

Elementos que destruyen la Capa de Ozono

La primera voz de alerta provino de un trabajo publicado en 1974 por los científicos Sh. Rowland y M. Molina de la Universidad de California, quienes pusieron de manifiesto que los clorofluorcarbonos (CFC) usados en refrigeración, aire acondicionado y fabricación de espumas plásticas, eran los responsables de la rápida destrucción de ozono.

El mundo ha cambiado ostensiblemente desde que investigadores de las más diversas áreas dieran la señal de alarma ante la debacle ambiental que la actividad descontrolada del hombre estaba creando. Primero fue la comprobación del hecho de que los ecosistemas estaban siendo seriamente afectados por los desechos industriales, nucleares y domiciliarios y que el uso de combustibles fósiles estaban degradando la calidad de vida de los habitantes de las grandes urbes.

Finalmente, como corolario a todo lo anterior, se descubre que uno de los "pilares" de la comodidad y modernidad de nuestra era, esto es, el uso de refrigerantes, aerosoles, espumas plásticas y sistemas de prevención de incendios, eran los principales causantes de la destrucción de la capa de ozono del planeta. Definitivamente, después de este anuncio, el mundo ya no podía ser el mismo de antes. Es que la importancia de este, hasta hace poco desconocido ozono, radica en que protege toda la cadena de vida del planeta, ya que su estructura permite absorber los peligrosos rayos ultravioletas (UVB) provenientes del sol.

La figura 1 muestra un esquema de balance energético de las radiaciones de luz solar y sus filtros naturales antes de llegar a la superficie de la tierra:

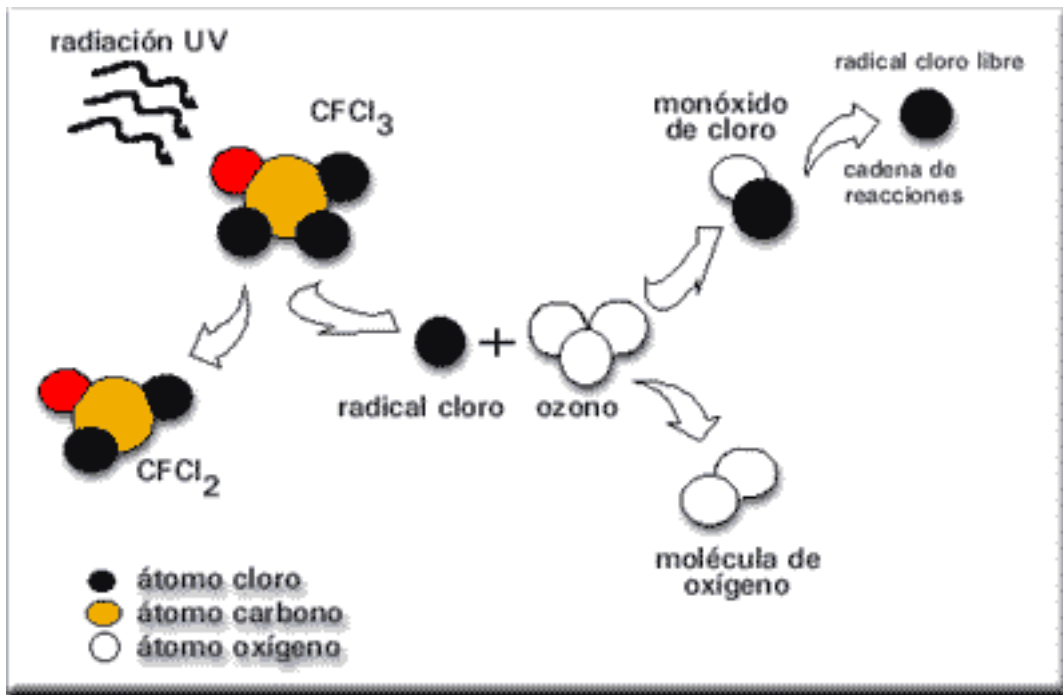
Los elementos que destruyen la Capa de Ozono

La primera voz de alerta provino de un trabajo publicado en 1974 por los científicos Sh. Rowland y M. Molina de la Universidad de California, quienes pusieron de manifiesto que los clorofluorcarbonos (CFC) usados en refrigeración, aire acondicionado y fabricación de espumas plásticas, eran los responsables de la rápida destrucción de ozono. Muchos años han pasado y trabajos realizados con posterioridad han confirmado y aportado nuevas evidencias sobre el rol de los átomos cloro y bromo en la secuencia de reacción química que destruye el ozono. Para resumir, el mecanismo de reacción se puede esquematizar de la siguiente manera:

