



Ambiente

FORTALECIMIENTO AL CONTROL DEL COMERCIO DE LAS **SUSTANCIAS LISTADAS** EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Documento técnico
dirigido a servidores
públicos de aduanas
y otras autoridades
de control

2025

ONU 
programa para el
medio ambiente



FORTALECIMIENTO AL CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS LISTADAS EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Documento técnico dirigido a servidores públicos de aduanas y otras autoridades de control

REPÚBLICA DE COLOMBIA

Presidente

Gustavo Francisco Petro Urrego

Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Lena Yanina Estrada

Viceministro de Políticas y Normalización Ambiental

Mauricio Cabrera Leal

Director (E) de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana

Jairo Orlando Hómez Sánchez

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO,
PNUD COLOMBIA

Representante Residente

Sara Ferrer Olivella

Representante Residente Adjunta

Carla Zacapa Zelaya

Gerente de Desarrollo Sostenible

Jimena Puyana

Equipo técnico Unidad Técnica Ozono

Leydy María Suárez Orozco

Andrea Melissa Serrano

Edwin M. Dickson

Gina Paola Sánchez Sierra

James Alejandro Mendoza Avendaño

Nidia Mercedes Pabón Tello

Alejandra Bello

Luis Humberto Espinosa Fula

Elaboración de textos Unidad Técnica Ozono: Gina Paola Sánchez Sierra, Leydy María Suárez Orozco, Nidia Mercedes Pabón Tello / Elaboración de textos Universidad del Rosario: Alexander Cotte Poveda, Clara Inés Pardo Martínez / Corrección de Estilo: Alexander Olave Martínez / Diseño y Diagramación: Juan David Vargas Escorcía / Editorial Scripto SAS, Juan José Garnica Latorre / Impresión: Editorial Scripto SAS.

Primera edición: mayo de 2025

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia (MinAmbiente)

© Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

© Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Nombre: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, autor | Gina Paola Sánchez Sierra, elaboradora de textos | Leydy María Suárez Orozco, elaboradora de textos | Nidia Mercedes Pabón Tello, elaboradora de textos | Alexander Cotte Poveda, elaborador de textos | Clara Inés Pardo, elaboradora de textos.

Título: Fortalecimiento al control del comercio de las sustancias listadas en el Protocolo de Montreal

Descripción: Primera edición | Bogotá : Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2025. | 168 páginas : cuadros, fotografías y tablas.

Incluye lista de anexos.

Identificadores: ISBN 978-628-7598-37-9 (digital)

ISBN 978-628-7598-40-9 (impreso)

Materias: Tesoro Ambiental para Colombia. Gases refrigerantes | Halones Normas técnicas | Protocolo de Montreal | Seguridad industrial | Sustancias agotadoras de la capa de ozono | Sustancias químicas | Tratados internacionales de medioambiente

Clasificación: CDD 333.75 -dc21

CO_BoCDM

Citación sugerida: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Sánchez Sierra, G.P., Suárez Orozco, L. M., Pabón Tello, N. M., Cotte Poveda, A. y Pardo, C. I. (2025). *Fortalecimiento al control del comercio de las sustancias listadas en el Protocolo de Montreal*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

CONTENIDO

1. AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL	10
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	10
RESUMEN	11
1.1. EL OZONO EN LA ATMÓSFERA	11
1.1.1. ¿QUÉ ES EL OZONO Y EN DÓNDE SE ENCUENTRA?	11
1.1.2. ¿CÓMO SE FORMA EL OZONO EN LA ATMÓSFERA?	12
1.1.3. FUNCIÓN DEL OZONO ESTRATOSFÉRICO: ¿POR QUÉ SE DEBE CUIDAR?	14
1.1.4. DISTRIBUCIÓN DEL OZONO QUE RODEA LA TIERRA	15
1.1.5. MEDICIÓN DEL OZONO EN LA ATMÓSFERA	16
1.2. EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO	17
1.2.1. ¿QUÉ ES EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO?	17
1.2.2. ¿CÓMO SE FORMA EL AGUJERO EN LA CAPA DE OZONO?	17
1.2.3. ¿POR QUÉ EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO APARECIÓ SOBRE LA ANTÁRTIDA SI LAS SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO ESTÁN PRESENTES EN TODA LA ESTRATÓSFERA?	19
1.2.4. EL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO EN EL POLO ÁRTICO	20
1.3. EFECTOS DEL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO	21
1.3.1. ¿QUÉ TAN CRÍTICA ES LA DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO SOBRE LA ANTÁRTIDA?	21
1.3.2. GRAVEDAD DE LA DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO	22
1.4. RELACIÓN ENTRE EL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	22
1.4.1. ¿EN QUÉ CONSISTE EL CALENTAMIENTO GLOBAL?	22
1.4.2. MEDICIÓN DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA EN EL PLANETA	25
1.4.3. ¿LA DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO AUMENTA LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA SOBRE LA TIERRA? ..	29
1.5. EL OZONO ESTRATOSFÉRICO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL FUTURO	29
2. PROTOCOLO DE MONTREAL	34
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	34
RESUMEN	35
2.1. TRATADOS INTERNACIONALES PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO	35
2.1.1. PROTOCOLO DE MONTREAL	35
2.1.2. SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL	37
2.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO DE MONTREAL	39
2.1.4. ANEXOS DEL PROTOCOLO DE MONTREAL	40
2.1.5. ENMIENDA DE KIGALI Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA DESACELERACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	44
2.2. OBLIGACIONES PARA LAS PARTES EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	44
2.2.1. ORGANISMOS INTERNACIONALES INVOLUCRADOS EN LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y CONTEXTO REGIONAL	47
2.3. LOGROS DEL PROTOCOLO DE MONTREAL	50

3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA	55
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	55
RESUMEN	56
3.1. COMPROMISOS ADQUIRIDOS POR COLOMBIA CON EL PROTOCOLO DE MONTREAL	56
3.2. ACCIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA.....	64
3.3. MARCO NORMATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA.....	65
3.4. ENTIDADES NACIONALES INVOLUCRADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL.....	68
4. CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS LISTADAS EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y EQUIPOS Y PRODUCTOS QUE LAS CONTIENEN EN COLOMBIA	75
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	75
RESUMEN	76
4.1. EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y EL CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SAO Y LOS HFC Y EQUIPOS Y PRODUCTOS QUE LAS PUEDEN CONTENER.....	76
4.1.1. CONTROL DEL COMERCIO EN PAÍSES QUE SON PARTE DEL PROTOCOLO DE MONTREAL	76
4.1.2. CONTROL DEL COMERCIO CON PAÍSES QUE NO SON PARTE DEL PROTOCOLO DE MONTREAL.....	78
4.2. INSTRUMENTOS, REQUERIMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA	78
4.2.1. IMPORTACIÓN DE SAO Y HFC	78
4.2.2. EXPORTACIÓN DE SAO	80
4.2.3. CONTROL DE LAS IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES.....	80
4.2.4. CONTROL DE LAS IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE PRODUCTOS Y EQUIPOS QUE PUEDEN CONTENER SAO Y HFC.....	83
4.2.5. CONTROL ADUANERO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR PROTOCOLO DE MONTREAL.....	86
5. IDENTIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL	92
OBJETIVO DE APRENDIZAJE	92
RESUMEN	93
5.1. IMPORTANCIA DE IDENTIFICAR LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL.....	93
5.2. NOMBRES Y NÚMEROS DE LAS SAO Y LOS HFC	93
5.2.1. NOMBRES QUÍMICOS	94
5.2.2. NOMBRES COMERCIALES	95
5.2.3. NÚMEROS CAS.....	95
5.2.4. NÚMEROS UN	96
5.2.5. NÚMEROS ASHRAE	96
5.3. FORMAS DE PRESENTACIÓN DE LAS SAO Y HFC	99
5.3.1. RECIPIENTES DESECHABLES.....	100
5.3.2. ENVASES RETORNABLES	101
5.3.3. CÓDIGO DE COLORES AHRI	101
5.3.4. ETIQUETADO Y SEGURIDAD.....	102
5.4. EQUIPOS Y PRODUCTOS QUE CONTIENEN Y FUNCIONAN CON SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL	107
5.4.1. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	107
5.4.2. EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	109

5.4.3. PRODUCTOS	109
5.4.4. ETIQUETADO DE EQUIPOS	110
5.5. SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS Y LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL	111
5.5.1. CLASIFICACIÓN ARANCELARIA DE SAO Y HFC	111
5.6. MÉTODOS PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL ...	113
5.6.1. HERRAMIENTA RÁPIDA DE IDENTIFICACIÓN	113
5.6.2. DETECTORES DE FUGAS	113
5.6.3. PRUEBA DE TEMPERATURA/PRESIÓN	113
5.6.4. ANALIZADORES DE REFRIGERANTES	114
5.6.5. CROMATOGRAFÍA	115
5.7. RECOMENDACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SAO Y HFC DURANTE ACTIVIDADES DE CONTROL	116

6. PREVENCIÓN DEL COMERCIO ILEGAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL **122**

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	122
RESUMEN	123
6.1. GENERALIDADES SOBRE EL COMERCIO ILEGAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL	123
6.1.1. CAUSAS DEL COMERCIO ILEGAL DE SAO Y HFC	124
6.1.2. ANTECEDENTES	125
6.2. ESQUEMAS DE CONTRABANDO DE SAO Y HFC	128
6.2.1. DECLARACIÓN FALSA	129
6.2.2. ETIQUETADO FALSO	129
6.2.3. EVASIÓN	130
6.2.4. FRAUDE DOCUMENTAL	131
6.2.5. CAMUFLAJE	131
6.2.6. SUBFACTURACIÓN	132
6.2.7. DESVÍO DE SAO Y HFC EN LOS PUERTOS DE TRANSBORDO (MERCANCÍAS EN TRÁNSITO)	133
6.2.8. SAO Y HFC DECLARADA COMO EQUIPO	134
6.2.9. MEZCLAS CONTAMINADAS ENVIADAS COMO SAO, HFC O SUSTITUTOS	135
6.3. INICIATIVAS INTERNACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DEL COMERCIO ILEGAL	135
6.3.1. DECISIONES DEL PROTOCOLO DE MONTREAL	135
6.3.2. IPIC – MECANISMO DE CONSENTIMIENTO FUNDAMENTADO PREVIO INFORMAL	136
6.3.3. ADUANAS VERDES	136
6.4. INICIATIVAS NACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DEL COMERCIO ILEGAL	137
6.4.1. COORDINACIÓN INSTITUCIONAL	137
6.4.2. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL DE ADUANAS Y OTRAS ENTIDADES	138
6.4.3. DOTACIÓN DE LABORATORIOS Y ADUANAS	138
6.4.4. COORDINACIÓN INTERNACIONAL	138
6.4.5. SEGUIMIENTO AL COMERCIO LOCAL	138
6.5. CASOS DE COMERCIO ILEGAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL ..	139
6.6. LECCIONES APRENDIDAS DEL COMERCIO ILEGAL DE LAS SAO Y HFC	141

