ozono en la Antártica.

3] 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. El AOA se define, por convención, como la región en la cual la columna total de ozono es igual o inferior a 220 UD (Unidades Dobson)

Además de la disminución global de ozono, la cual afecta a todo el planeta, existe otro fenómeno que se presenta en cada primavera austral llamado Agujero de Ozono Antártico (AOA). El AOA es una disminución importante de ozono en la estratósfera Antártica, asociada a la actividad del Vórtice Polar Antártico².

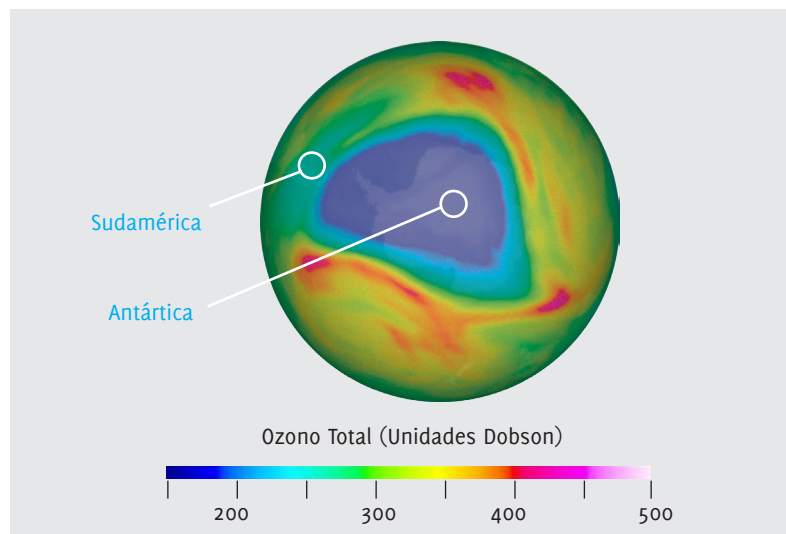
La Figura 1 muestra una imagen generada con datos obtenidos mediante instrumentos a bordo de satélites OMI (Ozone Monitoring Instrument), en la cual se grafica la columna total de ozono en código de colores. El color azul indica una columna de ozono entre 100 y 200 UD (Unidades Dobson³) y corresponde a la zona más delgada de la capa de ozono planetaria. Claramente, se aprecia que un extremo del 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.

Esta área que define el AOA no permanece constante en el tiempo ni en el espacio. Su tamaño cambia como también su forma; lo que hace que en algunas ocasiones el borde se desplace hacia la Patagonia Austral, produciéndose en esa zona disminuciones considerables de la capa protectora de ozono. El AOA tiene una actividad estacional, es decir, comienza su actividad a fines de agosto manteniéndose hasta el mes de diciembre, con diferencias anuales.

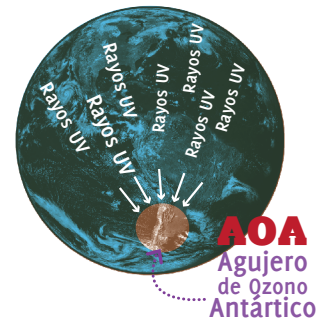
Ozono total observado por OMI el 10 de octubre de 2010.

Fuente: Tropospheric Emission Monitoring Internet Service (TEMIS).

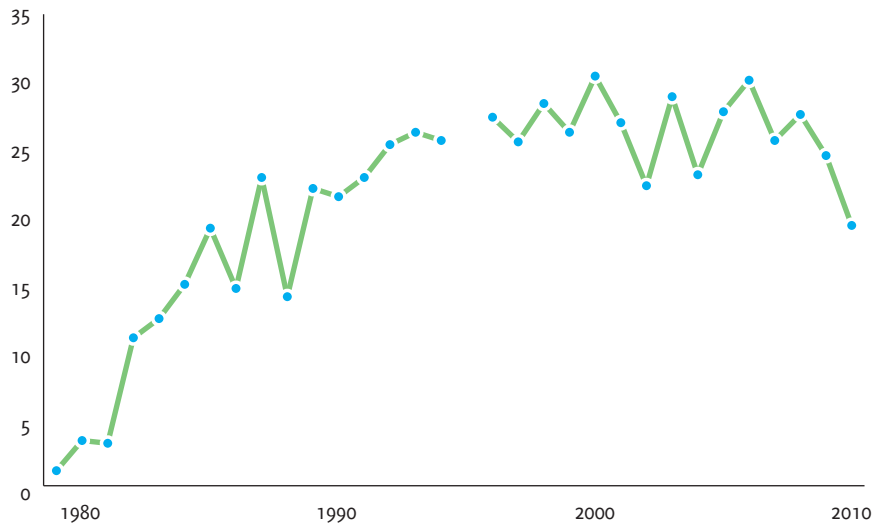
fig.
1



La Figura 2 muestra la evolución del AOA desde 1979 hasta 2010. El área que cubre el AOA fue creciendo desde 1 millón de kilómetros cuadrados en 1979 hasta casi 30 millones km² en el año 2006. Por otro lado, el mínimo de la columna total de ozono medido en la Antártica fue disminuyendo de 190 UD hasta 73 UD en 1996 (Figura 3). En la última década se aprecia una cierta estabilidad tanto en el tamaño como en el mínimo medido.