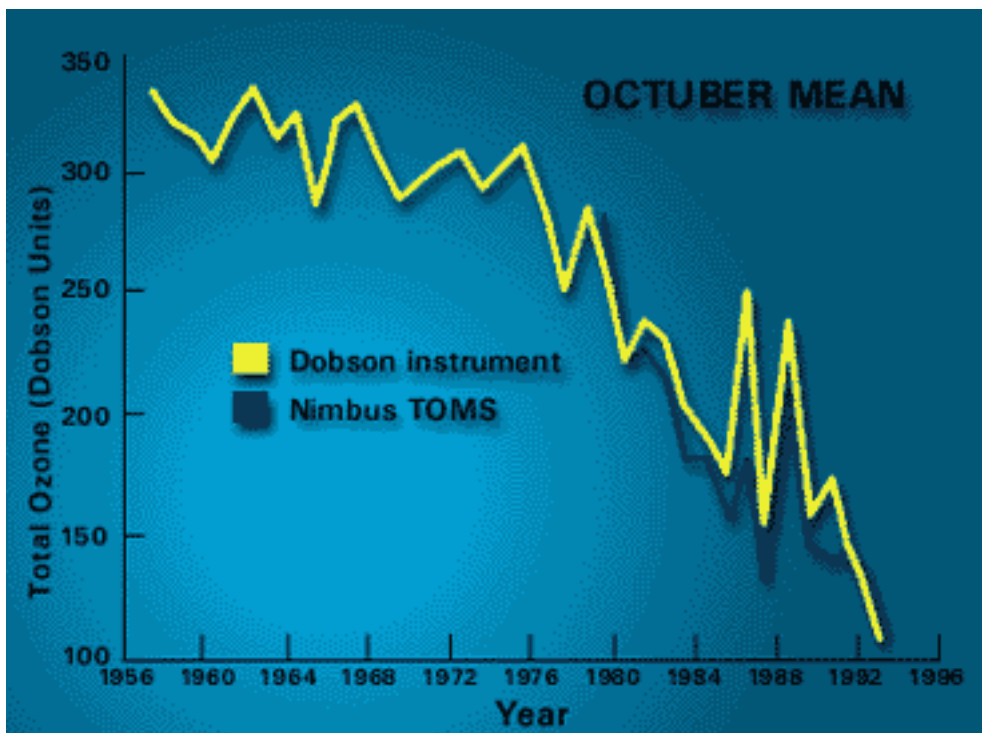
- # Los CFC y Halones (CFBr) son compuestos muy estables (pueden tener una vida media mayor de 100 años). Por lo tanto, cuando son liberados a la atmósfera, no son degradados y alcanzan la estratósfera.
- # Es en este lugar, donde son irradiados por la luz UV y se descomponen rápidamente para liberar átomos de Cloro (o Bromo), los cuales comienzan una cadena de reacciones fotoquímicas que interfieren con el ozono estratosférico, teniendo como consecuencia la destrucción de este último. Se estima que un átomo de cloro, antes de ser neutralizado, puede destruir 100.000 moléculas de ozono.

La figura 2 muestra en forma simplificada el proceso de degradación del

OZONO:



Se han realizado, en los últimos años, numerosas mediciones de nivel de la columna de ozono en la Antártica. La figura 3 muestra los resultados de mediciones de ozono durante la primavera antártica. Es importante recalcar que en todo el planeta se ha venido registrando una disminución persistente de los niveles existentes al año 1979. Los trabajos científicos realizados hasta el momento muestran plena coincidencia al atribuir los bajos niveles de ozono existentes a los cloruros introducidos a la atmósfera.