ANEXOS **147**

LISTA DE ANEXOS	147
-----------------------	-----

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1.	<i>Enmiendas del Protocolo de Montreal</i>	36
Tabla 2.2.	<i>Número de países que han ratificado las enmiendas del Protocolo de Montreal</i>	37
Tabla 2.3.	<i>Principales aplicaciones de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal en la industria</i>	38
Tabla 2.4.	<i>Datos del potencial de agotamiento de la capa de ozono y potencial de calentamiento global de algunas SAO y HFC</i>	39
Tabla 2.5.	<i>Anexos del Protocolo de Montreal sustancias, equipos y productos que controla</i>	40
Tabla 2.6.	<i>Cronograma de eliminación de SAO y reducción de HFC para países del artículo 5</i>	46
Tabla 2.7.	<i>Usos exentos de SAO dentro del Protocolo de Montreal</i>	47
Tabla 2.8.	<i>Organismos internacionales relacionados con la protección de la capa de ozono</i>	48
Tabla 2.9.	<i>Acuerdos comerciales para la región de América Latina y el Caribe</i>	49
Tabla 2.10.	<i>Aportes del Protocolo de Montreal al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible</i>	51
Tabla 3.1.	<i>Programas y proyectos de la II etapa del Plan de Gestión para la Eliminación del Consumo de los HCFC</i>	58
Tabla 3.2.	<i>Cronograma de eliminación de HCFC en Colombia conforme a los compromisos de la Etapa III del HPMP</i>	61
Tabla 3.3.	<i>Actividades y acciones desarrolladas por la UTO con los sectores usuarios de SAO</i>	64
Tabla 3.4.	<i>Ratificación del Protocolo de Montreal y sus enmiendas</i>	65
Tabla 3.5.	<i>Instrumentos normativos generales para el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por Colombia frente al Protocolo de Montreal</i>	66
Tabla 3.6.	<i>Instrumentos normativos para la importación y exportación de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal</i>	66
Tabla 3.7.	<i>Instrumentos normativos para la importación y exportación de productos y equipos que puedan contener sustancias controladas por el Protocolo de Montreal</i>	68
Tabla 4.1.	<i>Grupo de sustancias y Anexos del Protocolo de Montreal</i>	79
Tabla 4.2.	<i>Matriz de decisión del futuro de las mercancías con SAO y HFC que se han incautado</i>	88
Tabla 4.3.	<i>Tecnologías aprobadas de destrucción de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal</i>	89
Tabla 5.1.	<i>Algunos refrigerantes zeótropos y azeótropos siguiendo el número ASHRAE</i>	98
Tabla 5.2.	<i>Ejemplos de nombres y números de las SAO y HFC</i>	99
Tabla 5.3.	<i>Clasificación ASHRAE de los refrigerantes</i>	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Ozono Atmosférico	12
Figura 1.2.	Formación del ozono estratosférico.....	13
Figura 1.3.	Tipos de radiación ultravioleta	14
Figura 1.4.	Mapa satelital global del ozono en unidades Dobson	15
Figura 1.5.	Medición del ozono en la atmósfera	16
Figura 1.6.	Proceso de agotamiento del ozono estratosférico.....	18
Figura 1.7.	Temperaturas árticas y antárticas y el agujero de ozono.....	20
Figura 1.8.	Promedio de ozono polar.....	20
Figura 1.9.	Agujero de ozono antártico.....	22
Figura 1.10.	Efecto invernadero.....	24
Figura 1.11.	Cantidad de dióxido de carbono y emisiones anuales (1750-2021).....	25
Figura 1.12.	Tendencia de la temperatura superficial mundial de 1880 a 2021	26
Figura 1.13.	Tendencias del nivel del mar.....	27
Figura 1.14.	Balance de masa acumulativo de Groenlandia y la Antártida en el período 1992–2020	28
Figura 1.15.	Variaciones en la radiación ultravioleta sobre superficie	29
Figura 1.16.	Predicciones de recuperación del ozono global.....	30
Figura 1.17.	Cambios en las emisiones de las SAO	31
Figura 2.1.	Efectos del Protocolo de Montreal.....	50
Figura 2.2.	Emisiones ponderadas del potencial de calentamiento global.....	51
Figura 3.1.	Estructura del proceso de interrelación y coordinación de algunas de las entidades que aportan al cumplimiento del Protocolo de Montreal	72
Figura 4.1.	Control para la importación de SAO y HFC en Colombia	80
Figura 4.2.	Síntesis de los requerimientos de importación y exportación de las SAO y HFC en Colombia.....	83
Figura 4.3.	Control para la importación de productos y equipos que puedan contener SAO y HFC en Colombia	86
Figura 4.4.	Control aduanero de SAO y HFC	89
Figura 5.1.	Latas y cilindros desechables	100
Figura 5.2.	Isotaque y bidones	100
Figura 5.3.	Cilindro Retornable	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.4.	<i>Cilindros Retornables.....</i>	102
Figura 5.5.	<i>Productos y equipos que pueden contener SAO y/o HFC.....</i>	103
Figura 5.6.	<i>Nevera-mostrador</i>	108
Figura 5.7.	<i>Equipo de refrigeración doméstica.....</i>	108
Figura 5.8.	<i>Equipo de refrigeración comercial</i>	108
Figura 5.9.	<i>Equipo autocontenido de refrigeración.....</i>	108
Figura 5.10.	<i>Vehículo de transporte refrigerado.....</i>	108
Figura 5.11.	<i>Aire acondicionado tipo paquete</i>	109
Figura 5.12.	<i>Aire acondicionado tipo ventana</i>	109
Figura 5.13.	<i>Aire acondicionado tipo mini y multi-split.....</i>	109
Figura 5.14.	<i>Aerosoles.....</i>	110
Figura 5.15.	<i>Extintor.....</i>	110
Figura 5.16.	<i>Espumas de poliuretano.....</i>	110
Figura 5.17.	<i>Clasificación arancelaria en Colombia que amparan las SAO, HFC y sus mezclas.....</i>	112
Figura 5.18.	<i>Clasificación arancelaria que ampara los equipos y productos que pueden contener SAO y HFC en Colombia.....</i>	112
Figura 5.19.	<i>Conducción de una prueba de temperatura/presión.....</i>	114
Figura 5.20.	<i>Identificador de refrigerantes.....</i>	115
Figura 5.21.	<i>Cromatógrafo de gases usado para determinar la pureza de un gas refrigerante.....</i>	116
Figura 6.1.	<i>Cronología del riesgo del comercio ilegal de HCFC.....</i>	127
Figura 6.2.	<i>Ejemplos de falsas etiquetas en el comercio ilegal.....</i>	130
Figura 6.3.	<i>Ejemplos de ocultamiento o recubrimiento con capa doble</i>	133
Figura 6.4.	<i>Triangulación y transvase de carga.....</i>	134

LISTA DE SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AEROCIVIL:	Aeronáutica Civil Colombiana
ANLA:	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
AHRI:	Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (por sus siglas en inglés)
ASHRAE:	Asociación americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (por sus siglas en inglés)
BACEX:	Base de Datos de Comercio Exterior
CAS:	Chemical Abstracts Service
CEPD:	Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica
CFC:	Clorofluorocarbonos
DIAN:	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
HBFC:	Hidrobromofluorocarbonos
HCFC:	Hidroclofluorocarbonos
HFC:	Hidrofluorocarbonos
HFO:	Hidrofluoroolefinas
HPMP:	Plan Nacional de Gestión para la Eliminación del Consumo de los Hidrofluorocarbonos
ICA:	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INVIMA:	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
iPIC:	Informal Prior Informed Consent – Mecanismo del consentimiento fundamentado previo informal
MinAmbiente:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCIT:	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
NEP:	Nubes Estratosféricas Polares
NSO:	Notificación Sanitaria Obligatoria
OMA:	Organización Mundial de Aduanas
OMC:	Organización Mundial del Comercio
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
PAO:	Potencial de Agotamiento de Ozono
PCA:	Potencial de Calentamiento Atmosférico
PFC:	Perfluorocarbonos
PNE:	Plan Nacional de Eliminación para las sustancias del Anexo A
POLFA:	Policía Fiscal y Aduanera
RAC:	Refrigeración y aire acondicionado
RS:	Registro sanitario
SA:	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías
SAO:	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
SENA:	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGA:	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de productos químicos
SIEX:	Sistema Estadístico de Comercio Exterior
TCC:	Tetracloruro de carbono
TCA:	Tricloroetano, metilcloroformo
UNSD:	División de Estadística de las Naciones Unidas
UTO:	Unidad Técnica Ozono
UV:	Radiación ultravioleta
VITAL:	Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea
VUCE:	Ventanilla de Comercio Exterior

MÓDULO 1

AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Aprender y reconocer los conceptos fundamentales relacionados con la capa de ozono y el cambio climático.
- Identificar y concientizarse sobre los riesgos que estos fenómenos naturales representan para la vida en el planeta.
- Comprender las actividades humanas y las sustancias que pueden afectar la capa de ozono, con el fin de tomar consciencia y contribuir a la prevención y mitigación de los impactos de estos fenómenos.