Área (millones km²)



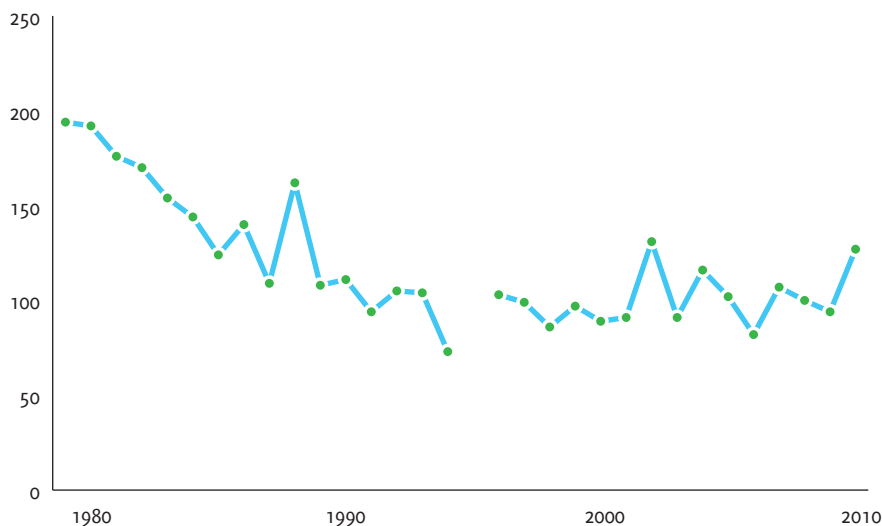
Tamaño del Agujero de Ozono Antártico, 1979-2010.

fig.

2

Fuente: Datos proporcionados por el Profesor Dr. Claudio Casiccia, del Laboratorio de Ozono de la Universidad de Magallanes.

Ozono (UD)



Mínimo de la columna de ozono medido en el continente Antártico, 1979-2010.

fig.

3

Nota: Ozono (UD) = Columna de Ozono medida en Unidades Dobson.

Fuente: Datos proporcionados por el Profesor Dr. Claudio Casiccia, del Laboratorio de Ozono de la Universidad de Magallanes.

De acuerdo con datos históricos, obtenidos desde instrumentos en satélite y medias latitudinales, en el Cuadro 1 se muestran medias de la columna de ozono para algunas ciudades de Chile y distintos periodos de tiempo. Se presenta la media de la serie 1978 a 1987, que corresponde a un período sin la influencia del AOA; la media de un periodo mayor, comprendido entre 1978 y 2010; y además el promedio de 2010, como referencia actual. A su vez, se ha subdividido cada periodo de acuerdo a las 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.

Cuadro 1 Medias de columna de ozono (Unidades Dobson), según estaciones del año y periodo, en distintos lugares de Chile.