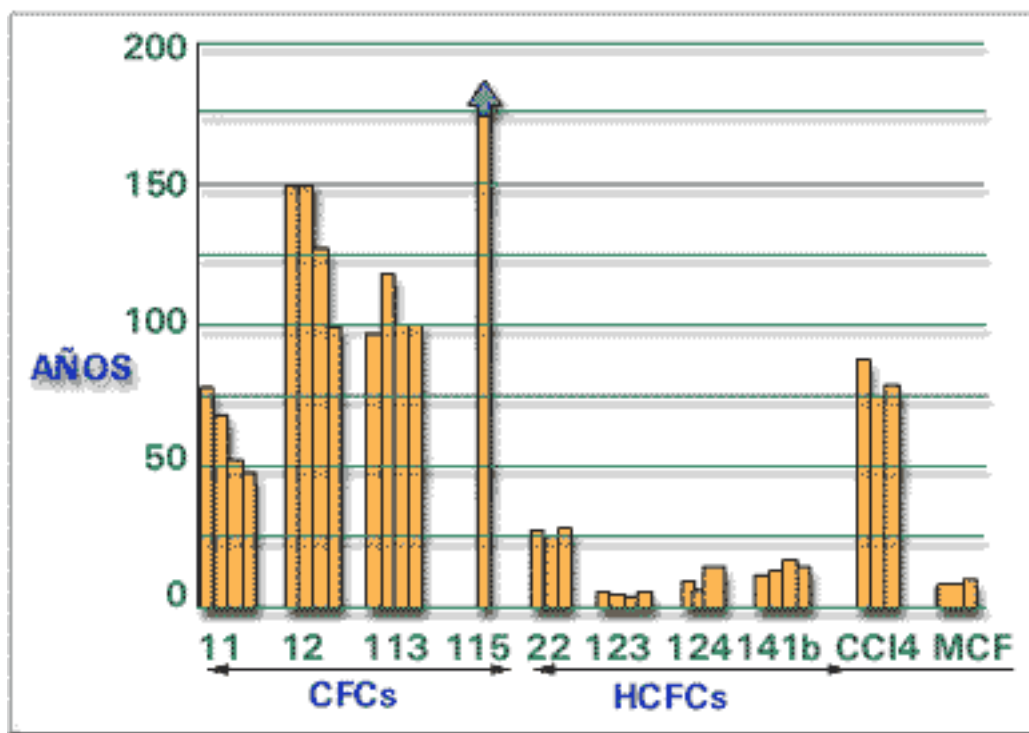


La magnitud del "agujero" de la capa de ozono es prácticamente del tamaño del continente helado.

Otro punto interesante de aclarar a la opinión pública, es que el esfuerzo que hoy día se

realiza para frenar la producción de CFC y Halones, tendrá sus efectos en el mediano y largo plazo. En efecto, se calcula que aunque el consumo y producción de estas sustancias se eliminara hoy, posiblemente el restablecimiento de los niveles normales de ozono tomaría a lo menos un par de décadas, esto debido a que la estabilidad molecular y el período de vida media de los CFCs y halones son extremadamente altos. En la figura 4 se pueden observar los promedios de vida en la atmósfera de CFCs y HCFC comunes.

Fig. 4: Períodos de vida media de Clorofluorcarbonos en la atmósfera. El eje horizontal corresponde al tipo de compuesto representado. (adaptado de ref. 5)



Situación actual de la capa de ozono y sus consecuencias en Chile

Mediciones del nivel de la capa de ozono realizadas por instituciones internacionales indican que el agujero de la capa de ozono ha continuado a acentuarse durante los últimos años, llegando a niveles de menos de 170 unidades dobson.

Chile posee varias estaciones de medición de niveles de ozono. Instituciones como la Dirección de Meteorología y las Universidades de Chile y Magallanes, realizan prospecciones permanentes del estado de la capa de ozono.

- # Imágenes de la Capa de Ozono de Agosto a Octubre de 1997
- # Imágenes de la Capa de Ozono de Octubre a Noviembre de 1997
- # Animación de la capa de Ozono 1996

Este fenómeno de disminución de la capa de ozono es totalmente pronosticable y seguramente no estamos pasando aún por el peor momento. Según una conferencia de expertos internacionales realizada en Santiago en Octubre de 1993, se prevee que la disminución podría ser sostenida hasta cercano el año 2000, para después iniciar una lenta recuperación, la que podría ser total a mediados del siglo 21.

La otra información recibida es que la extensión del agujero de la capa de ozono sería equivalente a una y media veces el territorio antártico.