RESUMEN

En este capítulo se presentan los principales conceptos sobre la capa de ozono y los impactos de su agotamiento en el cambio climático. Se describen las funciones de la capa de ozono en la atmósfera y su vital importancia para sostener la vida en el planeta. Además, se exploran las causas del agotamiento de la capa de ozono, las sustancias responsables de este fenómeno y los niveles de riesgo asociados por su reducción. Se analiza la relación directa entre su agotamiento y la exposición aumentada de la radiación ultravioleta; así como la interacción entre el cambio climático y la disminución de la capa de ozono. Adicionalmente, se plantean cuestiones primordiales sobre cambio climático: ¿cómo se mide?, ¿cuál es su relación con el deterioro de la capa de ozono? Y ¿cuáles son las proyecciones futuras relacionadas con este fenómeno? Este planteamiento conceptual es clave para entender cómo reducir y prevenir los efectos en la estabilidad climática del planeta. Asimismo, contar con un entendimiento claro de estos conceptos permite a cada individuo, desde diversas perspectivas y roles en la sociedad, contribuir al cuidado de la capa de ozono y emprender acciones efectivas para mitigar el cambio climático. Las decisiones cotidianas y las políticas públicas orientadas al control y la mitigación de los factores de riesgo asociados con las actividades humanas juegan un papel crucial en este esfuerzo conjunto hacia la sostenibilidad ambiental.

1.1. EL OZONO EN LA ATMÓSFERA

1.1.1. ¿Qué es el ozono y en dónde se encuentra?

El ozono es un gas natural presente en la atmósfera, caracterizado por sus moléculas compuestas por tres átomos de oxígeno y representado por el símbolo químico O₃. El ozono se distribuye principalmente en dos regiones de la atmósfera. Alrededor del 10 % del ozono se encuentra en la tropósfera, la capa más cercana a la tierra, que se extiende desde la superficie hasta unos 10 a 16 kilómetros de altura (6.10 millas). El 90 % restante, reside en la estratósfera, ubicada entre la parte superior de la tropósfera y aproximadamente a 50 kilómetros (31 millas) de altitud, formando así la capa de ozono. La figura 1.1 ilustra la distribución del ozono en la atmósfera.

El descubrimiento inicial del ozono ocurrió mediante experimentos de laboratorio a mediados de la década de 1800, y posteriormente, su presencia en la atmósfera se confirmó mediante el uso de métodos de medición química y óptica. Etimológicamente, la palabra "ozono" se deriva de la palabra griega ὄζειν (ózein) que significa 'oler', debido a su característico olor acre que le permite ser detectado incluso en concentraciones muy bajas. Se destaca por su capacidad para reaccionar rápidamente con diversos compuestos químicos y por ser potencialmente explosivo en concentraciones elevadas.

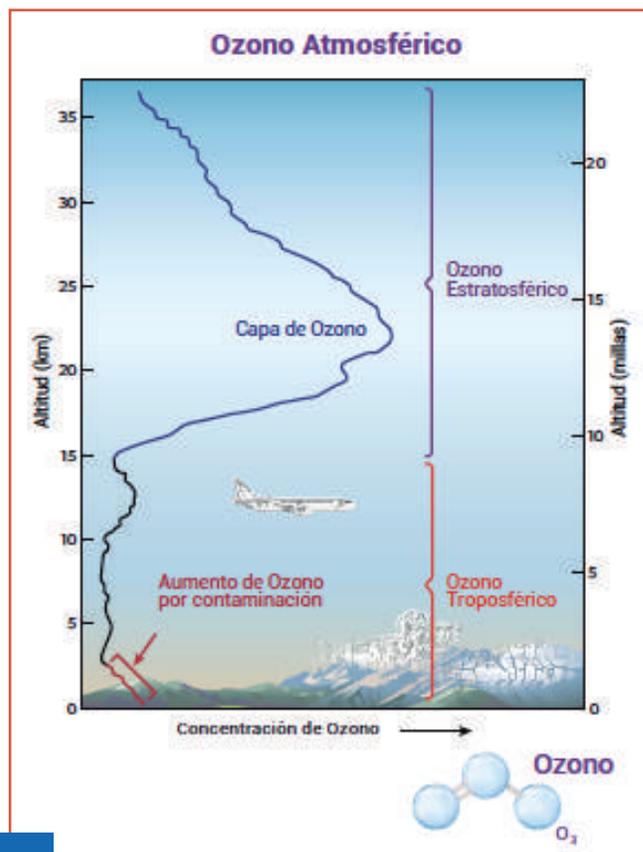
1.1.2. ¿Cómo se forma el ozono en la atmósfera?

El ozono se forma en la atmósfera como resultado de una serie de reacciones químicas en las que interviene la radiación solar. En la estratósfera, el ozono se forma y se disocia en un proceso fundamentalmente influenciado por la radiación solar. Comienza con la radiación ultravioleta (UV) del sol que incide sobre las moléculas de oxígeno (O_2), separando una molécula en dos átomos de oxígeno individuales. Estos átomos de oxígeno libres luego reaccionan con otras moléculas de oxígeno para formar ozono (O_3) (ver figura 1.2).

Por otro lado, el ozono también se disocia debido a la misma radiación solar que lo formó. La radiación UV de alta energía puede romper las moléculas de ozono, liberando átomos de oxígeno libres nuevamente. Estos átomos pueden entonces reaccionar con otras moléculas de ozono o de oxígeno para formar diferentes compuestos, como óxidos de nitrógeno y otros gases reactivos.

Este proceso de formación y disociación del ozono estratosférico es esencial para regular la cantidad de ozono presente en la atmósfera superior. Es crucial para proteger la vida en la Tierra al filtrar la radiación ultravioleta dañina del sol, pero puede verse alterado por las actividades humanas que emiten a la atmósfera sustancias químicas que destruyen el ozono. Algunos de las sustancias que contribuyen a la destrucción del ozono en estas reacciones incluyen el hidrógeno, los óxidos de nitrógeno, y compuestos que contienen cloro y bromo.

Figura 1.1. Ozono Atmosférico



Fuente: tomado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 9) por M. Hegglin, D. Fahey, M. McFarland, S. Montzka, and E. Nash, 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

EL ozono troposférico

Cerca de la superficie de la Tierra, el ozono se produce por reacciones químicas, la participación de los gases procedentes de fuentes naturales y la contaminación. Las reacciones que se dan en la producción de ozono envuelven principalmente gases de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno, además de partículas de ozono. Todos estos elementos necesitan la luz del sol para su formación. La principal fuente de estos gases contaminantes es la quema de combustibles fósiles. Es importante destacar que la producción de ozono troposférico no contribuye

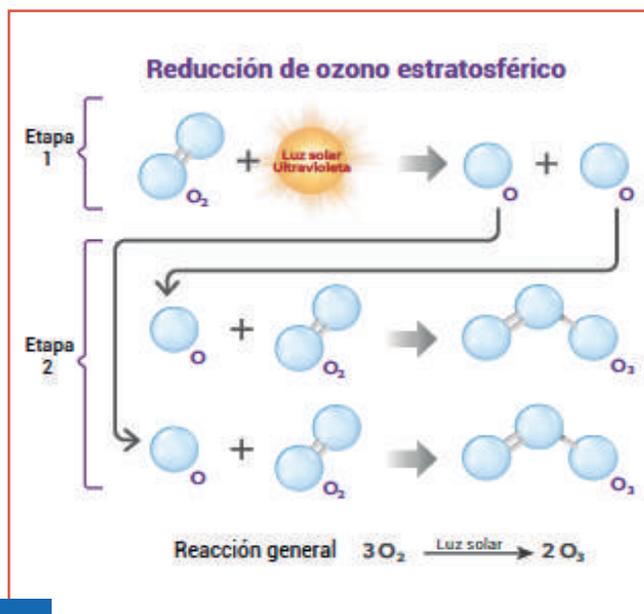
significativamente al ozono estratosférico, que desempeña un papel crucial en la protección contra la radiación ultravioleta.

¿Qué es la radiación solar?

El sol emite energía en diferentes gamas de longitudes de onda. La radiación ultravioleta tiene una longitud de onda más corta que la luz visible azul o violeta y produce quemaduras, entre otros efectos nocivos para la salud. Así pues, la capa de ozono en la estratósfera favorece la vida en la Tierra, pues se encarga de filtrar la mayor parte de la radiación ultravioleta.

La radiación ultravioleta se clasifica en tres tipos: UV-A, UV-B y UV-C. La capa de ozono absorbe completamente la radiación UV-C, la radiación UV-B es absorbida en su mayor parte por la capa de ozono, pero una parte llega a la superficie terrestre, mientras que la radiación UV-A no es absorbida por la capa de ozono. La radiación UVA y UVB que llega a la superficie de la Tierra contribuye a producir trastornos graves de salud como cáncer de piel, inhibición del sistema inmunitario, cataratas y envejecimiento prematuro de la piel. (figura 1.3). Por otra parte, el nivel de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra varía en función de diferentes factores:

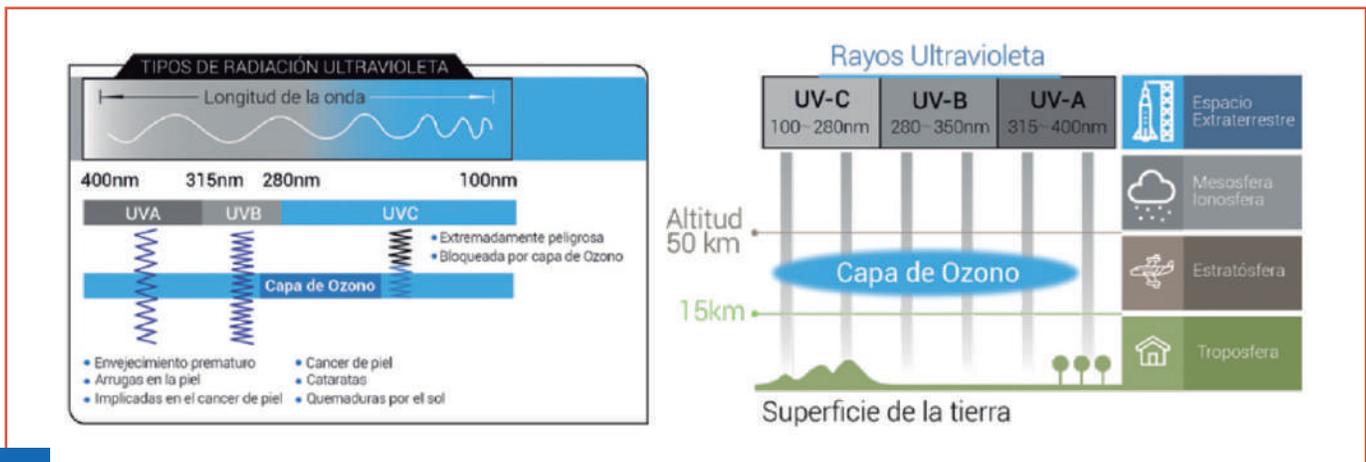
Figura 1.2. Formación del ozono estratosférico