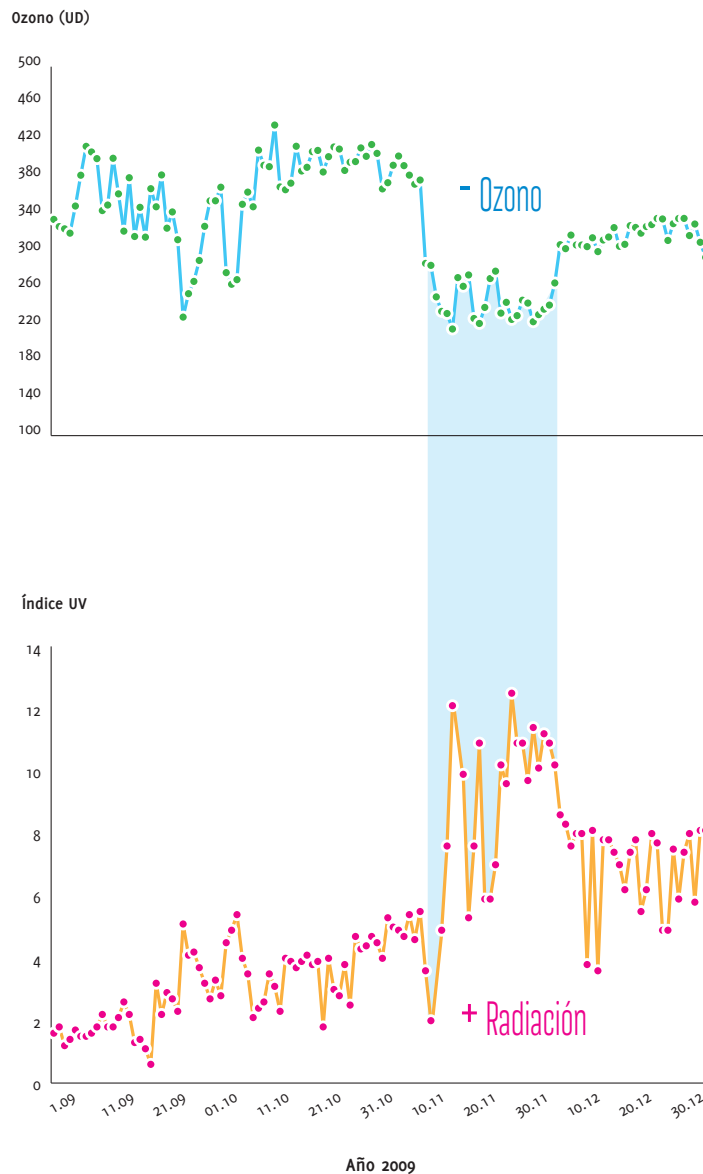
	VERANO (Dic-Feb)			OTOÑO (Mar-May)			INVIERNO (Jun-Ago)			PRIMAVERA (Sep-Nov)		
	1978-1987	1978-2010	2010	1978-1987	1978-2010	2010	1978-1987	1978-2010	2010	1978-1987	1978-2010	2010
Arica	263	262	263	257	255	255	265	263	263	276	275	279
Iquique	268	266	267	261	258	261	276	273	274	288	286	286
Copiapó	274	272	271	267	263	266	292	287	287	302	299	297
Valparaíso-Santiago	281	278	277	273	269	273	309	303	302	317	313	310
Concepción	288	284	283	280	275	278	324	317	317	333	327	322
Valdivia- Puerto Montt	296	290	289	287	280	282	331	325	324	346	340	331
Aysén	305	298	296	294	286	286	334	327	326	357	349	338
Punta Arenas	318	306	304	301	292	291	331	322	291	365	353	342
Base Frei- Antártica	323	311	307	305	297	295	321	310	212	363	345	334

Fuente: Información proporcionada por el Profesor Sr. Claudio Casiccia, del Laboratorio de Ozono de la Universidad de Magallanes.

Los datos muestran que no existen grandes variaciones de la columna total de ozono en las ciudades seleccionadas, excepto para las dos localidades más australes, donde el AOA influye los valores de primavera y verano. Todos los valores presentados en el cuadro están de acuerdo con las tendencias globales del informe del estado de la capa de ozono, publicado por el panel de expertos de la Organización Mundial de Meteorología (Scientific Assessment of Ozone Depletion, 2010). Además, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, esta información confirma que en general el ozono total es menor en las regiones más cercanas al ecuador y mayor cerca de los polos.

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

La Figura 4 muestra, para la ciudad de Punta Arenas, la evolución durante el 2009 de la columna total de ozono y la Figura 5, el índice de radiación ultravioleta (IUV) en la misma ciudad austral. Para este año se aprecia que el AOA se posicionó durante varios días, generando aumentos de radiación ultravioleta.



Columna de Ozono (Unidades Dobson) en Punta Arenas, septiembre a diciembre de 2009.

fig.

4

Nota: Ozono (UD) = Columna de ozono medida en Unidades Dobson.

Fuente: Datos proporcionados por el Profesor Sr. Claudio Casiccia, del Laboratorio de Ozono de la Universidad de Magallanes.

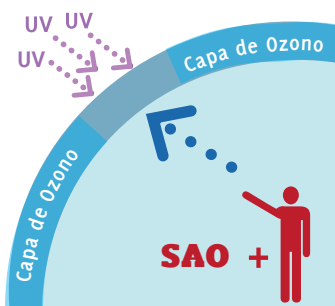
Radiación ultravioleta (Índice UV) observada en Punta Arenas, septiembre a diciembre de 2009.

fig.

5

Fuente: **Datos proporcionados por el Profesor Sr. Claudio Casiccia, del Laboratorio de Ozono de la Universidad de Magallanes.**

Presión: Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono



4] Se estima que cada átomo de cloro puede destruir unas 100.000 moléculas de ozono, antes de desaparecer de la estratósfera. Aunque la radiación UV sigue creando constantemente ozono a partir del oxígeno, la presencia de cloro acelera la destrucción del ozono, con lo que se reduce su concentración global.