Nuestro país se encuentra realmente afectado por la disminución de la capa de ozono que se registra sostenidamente a nivel mundial. El hemisferio Norte muestra una disminución paulatina acumulada del 5% (respecto del año 1982), mientras que en el hemisferio Sur decae aproximadamente un 7%. Esta magnitud promedio, no es igual en todas partes, pues existen regiones, como la comprendida entre Puerto Montt y la Península Antártica en que la disminución acumulada estimativa sería de alrededor del 13%.

El protocolo de Montreal

La constatación de que ciertos productos químicos dañan la Capa de Ozono estratosférico, hizo que Naciones Unidas convocara a la Reunión de Viena, de la cual se emitió un documento que sería la base para las posteriores reuniones de Montreal, Londres y Copenhagen. Como resultado, en la actualidad se tienen los documentos conocidos como Protocolo de Montreal (1987) y sus subsecuentes Enmiendas de Londres (1990) y Copenhagen (1992).

El Protocolo de Montreal es un acuerdo internacional que limita, controla y regula la producción, el consumo y el comercio de sustancias depredadoras de la capa de ozono. El número total de países partes del Protocolo, comprometidos formalmente a cumplir con sus disposiciones, es de 155.

En el Artículo 5 del Protocolo, los países participantes se han dividido según el consumo per cápita de estas sustancias. Aquellos países, como Chile, cuyo consumo es inferior a 0.3 kg/hab (Art. 5, párrafo 1) tienen 10 años de gracia para cumplir las obligaciones impuestas por el acuerdo y además tienen el derecho a acceder a los recursos del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, para financiar los costos incrementales asociados a la conversión tecnológica.

El Protocolo de Montreal y sus Enmiendas identifican una serie de compuestos dañinos para la capa de ozono (ODS), los que se muestran en los anexos A, B y C. Por otro lado, establece claramente los plazos y los niveles de producción y consumo de ODS permitidos, a saber:

- # Los países desarrollados deben dejar de producir las sustancias contenidas en el anexo A en el año 1996.
- # Los países que operan al amparo del Art. 5 párrafo 1 no podrán incrementar su consumo en los años venideros y, en todo caso, deberán cesar su consumo en el año 2010.
- # Estas sustancias podrán ser utilizadas sólo en fines esenciales para los cuales no existan sustitutos en el mercado.

En la tabla 3 se muestra el itinerario detallado de reducción de ODS fijado por el Protocolo y sus enmiendas. En el caso de los HCFC (sustancias de bajo potencial agotador de ozono, consideradas como de transición y listadas en el anexo C), el calendario de reducción es más flexible y paulatino, alcanzando una eliminación total el año 2030. La tabla 1 muestra con detalles el cronograma de eliminación de HCFC.

Tabla 1: Etapas de eliminación de HCFC planteada por la enmienda de Copenhagen, para países desarrollados, art. 2.

AÑO

ACCION

1996

(1) consumo base = consumo de hcfc de 1989 + 2.8% del nivel de consumo de 1989 de cfc

2004

Reducción 35% de (1)

2010

Reducción 65% de (1)

2015

Reducción 90% de (1)

2020

Reducción 99.5% de (1)

2030

Eliminación

La situación en Chile

La situación de nuestro país es relativamente sencilla, por cuanto la totalidad de las sustancias dañinas para la Capa de Ozono utilizadas en el mercado nacional, son producidas en el extranjero. Esto significa que la eliminación de estas sustancias conlleva el cambio tecnológico o modificación de los procesos productivos que las utilizan. Dado que la producción de estas sustancias ha cesado en los países desarrollados y eventualmente cesará a nivel mundial, el recambio tecnológico se convierte en una necesidad vital para nuestro sector productivo. Más aun, en la medida que vayan cumpliendo los plazos establecidos por el Protocolo de Montreal, las restricciones al comercio internacional de productos terminados que contengan ODS irá en aumento.

La Tabla 2 muestra la evolución del consumo nacional de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal en los últimos años (1998 - 1997)

Las cifras indican que Chile tiene un bajo consumo (< 0.12 kg/hab, excluido el Bromuro de Metilo) y ponen en evidencia que los CFC-11 y CFC-12 son las sustancias más utilizadas en el país.

De la tabla 2, se podría inferir que el consumo de halones, utilizados principalmente en sistemas de extinción de incendios, no es muy importante en Chile y ha tendido a desaparecer en los últimos años; sin embargo, informaciones parciales permiten pensar que estas cifras podrían ser mayores, ya que existen consumidores de estas sustancias que manejan esta información como materia confidencial.