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 10) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

- Hora del día: al mediodía, la distancia que recorren los rayos solares dentro de la atmósfera es más corta y los niveles de UVB son los más altos.
- Época del año: la intensidad de la radiación ultravioleta es más alta durante los meses de verano.
- Latitud: la intensidad de los rayos solares es más fuerte en el Ecuador, ya que el sol pasa por la parte más alta del cielo y la distancia recorrida por los rayos ultravioleta dentro de la atmósfera es más corta; asimismo, el espesor de la capa de ozono es menor en los trópicos que en las latitudes medias y altas, lo cual implica que en estas regiones haya menos ozono para absorber la radiación ultravioleta mientras atraviesa la atmósfera.
- Altitud: la intensidad de la radiación ultravioleta aumenta con la altitud, ya que hay menos atmósfera para absorber los rayos dañinos del sol.
- Condiciones climáticas: las nubes reducen el nivel de radiación ultravioleta, pero no la eliminan completamente.

Figura 1.3. Tipos de radiación ultravioleta



Fuente: adaptado de *Ultraviolet Radiation*, por Australian Radiation, Protection and Nuclear Safety Agency, ARPANSA. Disponible en: <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/non-ionising-radiation/ultraviolet-radiation> y *Ultraviolet (UV) Radiation and Sun Exposure* [Figura], por United States Environmental Protection Agency, EPA. Disponible en: <https://www.epa.gov/radtown/ultraviolet-uv-radiation-and-sun-exposure#about-ultraviolet-radiation-and-sun-exposure>

1.1.3. Función del ozono estratosférico: ¿por qué se debe cuidar?

La capa de ozono, ubicada en la estratósfera, actúa como escudo protector de la Tierra. Esta capa absorbe significativamente la radiación UV-B (280-315 nanómetros), aunque su capacidad es limitada para filtrar la radiación UV-A (315-400 nanómetros) y otras radiaciones solares. La exposición prolongada a rayos UV-B incrementa el riesgo de desarrollar cáncer de piel, cataratas y supresión del sistema inmunológico. Sus efectos nocivos se extienden más allá de la salud humana, impactando la biodiversidad y especialmente los ecosistemas acuáticos.

El "ozono bueno" en la estratósfera cumple una función vital al absorber la radiación ultravioleta nociva, protegiendo así la vida en la Tierra. Sin esta protección, la radiación UV-B alcanzaría la superficie terrestre en niveles peligrosos, aumentando significativamente los riesgos para la salud y los ecosistemas.

En contraste, el "ozono dañino" que se forma cerca de la superficie terrestre por la contaminación resulta perjudicial. Este ozono troposférico, producto de reacciones químicas con contaminantes antropogénicos, puede:

- Reducir la capacidad pulmonar e irritar las vías respiratorias

- Agravar condiciones cardiopulmonares preexistentes
- Disminuir el rendimiento de cultivos y el crecimiento forestal
- Contribuir al calentamiento global por ser un gas de efecto invernadero

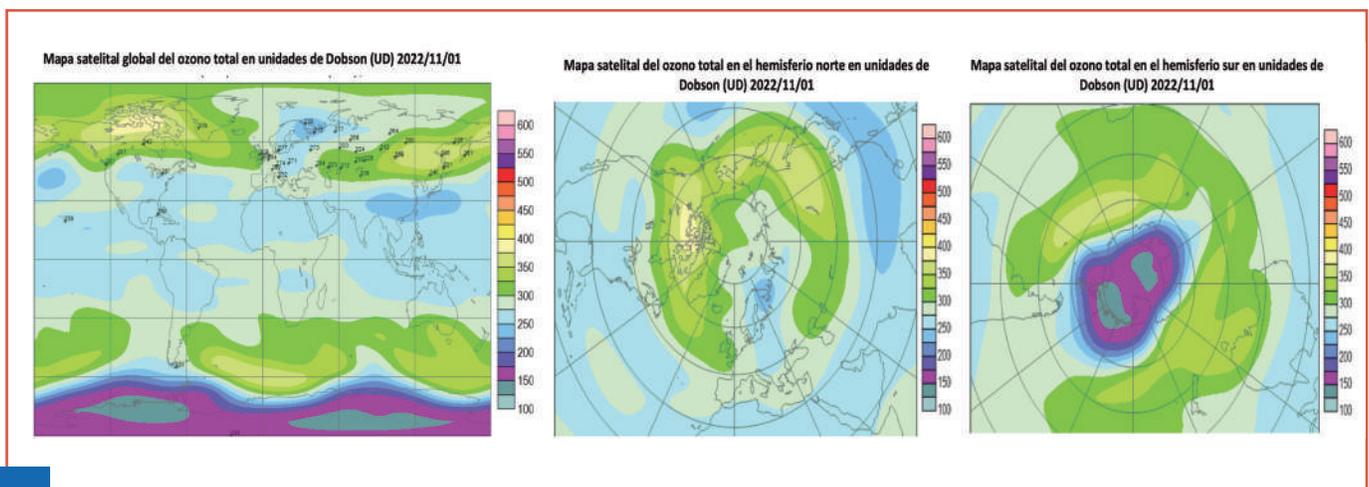
Los efectos negativos del exceso de ozono troposférico contrastan con la protección que provee una abundancia de ozono estratosférico contra la radiación ultravioleta del sol

1.1.4. Distribución del ozono que rodea la Tierra

Es importante tener en cuenta que el ozono total no es uniforme sobre el globo terráqueo, ya que puede variar con el día y las estaciones. Las variaciones son causadas por los vientos estratosféricos, la producción química y la destrucción del ozono. Generalmente, el ozono total es menor en el Ecuador y mayor cerca a los polos por los patrones de viento estacionales en la estratósfera.

Ozono total: el valor del ozono total se calcula mediante la suma de todas las moléculas de ozono existente en la atmósfera sobre una superficie dada en la Tierra (ver figura 1.4). Estas mediciones hechas con equipos satelitales se indican en unidades Dobson y sus valores típicos varían entre 200 y 500 DU en el mundo. Las moléculas requeridas para una medición del ozono total igual a 500 DU alrededor del globo formarían una capa de ozono puro en la superficie de la Tierra con un espesor de tan solo 5 milímetros (0.2 pulgadas).

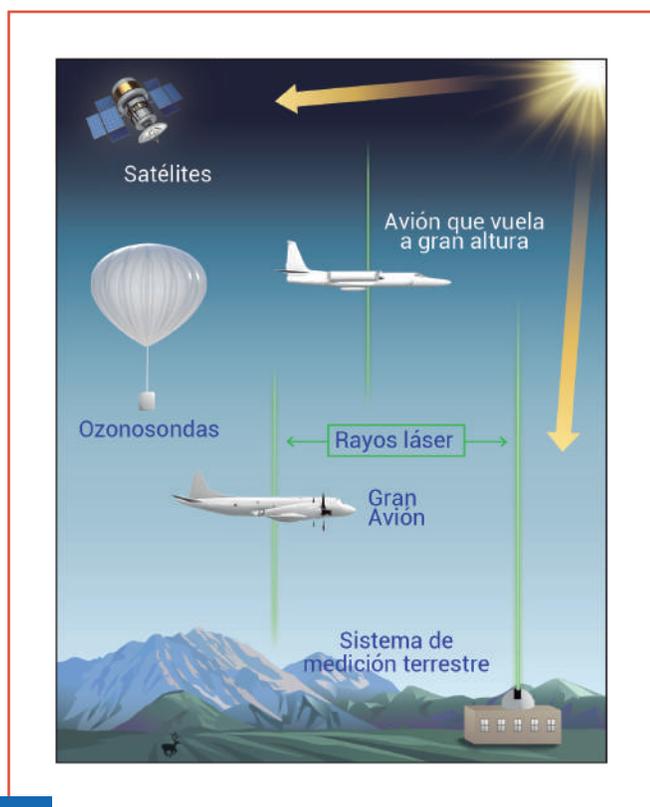
Figura 1.4. Mapa satelital global del ozono en unidades Dobson



Fuente: adaptado de *Recent Ozone Maps*, por Environment and Climate Change Canada. Disponible en: https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/Curr_allmap.html#nh

Distribución mundial: el ozono total varía significativamente con la latitud, la longitud y la estación del año, de tal manera que alcanza valores más altos en las latitudes mayores y valores más bajos en las regiones tropicales. Este es el resultado de la circulación de aire a gran escala en la estratósfera, el cual transporta lentamente ozono desde los trópicos hasta los polos, pues en aquellos la producción de ozono, a partir de energía solar y radiación ultravioleta, es más alta. El ozono se acumula en la parte media y en las latitudes altas, aumentando el espesor o extensión vertical de la capa de ozono y, en consecuencia, el ozono total. Por el contrario, los valores del ozono total son más bajos en las zonas tropicales en cualquier época del año, a excepción de los que están dentro del agujero de ozono antártico, debido a que el espesor de la capa de ozono es más reducido en este lugar.

Figura 1.5. Medición del ozono en la atmósfera



1.1.5. Medición del ozono en la atmósfera

La cantidad de ozono en la atmósfera se mide con instrumentos sobre el terreno, los cuales son llevados a la atmósfera en globos, aviones y satélites. Otros instrumentos miden el ozono de forma remota a largas distancias mediante el uso de las propiedades ópticas y de absorción o emisión únicas del ozono. La abundancia de ozono en la atmósfera se calcula con una variedad de técnicas de medición (ver figura 1.5).