5] El Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan el ozono, es un tratado internacional que tiene por objetivo proteger la capa de ozono, reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que reaccionan con el ozono y que son responsables del agotamiento de la capa de ozono. El acuerdo entró en vigor el 1º de enero de 1989.

El problema de la capa de ozono se origina, fundamentalmente, por la liberación a la atmósfera de sustancias perjudiciales, debido a la producción industrial y al consumo. Si bien este problema es responsabilidad de todos los países del mundo, no afecta en forma proporcional a cada uno.

El proceso continuo de formación de la capa de ozono se ha visto afectado por la presencia en la estratósfera de otros elementos de origen antrópico, como cloro, fluor y bromo, provenientes de las llamadas Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO). Estas sustancias han interrumpido el ciclo de formación y destrucción natural de ozono, lo que ha derivado en el debilitamiento de la capa de ozono⁴.

De acuerdo al Protocolo de Montreal⁵, las principales SAOs corresponden a compuestos como clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroclorofluorocarburos (HCFCs), usados en refrigeración, espumas, propelentes, solventes y extinción de fuego; bromuro de metilo (BrMe), fumigante de suelos y plaguicida; halones, en la extinción de fuego; metilcloroformo, antes utilizado como solvente; tetracloruro de carbono (CCl₄), que se ocupaba como solvente en laboratorios químicos.



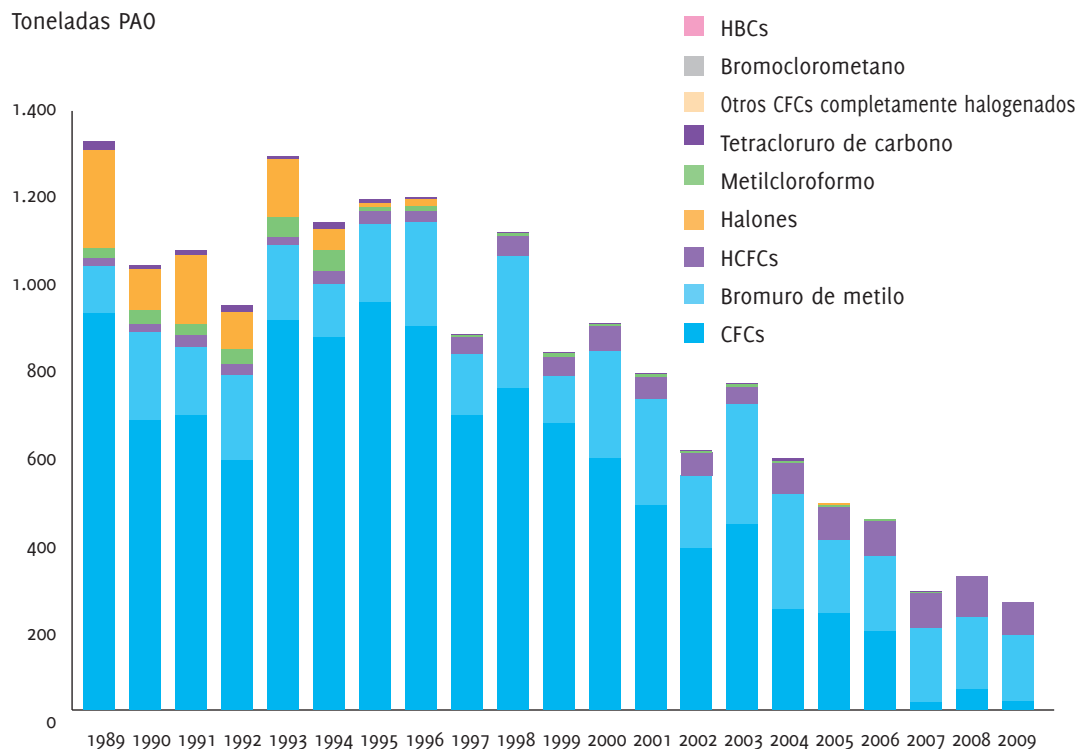
En el caso de Chile, no existe producción de SAOs y las exportaciones son poco significativas, por lo tanto el cálculo del consumo nacional se hace en base a las importaciones de productos que las contienen. De acuerdo al Protocolo de Montreal, las sustancias que ingresan vía importaciones son reguladas por el Servicio Nacional de Aduanas.

Durante el periodo 1989-2009 ha habido una disminución significativa del consumo nacional total de SAOs (ver Figura 6), explicada mayormente por la notable disminución del consumo de CFCs. Todas las SAOs han tendido a disminuir su consumo en el tiempo, exceptuando los HCFCs que han aumentado.

fig. 6

Consumo nacional total de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (toneladas PAO), 1989-2009.