Para el caso de Bromuro de Metilo, se observa un importante consumo, llegando a totalizar aproximadamente 400 toneladas métricas el año 1997. Su uso principal está destinado a fumigación de suelos en actividades de agricultura (aprox. 80%) y para fumigación de frutas de exportación (aprox. 20%). Los acuerdos tomados en la Novena Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal, realizada en Montreal en Noviembre de 1997, se acordó un cronograma de eliminación de la producción de esta sustancia. Para las naciones en desarrollo se debe lograr una eliminación total para el año 2015.

Las cifras de consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono (ODS), por sector de actividad se muestran en la fig.5.

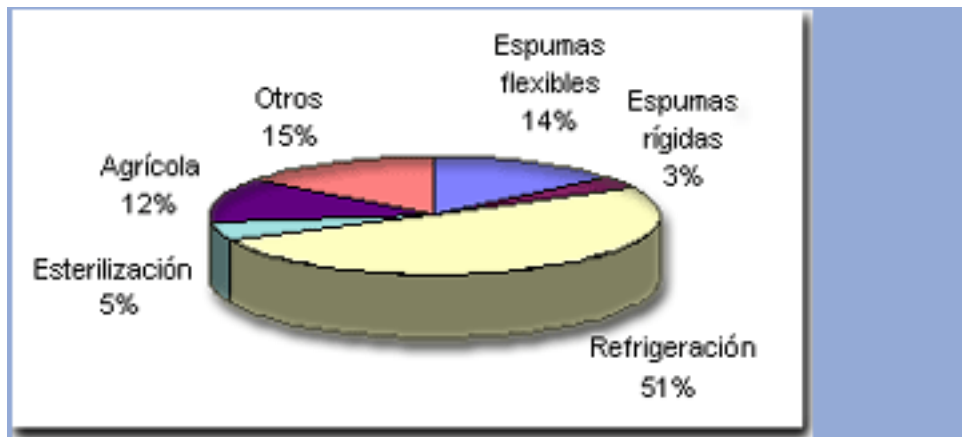


Tabla 3: Programa de reducción de ODSs de acuerdo a la enmienda de Copenhague, para países desarrollados, art. 2 .

Sustancias

Acción

Consumo

Producción

Inicio

Excepción

Magnitud Excepción

Anexo A GRUPO I

Reducción

<75% nivel 1986

<75% nivel 1986

1/1/94

10% sobre nivel 1986

Anexo A GRUPO I

Eliminación

100%

100%

1/1/96

15% sobre nivel 1986

Anexo A GRUPO II

Eliminación

100%

100%

1/1/94

15% sobre nivel 1986

Anexo B GRUPO I

Reducción

< 20% nivel 1989

< 20% nivel 1989

1/1/93

-Aplicaciones esenciales

10% sobre nivel 1989

Anexo B GRUPO I

Reducción

< 75% nivel 1989

< 75% nivel 1989

1/1/94

-Paises Art.5

10% sobre nivel 1989

Anexo B GRUPO I

Eliminación

100%

100%

1/1/96

15% sobre nivel 1989

Anexo B GRUPO II

Reducción

< 85% nivel 1989

<85% nivel 1989

1/1/95

15% sobre nivel 1989

Anexo B GRUPO II

Eliminación

100%

100%

1/1/96

15% sobre nivel 1989

Anexo B GRUPO III

Reducción

100%

100%

1/1/96

10% sobre nivel 1989

Anexo E

BrMe

Congelación

nivel 1991

nivel 1991

1/1/95

cuarentena

pre-embarque

Anexo E

BrMe

Reducción

25%

25%

1/1/2001

	10% sobre nivel 1991
	Anexo E
BrMe	
	Reducción
	50%
	50%
	1/1/2005
	10% sobre nivel 1991
	Anexo E
BrMe	
	Reducción
	100%
	100%
	1/1/2010
	15% sobre nivel 1991
Tabla 4: Compromisos y obligaciones de Chile ante el Protocolo de Montreal (países del Art. 5)	
AÑO	
COMPROMISO	
1999	
	Congelar el consumo de sustancias del Anexo A, Grupo I, al promedio de consumo 1995 - 1997
2000	
	Sistema de Licencias de Importación para todas las sustancias
2002	
	Congelar el consumo de Halones, al nivel 1995 - 1997
2010	
	Eliminación del consumo de todas las sustancias, excepto Bromuro de Metilo
2015	

Eliminación del consumo de Bromuro de Metilo

Chile tiene, además, las obligaciones de:

- # Implementar políticas y programas tendientes a disminuir y eventualmente eliminar el consumo de SAO;
- # Informar periódicamente a la Secretaría del Protocolo de Montreal el consumo de ODS y la aplicación del Protocolo de Montreal en Chile.