Mediciones locales de la abundancia de ozono atmosférico: son aquellas que requieren aire para representarse directamente en un instrumento. Una vez dentro de la cámara de detección del instrumento, el ozono se mide por su absorción de ultravioleta (UV) o por la corriente o la luz eléctrica producida en una reacción química que contenga ozono. Para tal fin, se construyen sondas de ozono, es decir, módulos ligeros que se sitúan en una capa de medición adecuada a través de los lanzamientos de globos pequeños, los cuales ascienden lo suficientemente lejos en la atmósfera para medir el ozono en la capa respectiva. Estas sondas se lanzan regularmente en muchos lugares alrededor del mundo.

Otros instrumentos para la medición de ozono local se basan en la óptica o procesos químicos de detección, o se utilizan con cierta frecuencia aviones de investigación para medir la distribución de ozono en la

Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 17) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

tropósfera y la estratósfera inferior. A gran altitud miden las concentraciones de la capa de ozono en diferentes localizaciones globales. Además, algunos vuelos de aviones comerciales pueden realizar mediciones de ozono de forma rutinaria.

Mediciones remotas de cantidades de ozono total: las distribuciones de altitud de la capa de ozono se pueden obtener mediante la detección de ozono a grandes distancias desde el instrumento de medición. La mayoría de las mediciones remotas de ozono dependen de la absorción de la radiación UV. Las fuentes de radiación UV que se pueden utilizar son el sol, láseres y la luz de las estrellas. Por ejemplo, los satélites usan la absorción de la radiación UV solar por la atmósfera o la absorción de la luz del sol dispersada desde la superficie de la Tierra para medir el ozono diariamente en diferentes localizaciones del mundo.

Los instrumentos LiDAR miden la luz láser retro dispersada y son desplegados de forma rutinaria en los sitios terrestres y en aviones de investigación para detectar ozono sobre una distancia de muchos kilómetros a lo largo de la trayectoria de la luz láser. Una red de detectores terrestres mide el ozono mediante la detección de pequeños cambios en la cantidad de radiación UV solar que alcanza la superficie de la Tierra.

Otros instrumentos calculan ozono usando la absorción de radiación infrarroja o visible, su emisión de microondas o su radiación infrarroja a diferentes altitudes en el ambiente, así como la obtención de información sobre la distribución vertical del ozono. Los resultados de las emisiones medidas tienen la ventaja de proporcionar mediciones de ozono remoto en la noche, lo que es valioso para el muestreo de las regiones polares durante el invierno cuando hay oscuridad continua.

1.2. EL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO

1.2.1. ¿Qué es el agujero de la capa de ozono?

El agujero de la capa de ozono se refiere a un adelgazamiento significativo de la capa de ozono en la estratósfera, específicamente sobre la Antártida, que se observa anualmente, alcanzando su máxima extensión cada septiembre. Este fenómeno se genera por la presencia de gases halogenados liberados por actividades humanas. Estos compuestos son transportados hacia la estratósfera donde, bajo la influencia de la radiación solar, liberan átomos de cloro y bromo altamente reactivos que destruyen el ozono a medida que sale el sol en la Antártida al final del invierno.

Históricamente, los niveles de ozono de menos de 220 unidades Dobson, registrados desde 1979, marcan un límite crítico en la pérdida de ozono debido a estos compuestos.

1.2.2. ¿Cómo se forma el agujero en la capa de ozono?

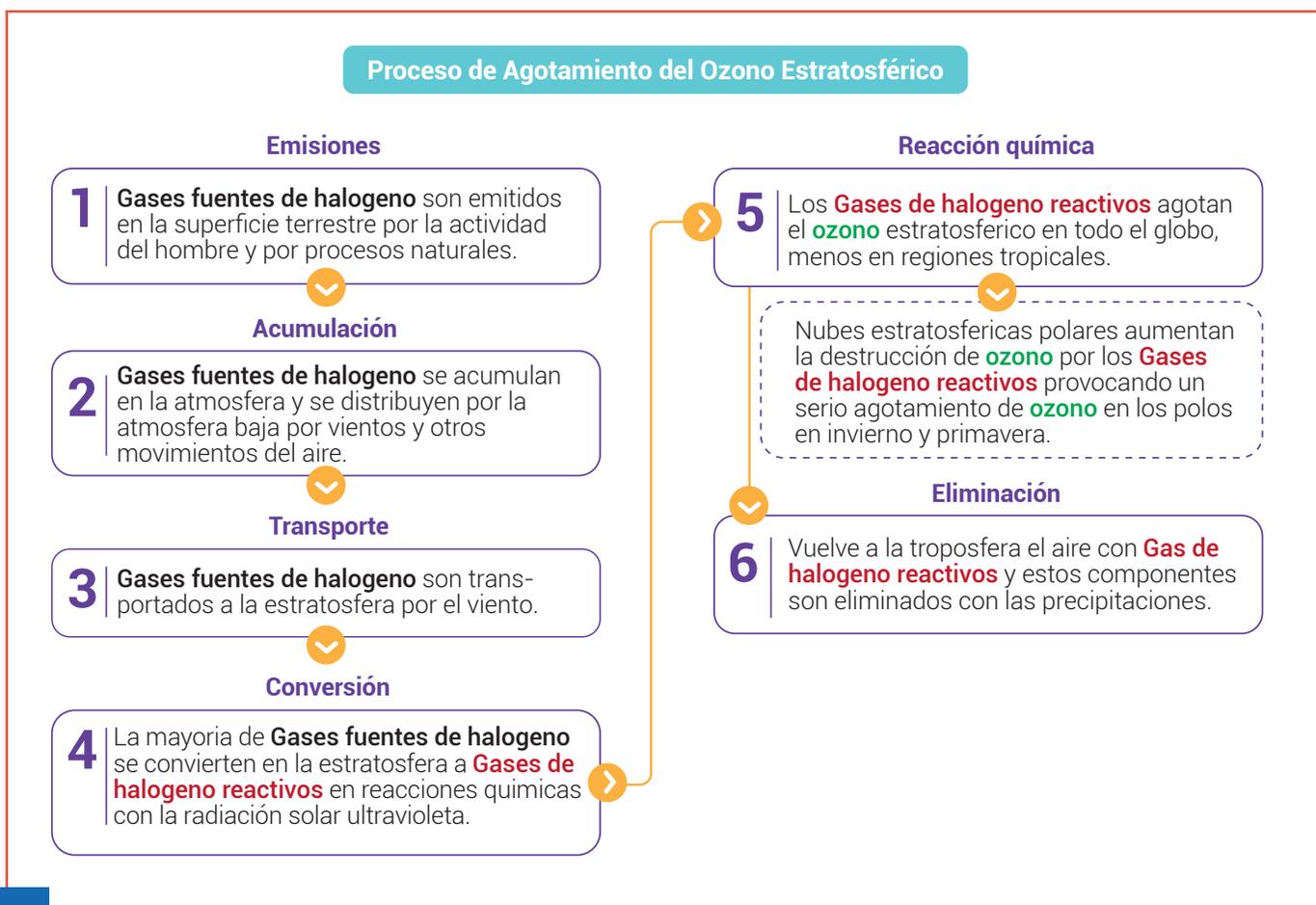
El agotamiento del ozono estratosférico comienza con la emisión de gases halogenados desde la superficie terrestre debido a actividades industriales y comerciales. Estos gases, como los clorofluorocarbonos (CFC), los halones y otros, son químicamente estables en la

tropósfera, pero alcanzan la estratósfera donde son descompuestos por la radiación ultravioleta solar, liberando átomos de cloro y bromo altamente reactivos.

Estos átomos reactivos interactúan con las moléculas de ozono en la estratósfera, descomponiéndolas y reduciendo la cantidad total de ozono presente. Esta reacción es especialmente intensa en condiciones específicas como las nubes estratosféricas polares (NEP), que son particularmente comunes sobre la Antártida durante su invierno.

Finalmente, estos gases regresan a la tropósfera donde son eliminados por precipitaciones como la lluvia y la nieve, o depositados en la superficie terrestre, poniendo fin al proceso de destrucción de la capa de ozono. La figura 1.6 ilustra el ciclo completo desde la emisión de gases halogenados en la superficie terrestre hasta su eliminación en la troposfera por precipitaciones.

Figura 1.6. Proceso de agotamiento del ozono estratosférico



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 20) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Algunos gases de halógeno son emitidos en cantidades sustanciales a partir de fuentes naturales. Las emisiones de gases también se acumulan en la tropósfera, son transportados a la estratósfera y participan en las reacciones de destrucción de ozono. Tales emisiones son parte del equilibrio natural de la producción y destrucción de ozono que antecede a la gran liberación de gases halogenados manufacturados.

Por otra parte, algunos gases fuentes de halógenos con tiempo de vida corta (menos de 1 año) sufren una conversión química significativa en la tropósfera, pues pasan a ser gases halógenos reactivos y otros compuestos. Las moléculas de gases fuentes que no se convierten son transportadas a la estratósfera. Sin embargo, solo pequeñas porciones de los gases de halógeno reactivos producidos en la tropósfera son transportados a la estratósfera, porque la mayoría son eliminados por la precipitación. Entre los gases de halógeno que se someten a eliminación troposférica se encuentran los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), el bromuro de metilo (CH_3Br), el cloruro de metilo (CH_3Cl) y los gases que contienen yodo.

1.2.3. ¿Por qué el agujero de la capa de ozono apareció sobre la Antártida si las sustancias agotadoras de ozono están presentes en toda la estratósfera?