Fuente: Elaboración propia en base a datos reportados por el Ministerio del Medio Ambiente a la Secretaría del Ozono.



Nota: PAO = Potencial de agotamiento de la capa de ozono.

El consumo de SAOs se calcula a partir de la fórmula: "importaciones + producción - exportaciones".

En Chile no existe producción de SAOs y la exportación es mínima, por lo que el consumo prácticamente corresponde a importaciones

Respuesta nacional frente al Agotamiento de la Capa de Ozono

4

1990

Protocolo de Montreal

6] El Protocolo de Montreal agrupa las principales SAOs en los siguientes 5 anexos: Anexo A: CFCs y halones; Anexo B: otros CFCs, metilcloroformo, tetracloruro de carbono; Anexo C: HCFCs, HBFCs y bromoclorometano; y Anexo E: bromuro de metilo (BrMe). El Anexo D es una lista indicativa de los productos que contienen SAOs.

La disminución de la capa de ozono se ha enfrentado como un problema global. En este marco, se suscribió el Convenio de Viena, como un acuerdo que protege la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos resultantes de las modificaciones de la capa de ozono. Para ello, este convenio promueve la investigación e intercambio de información para evaluar los impactos de las actividades humanas sobre la capa de ozono y los efectos de la alteración de ésta en la salud y el ambiente. Asimismo, pide adoptar medidas legislativas o administrativas para controlar, limitar, reducir o 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 disminuir el consumo de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs). Este protocolo establece calendarios para la reducción y eliminación de dichas sustancias. El Panel de Expertos del Protocolo estima que, si se cumplen con todas las obligaciones comprometidas por los países, hacia el año 2050 la Capa de Ozono en el hemisferio norte recuperará sus niveles de los años 70. En el caso del hemisferio sur, esto ocurrirá hacia el año 2065.

Chile ratificó el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal en 1990. El Protocolo de Montreal⁶ es norma vigente y el país tiene obligación de cumplir con los calendarios de reducción y eliminación de SAOs.

De acuerdo a las exigencias del Protocolo de Montreal, desde el 1 enero de 2010, en Chile se prohibió la importación de CFCs, halones y tetracloruro de carbono y, desde el 2008, no se han registrado importaciones de metilcloroformo. Por su parte, la prohibición para la importación de bromuro de metilo, se iniciará el 1 de enero de 2015.

En la Figura 7 se muestra la evolución del consumo nacional de cada tipo de SAO en el periodo 1989-2009 y los límites de consumo máximo establecidos por el Protocolo de Montreal desde 2006 a 2015. Se aprecia que para todas las SAOs se han cumplido tales metas. Para el caso de los HCFCs, de acuerdo a lo planteado, se estableció recientemente un calendario de reducciones, por lo que sus valores absolutos se calcularán con la línea base de los años 2009-2010.