ANEXO A, SUSTANCIAS CONTROLADAS

GRUPO

SUSTANCIA

POTENCIAL AGOTADOR DE OZONO

Grupo I

CFC13

CFC-11

1.0

CF2Cl2

CFC-12

1.0

C2F3Cl3

CFC-113

0.8

C2F4Cl2

CFC-114

1.0

C2F5Cl

CFC-115

0.6

Grupo II

CF2BrCl

Halon 1211

3.0

CF3Br

Halon 1301

10.0

C2F4Br2

Halon 2402

6.0

ANEXO B, SUSTANCIAS CONTROLADAS

GRUPO

SUSTANCIA

POTENCIAL AGOTADOR DE OZONO

Grupo I

CF3Cl

CFC-13

1.0

C2FCI5

CFC-111

1.0

C2F2CI4

CFC-112

1.0

C3FCI7

CFC-211

1.0

C3F2CI6

CFC-212

1.0

C3F3CI5

CFC-213

1.0

C3F4Cl4

CFC-214

1.0

C3F5Cl3

CFC-215

1.0

C3F6Cl2

CFC-216

1.0

C3F7Cl

CFC-217

1.0

Grupo II

CCl4

tetracloruro de carbono

1.1

Grupo III

C2H3Cl3

1,1,1-tricloroetano

0.1

(metilcloroformo)

ANEXO C, SUSTANCIAS DE TRANSICION

GRUPO I

GRUPO II

SUSTANCIA

NOMBRE

SUSTANCIA

NOMBRE

CHFC12
HCFC-21
CHFBr2
(HBFC-22B1)
CHF2Cl
HCFC-22
CHF2Br
CH2FC1
HCFC-31
CH2FBr
C2HFC14
HCFC-121
C2HFBr4
C2HF2Cl3
HCFC-122
C2HF2Br3
C2HF3Cl2
HCFC-123
C2HF3Br2
C2HF4Cl
HCFC-124
C2HF4Br
C2H2FC13
HCFC-131
C2H2FBr3
C2H2F2Cl2
HCFC-132
C2H2F2Br2
C2H2F3Cl

HCFC-133

C₂H₂F₂Br₂

C₂H₃FCl₂

HCFC-141

C₂H₃F₂Br₂

C₂H₃F₂Cl

HCFC-142

C₂H₃F₂Br

C₂H₄FCl

HCFC-151

C₂H₄FBr

C₃HFCl₆

HCFC-221

C₃H₂FBr₆

C₃H₂F₂Cl₅

HCFC-222

C₃H₂F₂Br₅

C₃H₂F₃Cl₄

HCFC-223

C₃H₂F₃Br₄

C₃H₂F₄Cl₃

HCFC-224

C₃H₂F₄Br₃

C₃H₂F₅Cl₂

HCFC-225

C₃H₂F₅Br₂

C₃H₂F₆Cl

HCFC-226

C₃H₂F₆Br

C3H2FCI5

HCFC-231

C3H2FBr5

C3H2F2CI4

HCFC-232

C3H2F2Br4

C3H2F3CI3

HCFC-233

C3H2F3Br3

C3H2F4CI2

HCFC-234

C3H2F4Br2

C3H2F5CI

HCFC-235

C3H2F5Br

C3H3FCI4

HCFC-241

C3H3FBr4

C3H3F2CI3

HCFC-242

C3H3F2Br3

C3H3F3CI2

HCFC-243

C3H3F3Br2

C3H3F4CI

HCFC-244

C3H3F4Br

C3H4FCI3

HCFC-251

C3H4FBr3

C3H4F2Cl2

HCFC-252

C3H4F2Br2

C3H4F3Cl

HCFC-253

C3H4F3Br

C3H5FC12

HCFC-261

C3H5FBr2

C3H5F2Cl

HCFC-262

C3H5F2Br

C3H6FC1

HCFC-271

C3H6FBr