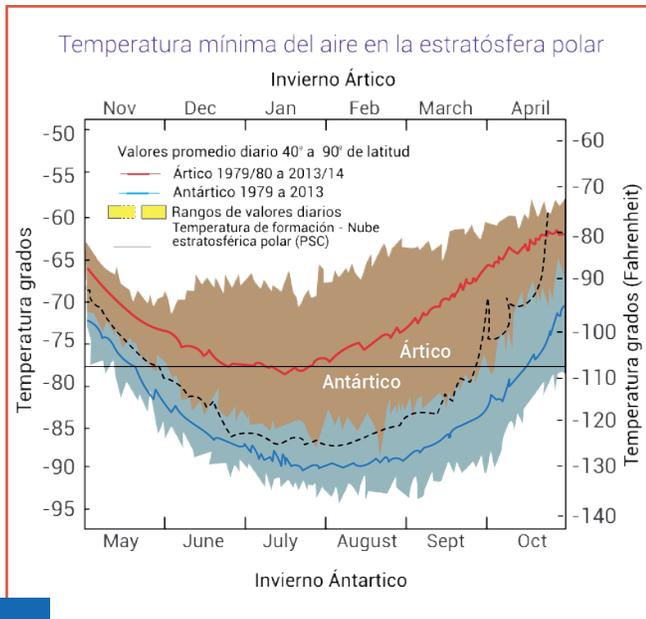
El fenómeno del agujero de la capa de ozono sobre la Antártida se debe a una combinación única de factores atmosféricos y geográficos. Aunque las sustancias que agotan el ozono (SAO), se dispersan por toda la estratósfera, ciertas condiciones específicas en la región antártica favorecen su acumulación y activación.

En invierno, la Antártida experimenta condiciones de frío extremo que favorecen la formación de nubes estratosféricas polares (NEP). Estas nubes proporcionan una superficie ideal para que las SAO reaccionen y liberen átomos de cloro y bromo altamente reactivos cuando llega la luz solar en la primavera. Estos átomos reactivos interactúan entonces con las moléculas de ozono, descomponiéndolas de manera significativa y creando un adelgazamiento notable en la capa de ozono sobre esta región.

Además, los vientos circumpolares alrededor del Polo Sur actúan como una especie de barrera, atrapando los gases SAO y concentrándolos sobre la Antártida durante el invierno. Esta concentración aumentada de SAO, combinada con las condiciones específicas de temperatura y luz solar en primavera, explica por qué el agujero de la capa de ozono se manifiesta de manera más prominente sobre la Antártida cada año (ver figura 1.7).

Este fenómeno no es exclusivo de la Antártida, pero es más pronunciado allí debido a estas condiciones atmosféricas y geográficas particulares. La comprensión de estos mecanismos es crucial para abordar y mitigar el problema del adelgazamiento de la capa de ozono a nivel global.

Figura 1.7. Temperaturas árticas y antárticas y el agujero de ozono



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 33) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

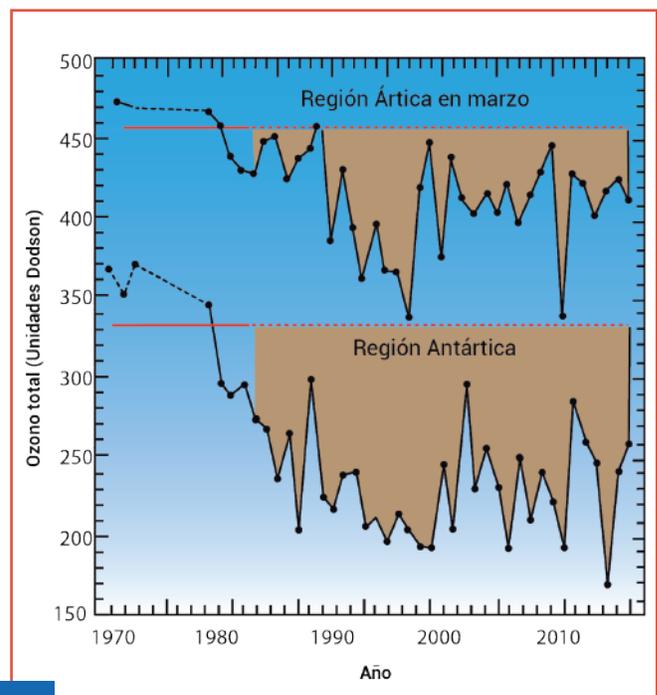
atmosférica y la menor concentración de SAO en esta zona contribuyen a que no se forme un agujero de ozono tan grande como en la Antártida.

Adicionalmente, año a año se presenta diferencias sustanciales como consecuencia de las condiciones meteorológicas variables de la estratosfera polar ártica. Incluso el agotamiento del ozono ártico más grave no conduce a importantes bajas de ozono como las observadas en la Antártida, ya que la abundancia de ozono en el Ártico durante el invierno, antes del inicio de la disminución del ozono, es mucho más alta que la de la Antártida (ver figura 1.8).

1.2.4. El agotamiento de la capa de ozono en el Polo Ártico

Otro elemento por considerar es que la capa de ozono del Polo Ártico también se agota en la mayoría de los años durante el período entre el final del invierno y el comienzo de la primavera (de enero a marzo). Sin embargo, el adelgazamiento de la capa de ozono es menos pronunciado debido a condiciones climáticas menos extremas que las presentadas en la Antártida. Las temperaturas más templadas durante el invierno reducen la formación de NEP, además, los patrones de viento menos circumpolares, los patrones de circulación

Figura 1.8. Promedio de ozono polar



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 38) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Los cambios en el ozono son la combinación de la destrucción química y las variaciones naturales. Las variaciones en las condiciones meteorológicas influyen en los cambios anuales en la capa de ozono, en particular en el Ártico. Las variaciones naturales también han aumentado en la Antártida desde el año 2000. En esencia, toda la disminución de ozono en el Antártico y, por lo general, alrededor del 50 % de la disminución de ozono en el Ártico cada año son atribuibles a la destrucción química de los gases de halógeno reactivos. En el Ártico, el otro 50 % se atribuye a las variaciones naturales en las cantidades de ozono transportados a las regiones polares antes y durante el invierno. Los valores del ozono total promedio en el Ártico son naturalmente mayores al comienzo de cada temporada invernal, ya que, en los meses anteriores, más cantidad de ozono es transportado hacia el polo en el hemisferio norte que en el hemisferio sur.

1.3. EFECTOS DEL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

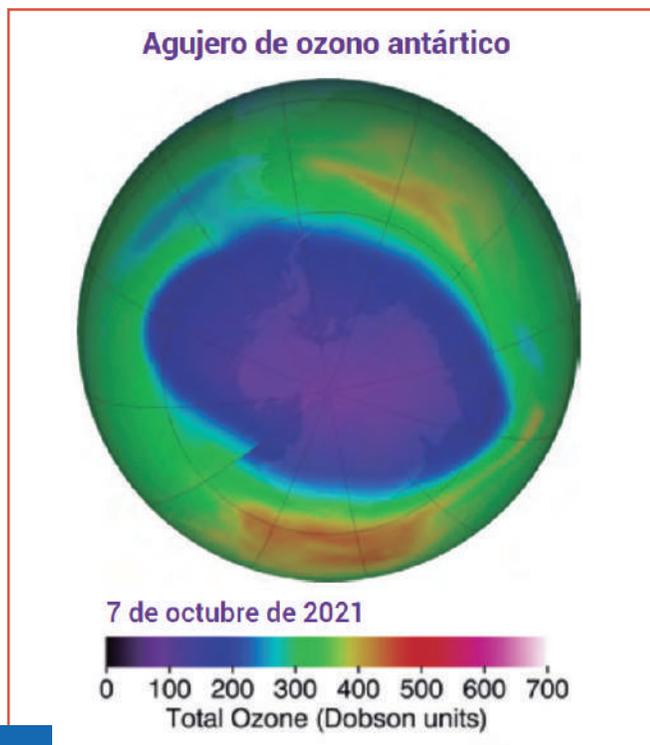
1.3.1. ¿Qué tan crítica es la destrucción de la capa de ozono sobre la Antártida?

El agotamiento de la capa de ozono en la Antártida detectado inicialmente en la década de 1980 representa un fenómeno estacional que ocurre principalmente entre agosto y noviembre, alcanzando su punto máximo en octubre. Durante este periodo, el ozono total se reduce hasta en dos tercios en algunas zonas, creando un área afectada que normalmente supera el tamaño del continente antártico.

Las mediciones satelitales de 2021 realizadas por la NASA revelaron que el agujero alcanzó su extensión máxima el 7 de octubre, posicionándose como el decimotercer más grande desde 1979. En ese momento, se registró un valor mínimo de 102 unidades Dobson (UD), el octavo más bajo desde 1986, muy por debajo de los valores normales de primavera antártica de aproximadamente 350 UD. Como se observa en la figura 1.9, las zonas azules y púrpuras oscuras sobre la Antártida indican el agotamiento severo del ozono. El área del agujero se define por el contorno de 220 UD (línea blanca). Este fenómeno se disipa naturalmente entre finales de primavera y principios del verano antártico, cuando el aire empobrecido en ozono se mezcla con aire rico en ozono proveniente de otras regiones.

El agujero de ozono alcanzó un máximo de 27 millones de kilómetros cuadrados (unos 10 millones de millas cuadradas) en 2006, lo cual es casi el doble de la superficie del continente antártico. En altitudes entre 8 y 13 millas (14 a 21 kilómetros), el ozono estuvo casi completamente ausente durante la formación del agujero. Estos resultados indican que el agujero de ozono se está recuperando debido al Protocolo de Montreal y las enmiendas posteriores que prohíben la liberación de sustancias químicas dañinas agotadoras de la capa de ozono, las cuales son llamadas clorofluorocarbonos (CFC). Si los niveles de cloro atmosférico de los CFC fueran tan altos hoy como lo fueron a principios de la década de 2000, el agujero en la capa de ozono del año 2021 habría sido superior en aproximadamente 1.5 millones de millas cuadradas (alrededor de cuatro millones de kilómetros cuadrados) bajo las mismas condiciones climáticas.

Figura 1.9. Agujero de ozono antártico



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 37) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

1.3.2. Gravedad de la destrucción de la capa de ozono

Con respecto a la gravedad del agotamiento de la capa de ozono mundial, se puede decir que aumentó gradualmente a partir del año 1980 y alcanzó un máximo aproximado de 5 % a principios de 1990. El agotamiento ha disminuido desde entonces y ahora está en un promedio de 3 % en el mundo. El agotamiento promedio supera las variaciones naturales de ozono total global año tras año. La pérdida de ozono es muy pequeña cerca del Ecuador y aumenta con la latitud hacia los polos. El agotamiento polar más grande se atribuye a la destrucción del ozono de invierno y principios de primavera tardía, la cual ocurre allí cada año.