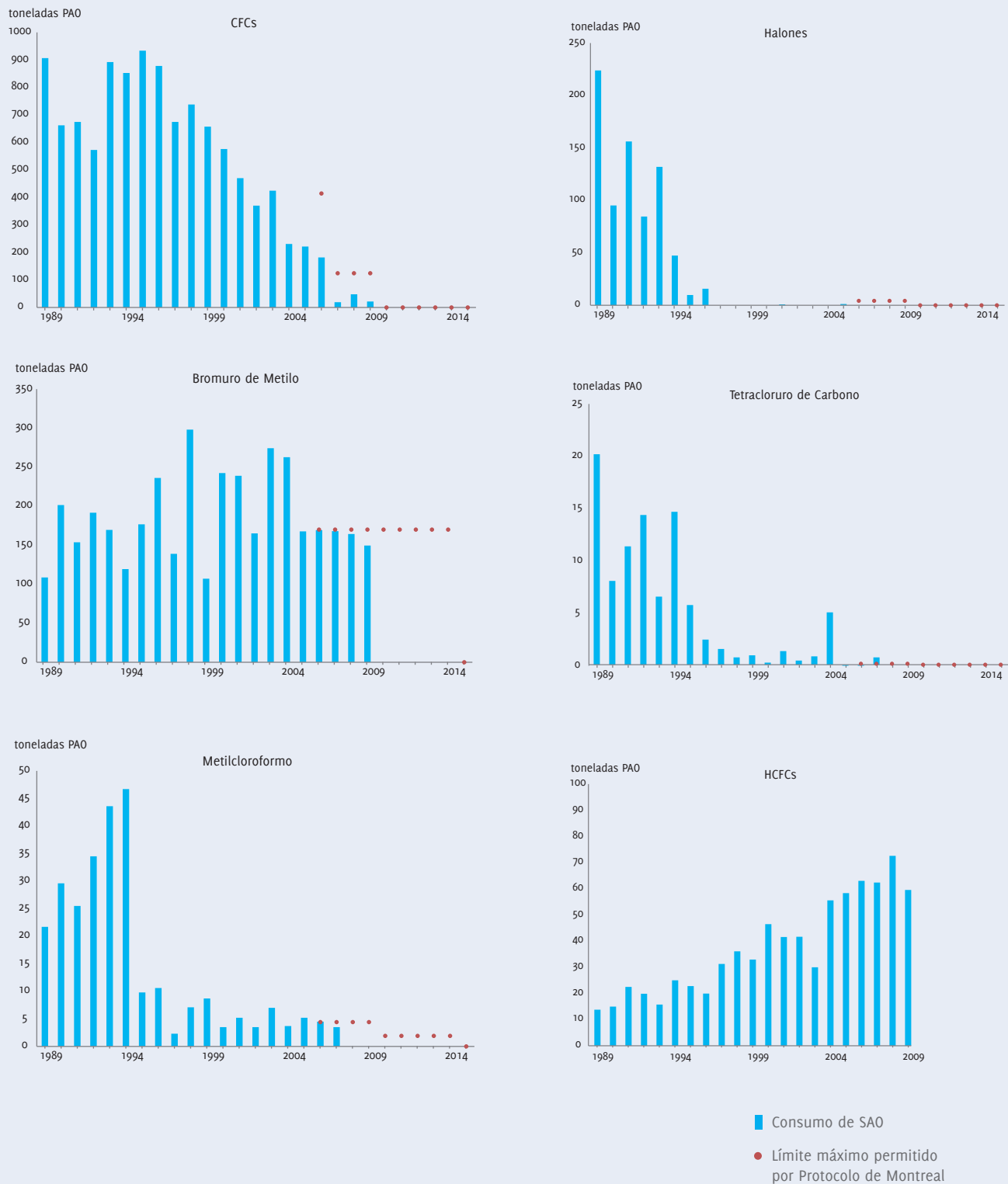


fig. 7

Consumo nacional de distintas SAOs (columnas) y límites máximos de importaciones permitidas establecidos por el Protocolo de Montreal (puntos), en toneladas PAO.

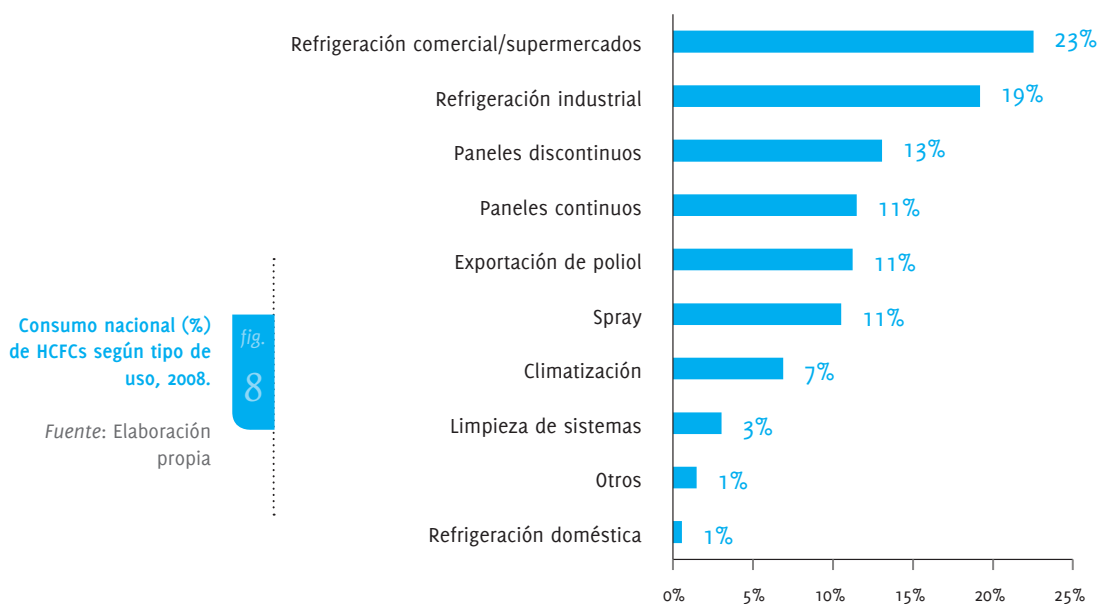
Nota: En el caso del consumo de tetracloruro de carbono en el año 2007, se aprecia un valor de consumo sobre el límite estipulado, pero esto no se considera un incumplimiento porque en el 2008 Chile presentó

a la Secretaría del Ozono su Plan de Acción, donde demostró que dicha importación fue para uso analítico y de laboratorio, lo que fue aceptado por el Comité de Implementación.

Fuente: Elaboración propia en base a datos reportados por el Ministerio del Medio Ambiente a la Secretaría del Ozono.

Respecto a los HCFCs, en la XIX Conferencia de las Partes en el Protocolo de Montreal, realizada en septiembre de 2007, se aprobó el ajuste del calendario de reducción de estas SAOs. 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 del 2040, permitiendo sólo un 2,5% del uso entre el 2030 y el 2039, exclusivo para operaciones justificadas de servicio técnico y mantenimiento, medida que se someterá a revisión en el 2020. El ajuste se inicia con la congelación del consumo a partir del 1° de enero de 2013, al nivel de la línea base. Luego, el año 2015 fija una reducción del 10%, un 35% al 2020, un 67,5% al 2025 y del 97,5% al 2030, dejando el 2,5% hasta el 2040.

En la Figura 8 se muestra la participación de los distintos usos en el consumo nacional de HCFCs para el año 2008, identificado en el Plan de Gestión para la Eliminación de HCFCs de Chile.



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

En este contexto, en diciembre de 2010, Chile presentó a la Secretaría del Fondo Multilateral (FML), por medio del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la solicitud de financiamiento de su Plan de Gestión para la Eliminación de HCFCs (HPMP), el cual contiene cuatro líneas estratégicas: marco regulatorio; apoyo al sector de espumas (paneles discontinuos y spray); apoyo al sector de refrigeración (servicios y mantención de refrigeración y climatización, incluyendo limpieza de sistemas); y difusión, sensibilización y monitoreo. El Plan tiene un cronograma de actividades desde el 2011 hasta el 2030, donde se trabajará en conjunto con PNUD y PNUMA como agencias implementadoras internacionales.

El plan nacional establece dos fases. La primera, entre los años 2011 y 2015, establece actividades de reducción del consumo de HCFCs en el sector de refrigeración, con apoyo en aspectos normativos y de difusión pública. Posteriormente, entre el 2015 y 2030, se implementarán actividades de reducción y eliminación del consumo de HCFCs en los sectores de refrigeración, climatización y espumas, junto con apoyo normativo y medidas de difusión pública.



Programa País para la Protección de la Capa de Ozono

El Programa Ozono se creó en Chile en la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) el año 1993, con el fin de asegurar el cumplimiento del Protocolo de Montreal en el país, actuando esa institución como punto focal de dicho acuerdo. Como parte de este programa, se elaboran y ejecutan proyectos de inversión o 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 (Environment Canada).

En materia normativa, el 23 de Marzo del 2006 entró en vigencia la Ley N° 20.096, conocida como “Ley Ozono”, que establece mecanismos de control aplicables a todas las SAOs y medidas de difusión, evaluación, prevención y protección frente a la radiación ultravioleta. De manera complementaria, Chile ha desarrollado otras regulaciones, decretos y resoluciones para contribuir a la disminución del consumo de las SAOs, las que se detallan en el Cuadro 2.



Cuadro 2 Normas aplicables a las SAOs.

NOMBRE	AÑO	DESCRIPCIÓN
Ley N° 20.096, MINSEGPRES	2006	Conocida como la “Ley Ozono”, establece los mecanismos de control de SAOs.
DS 37/2007, MINSEGPRES	2007	Establece volúmenes máximos de importación*.
Res. N° 3577, Servicio Agrícola y Ganadero	2006	Establece obligación de declarar usos de bromuro de metilo.
Res. Ex. N° 5630 y 5638, Servicio Nacional de Aduanas	2007	Establecen el mecanismo de distribución de los volúmenes máximos de importación**.
Res. N° 1059, Instituto de Salud Pública	2010	Establece rotulado de inhaladores con CFCs.

Notas:

*Actualmente, se está modificando de acuerdo al nuevo calendario para los HCFCs.

**Mecanismo de distribución de volúmenes máximos de importación: 80% entre importadores históricos; 18% entre importadores nuevos; 2% a criterio del Director de Aduanas (ajuste de cálculos).

Fuente: Elaboración propia.

Además, bajo la implementación del Programa País para la Protección de la Capa de Ozono, se han implementado diversos proyectos para reducir y eliminar el uso de las SAOs (ver Cuadro 3). Como parte de estas acciones, se han desarrollado capacitaciones, incorporación de buenas prácticas de refrigeración en las mallas curriculares de los centros de educación de nivel técnico y superior; programas de recuperación y reciclaje; reconversiones tecnológicas, así como asistencia técnica para reemplazo de SAOs en sus actividades.