Se estima que alrededor de 99 % de las sustancias que agotan la capa de ozono se han eliminado y la capa protectora de la Tierra se está reponiendo. Asimismo, se espera que el agujero antártico se cierre en la década de 2060 y que, incluso antes, otras regiones regresen a los valores previos a la década de 1980 (Organización de Naciones Unidas [ONU], septiembre de 2021) teniendo en cuenta que el nivel de las sustancias agotadoras de ozono registrado en el 2014 sobre la Antártida ha disminuido alrededor de un 9 %, por debajo del record máximo del año 2000 (NASA, octubre de 2014).

1.4. RELACIÓN ENTRE EL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

1.4.1. ¿En qué consiste el calentamiento global?

De acuerdo con las Naciones Unidas en su División de Acción por el Clima, el cambio climático se define como las variaciones a largo plazo en las temperaturas, precipitaciones,

patrones de viento y otros aspectos climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, por ejemplo, a través de variaciones en el ciclo solar. Sin embargo, desde la década de 1800, las actividades humanas han sido el principal impulsor del cambio climático, principalmente por la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas, los cuales emiten gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas.

Por otra parte, el calentamiento global se considera como una de las formas en que el clima se ve afectado por el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono y el metano) en la atmósfera, que se manifiesta con el aumento de la temperatura media global cerca de la superficie de la Tierra.

El clima de la Tierra está cambiando y esto se evidencia en patrones variantes de temperatura y precipitación; aumentos en la temperatura del océano, el nivel del mar y su acidez; el derretimiento de glaciares y hielo marino; los cambios en la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos meteorológicos extremos; variaciones en las características del ecosistema como la duración de la temporada de crecimiento, el momento de la floración y la migración de las aves; entre otros. Estos efectos son causados por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, los cuales aumentan la temperatura del planeta (EPA, 2022).

¿En qué consiste el fenómeno de efecto invernadero?

La temperatura de la Tierra depende del equilibrio entre la energía que entra y sale del sistema del planeta. Cuando la luz del sol llega a la superficie de la Tierra, puede ser reflejada hacia el espacio o absorbida por esta. La energía entrante que es absorbida por la Tierra calienta el planeta, pues, una vez absorbida, la Tierra libera parte de la energía a la atmósfera en forma de calor, también llamada radiación infrarroja. La energía solar que se refleja de regreso al espacio no calienta la Tierra. Sin embargo, ciertos gases en la atmósfera absorben la energía, retardando o previniendo la fuga de calor al espacio. Esos gases se conocen como gases de efecto invernadero y actúan como una manta, la cual hace que la Tierra sea más cálida de lo que sería de otra forma. Comúnmente este proceso es conocido como efecto invernadero y es un proceso natural y necesario para sustentar la vida. Sin embargo, la reciente acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera a causa de las actividades humanas ha cambiado el clima de la Tierra y ha tenido efectos riesgosos para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas (ver figura 1.10).

¿Cuáles son los gases de efecto invernadero?

Los gases efecto invernadero (GEI) provienen tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, incluyendo la quema de combustibles fósiles, deforestación, agricultura y procesos industriales.

Figura 1.10. Efecto invernadero



Fuente: adaptado de *Basics of Climate Change* [Figura], por United States Environmental Protection Agency, EPA. Disponible en: <https://www.epa.gov/climatechange-science/basics-climate-change>

Principales gases de efecto invernadero y sus fuentes

Dióxido de carbono (CO₂): Principal contribuyente al cambio climático, sus principales fuentes son los combustibles fósiles, deforestación y producción de cemento, como fuentes naturales se emite por la respiración de seres vivos, volcanes, intercambio océano-atmósfera.

Metano: La principal fuente natural son los humedales, también es emitido por actividades humanas como la agricultura y la extracción de combustibles fósiles.

Óxido nítrico: Se produce principalmente a través de actividades agrícolas y procesos biológicos naturales. La quema de combustibles fósiles y los procesos industriales también generan este GEI.

Gases fluorados: Los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), principalmente se utilizan como refrigerantes, agentes espumantes, extintores de incendios, solventes, pesticidas y propulsores de aerosoles.

Vapor de agua: Es importante en las reacciones climáticas por su capacidad de atrapar el calor amplificando el efecto invernadero.

Fuente: adaptado de *Global Greenhouse Gas Emissions Data* [Tabla], por United States Environmental Protection Agency, EPA. Disponible en: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

1.4.2. Medición del aumento de la temperatura en el planeta

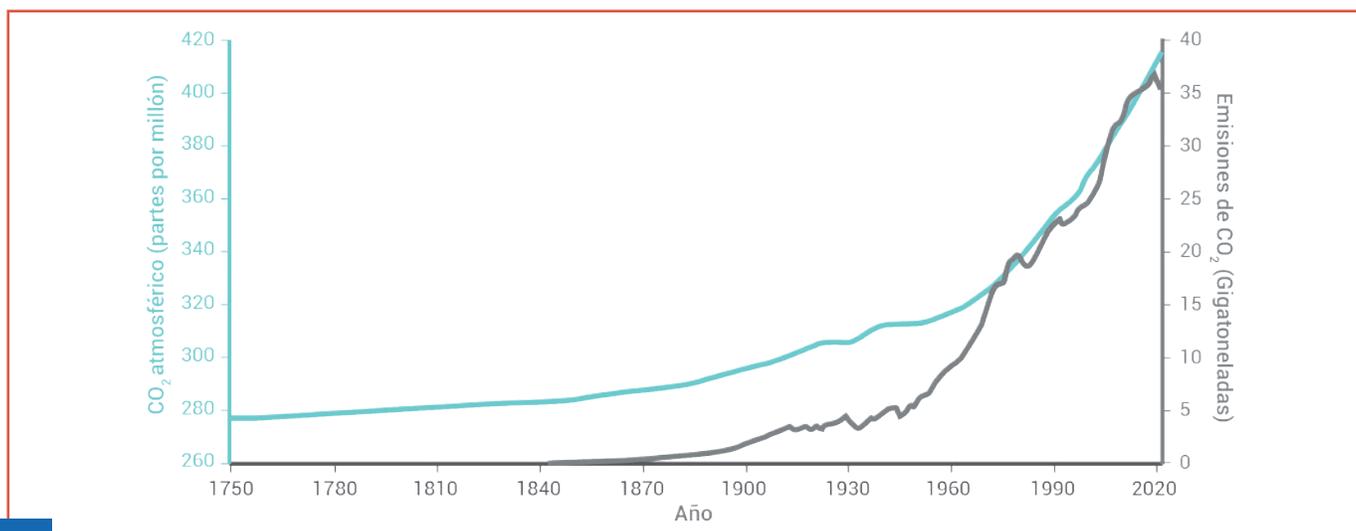
De acuerdo con el Climate Change Committee (2022), la medición del sistema climático desde el suelo, en los océanos y desde el espacio proporciona numerosas señales del cambio climático que se sucede en la Tierra. Las principales mediciones que se realizan se exponen a continuación:

Concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂)

Se ha mantenido un registro de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera desde finales de la década de 1950. Durante este período, las concentraciones atmosféricas aumentaron de alrededor de 280 partes por millón (ppm) a más de 410 ppm en la actualidad. Desde el período preindustrial, se estima que el CO₂ atmosférico ha aumentado en casi un 50 %. La evidencia indica que la combustión de combustibles fósiles y las alteraciones humanas en la superficie terrestre del planeta explican este aumento.

Se espera que la concentración actual de CO₂ en la atmósfera sea la más alta en al menos 800.000 años, pues está aumentando a un ritmo probablemente sin precedentes. Las concentraciones atmosféricas de otros gases que atrapan el calor también han aumentado junto con el CO₂. Las concentraciones de metano y óxido nitroso son los dos mayores aportantes del forzamiento antropogénico en el sistema climático después del CO₂ y han aumentado alrededor de un 60 % y un 25 % desde sus respectivos niveles preindustriales. La figura 1.11 muestra las tendencias de concentraciones y emisiones de CO₂ en la atmósfera en donde se evidencia que la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera (línea azul) ha aumentado junto con las emisiones humanas (línea gris) desde el comienzo de la Revolución Industrial en 1750.

Figura 1.11. Cantidad de dióxido de carbono y emisiones anuales (1750-2021)



Fuente: tomado de *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*, por NOAA Climate.gov, adaptado del original por el Dr. Howard Diamond (NOAA ARL). Disponible en: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

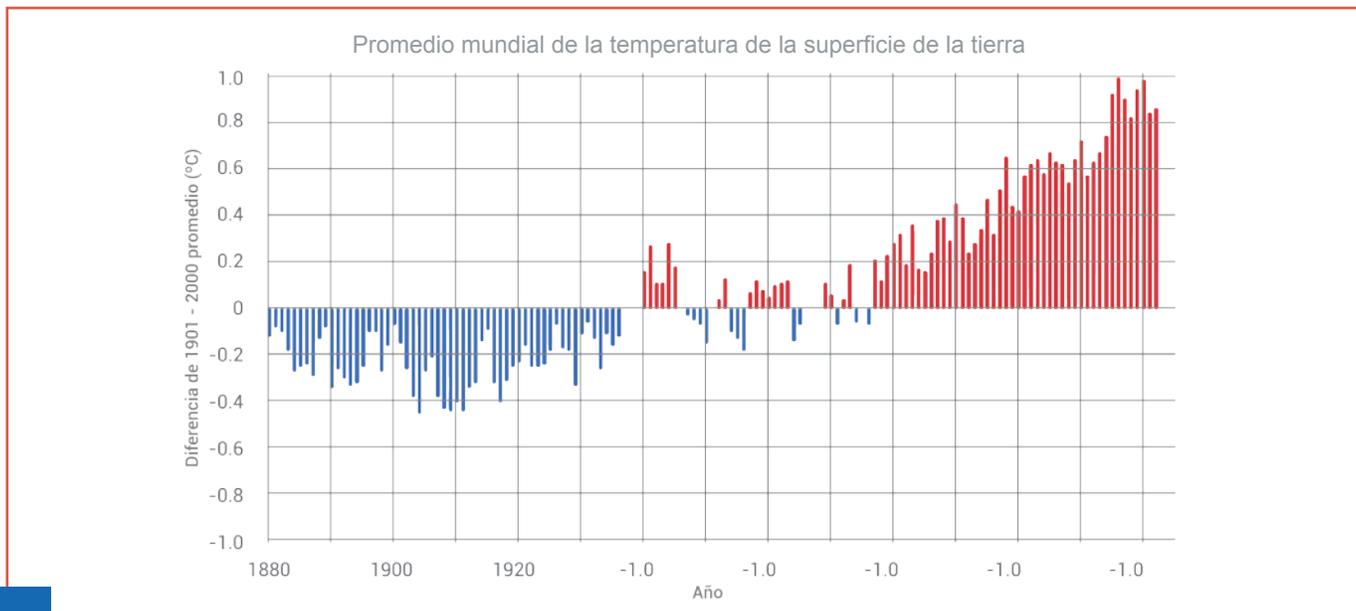
Las emisiones aumentaron lentamente a alrededor de 5 mil millones de toneladas por año a mediados del siglo XX antes de incrementarse a más de 35 mil millones de toneladas por año para finales de siglo.