Cuadro 3 Proyectos ejecutados por agencia implementadora internacional desde 2004 a la fecha.

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) 1997-2008 (TECFIN II)
PNUD	Plan Terminal Solventes	2005 - 2010
	Plan Terminal Refrigeración	2007 - 2011
	Plan Terminal Espumas	2007 - 2011
	Halones	2008 - 2011
	Fortalecimiento Institucional	2007 - 2011
	Preparación HPMP	2009 - 2010
Environment Canada	Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 2: Capacitación en buenas prácticas de refrigeración (BPR), Evaluación de mallas curriculares.	2003 - 2006
	Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 2: Norma en BPR, Reacondicionamientos demostrativos.	2005 - 2006
	Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 3 (Programa de Recuperación y Reciclaje).	2006 - 2009
	Plan Terminal de CFCs	2009 - 2012
PNUMA	Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 1: Capacitación y sistema de información en aduanas.	2006 - 2009
	Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 4: Campaña de sensibilización.	2007 - 2010
	Plan Manejo de Refrigerantes, Módulo 5: Monitoreo.	2003 - 2010
ONUDI	Proyecto Terminal de Bromuro de Metilo (Componente de inversión)	2010 - 2014



7] *El Dr. Claudio Casiccia, Director del Laboratorio de Ozono de la Universidad de Magallanes, es el representante de Chile ante la Reunión de Administradores de Investigaciones sobre el Ozono del Convenio de Viena.*

De manera paralela a las acciones para disminuir el consumo de las SAOs, en el país se desarrollan iniciativas para monitorear la capa de ozono. Es así como, desde 1991, el Laboratorio de Ozono y Radiación UV de la Universidad de Magallanes desarrolla investigaciones sobre los niveles de ozono en la estratósfera de Magallanes y la Antártica Chilena. Precisamente, el “Proyecto de fortalecimiento de la capacidad de medición de la capa de ozono y la radiación UV en la Patagonia Austral y su proyección hacia la comunidad” es uno de los más relevantes, donde el Ministerio del Medio Ambiente (antes CONAMA) actúa como contraparte del Gobierno⁷.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABARCA, J.F. Y CASICCIA, C. DICIEMBRE 2002. Skin cancer and ultraviolet-B radiation under the Antarctic ozone hole: southern Chile, 1987-2000. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 18(6): 294-302.
- CASICCIA, C., 2010. *Influence of the Antarctic Ozone Hole on the American South Cone 1992-2009*. Foz do Iguaçu, Brasil, 8-13 Aug.
- CASICCIA, C., 2008. Report of the ozone research in Chile. En: *Proceeding of the VII Meeting of the Ozone Research Managers of the Parties to the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, 19-21 may 2008, Geneva, Switzerland: WMO Global Ozone Research and Monitoring Project – Report n° 51*.
- CASICCIA, C., 2010. The ozone layer is recovering in mid-latitudes. In: *EGU General Assembly 2010, 2-7 May 2010, Vienna*.
- CASICCIA, C.; KIRCHHOFF, V.W.J.H. Y TORRES, A. C., 2003. Simultaneous measurements of ozone and ultraviolet radiation: spring 2000, Punta Arenas, Chile. En: *J. Atmos. Env.* 37(3):383-389.
- CASICCIA, C.; ZAMORANO, F. Y HERNÁNDEZ, A. 2008. Erythemal irradiance at the Magellan's region and Antarctic Ozone Hole 1999-2005. *Atmósfera*, Vol. 21(1), 1-11.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H.; CASICCIA, C.; ZAMORANO, F., 20 de abril de 1997. The ozone hole over Punta Arenas, Chile. En: *J. Geophys. res.*, vol 102, n° D7:8945-8953.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H.; ZAMORANO, F.; CASICCIA, C., 1997. UV-B Enhancements at Punta Arenas, Chile. *J.Photochem. Photobiol. B*, vol. 38: 174-177.
- MUNAKATA, N.; SCHUCK, N.; CASICCIA, C., 2006. Biological Monitoring of Solar UV Radiation at 17 Sites in Asia, Europe and South America from 1999 to 2004. *J.Photochem. Photobiol. B*, doi: 10.1562/2005-07-07-RA-602, Vol 81, N°.6.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA), 2010. Guía educativa Ozono: educación básica.
- RONALD VAN DER A, BAS MIJLING. KNMI/TEMIS, 2010. Ozone and UV forecast, Daily updated pictures and data, Ozone, Antarctic ozone hole at 10 Oct 2010. Disponible en: http://www.temis.nl/protocols/o3hole/o3_archive.php?date=20101010.