Temperatura superficial media mundial

El cambio climático se mide más comúnmente usando la temperatura promedio de la superficie del planeta. Las mediciones de la temperatura del aire cerca de la superficie de las estaciones meteorológicas se pueden combinar con las de la temperatura de la superficie del océano, de tal manera que se cree un registro de la temperatura de la superficie del planeta, el cual se remonta hasta mediados del siglo XIX.

Diferentes estimaciones de la oficina meteorológica del Reino Unido, la NASA, la NOAA y Berkeley Earth muestran una tendencia al alza en la temperatura superficial global promedio durante el último siglo a pesar de utilizar metodologías ligeramente diferentes. Al analizar los conjuntos de datos, el IPCC concluyó que el promedio del periodo 2006-2015 fue de alrededor de 0.87 °C (0.75 °C a 0.99 °C) por encima del promedio de la segunda mitad del siglo XIX, el cual se aproximó a los niveles preindustriales. Año tras año, se pueden ver fluctuaciones naturales, además, del calentamiento a largo plazo. Por esta razón, los científicos utilizan tradicionalmente un período de al menos 30 años para identificar una tendencia climática idónea. La figura 1.12 muestra la tendencia de la temperatura superficial mundial de 1880 a 2021.

Figura 1.12. Tendencia de la temperatura superficial mundial de 1880 a 2021



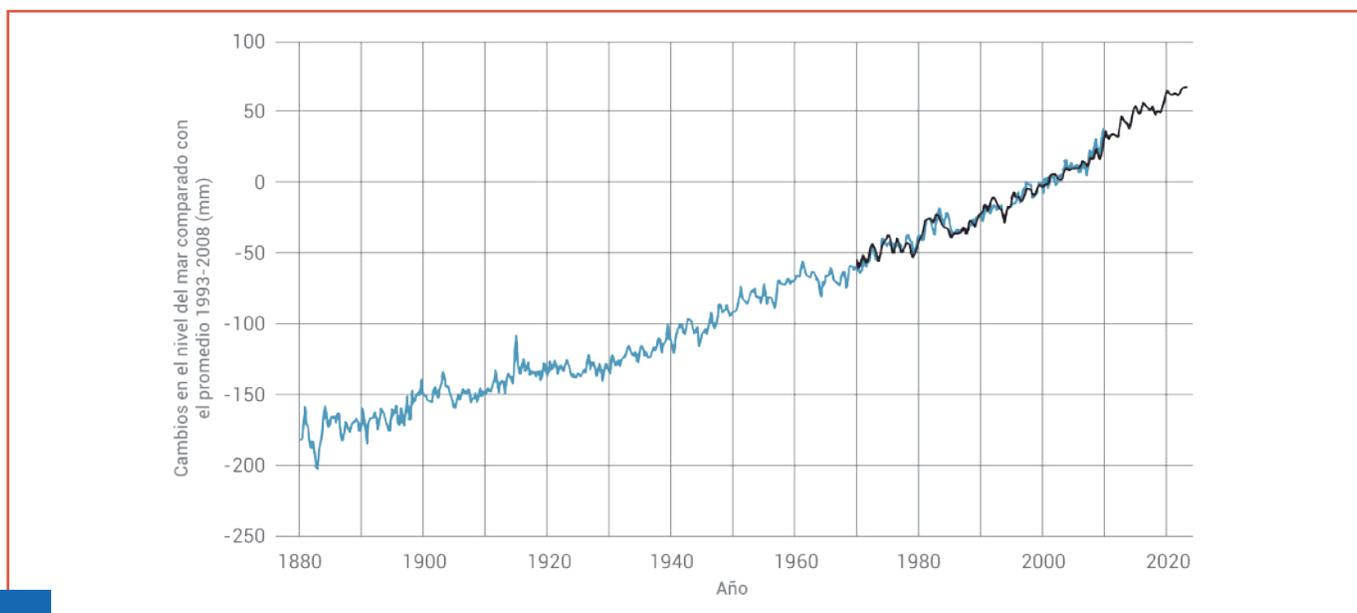
Fuente: adaptado de Climate Change: Global Temperature [Figura], por NOAA Climate.gov, con base en datos de los Centros Nacionales de Información Ambiental. Disponible en: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

Aumento del nivel del mar y acidificación de los océanos:

Más del 90 % de la energía adicional atrapada en el sistema climático por el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero termina en los océanos, lo que contribuye, junto con el derretimiento del hielo en la Tierra, al aumento del nivel global del mar. Las observaciones recientes indican un incremento en la tasa de aumento del nivel del mar global desde 1990.

Los océanos han absorbido alrededor del 25 % de las emisiones acumuladas de CO₂ en la atmósfera desde mediados del siglo XIX y, en consecuencia, la acidez de los océanos ha aumentado. Esto ha llevado a una disminución en el pH del océano de alrededor de 0.1 desde el período preindustrial y a un aumento de alrededor del 25 % en la acidez, lo que puede afectar la capacidad de los organismos coralinos para construir caparazones y, a su vez, causar efectos colaterales en ecosistemas marinos. La figura 1.13 muestra la tendencia del nivel del mar de 1880 a 2021, Los valores se muestran como cambio en el nivel del mar en milímetros en comparación con el promedio de 1993-2008.

Figura 1.13. Tendencias del nivel del mar



Fuente: adaptado de *Climate Change: Global Sea Level* [Figura], por NOAA Climate.gov. Disponible en: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>

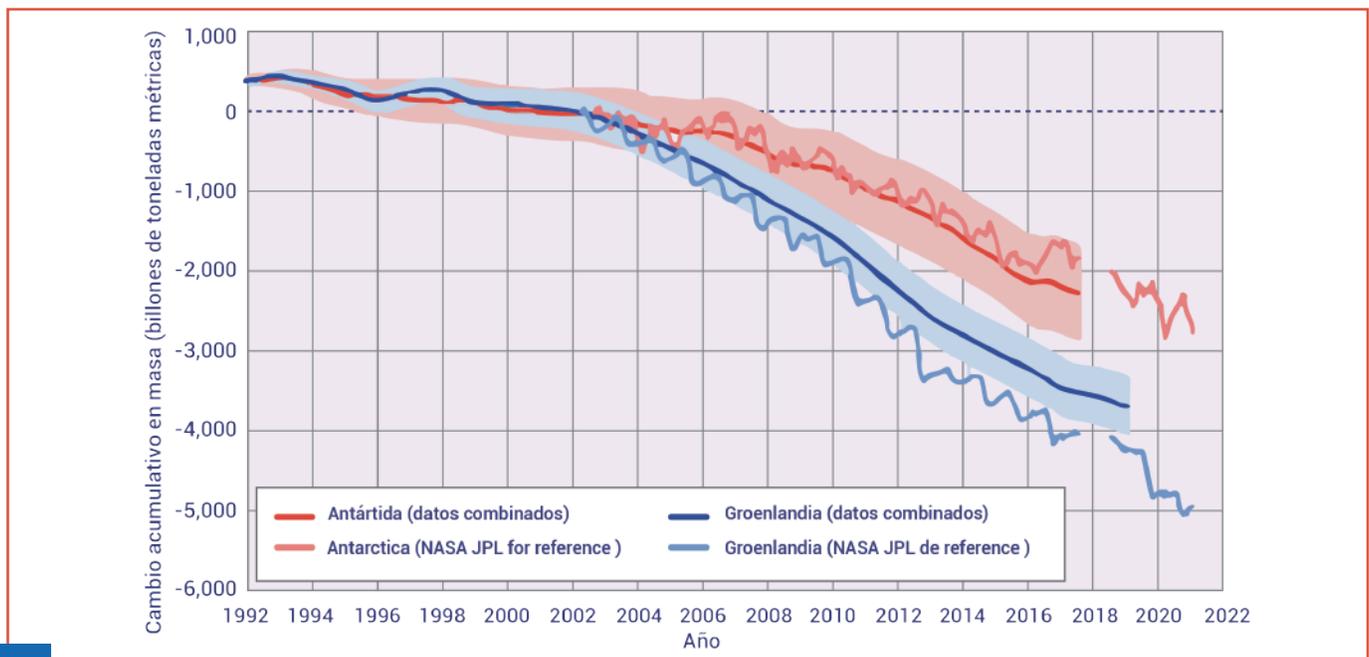
Cambios en la criósfera

Las observaciones satelitales de la extensión del hielo marino en el Ártico muestran una tendencia a la baja en todos los meses del año. Septiembre es el mes con la extensión de hielo

más baja del año y se estima que ha disminuido aproximadamente un 13 % por década desde 1979. El hielo del Ártico se ha vuelto más delgado y joven, es decir, en más de 5 años ha disminuido en un 90 % durante el mismo período.

En la Tierra, las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida han perdido masa, lo cual contribuye al aumento del nivel del mar global. Los glaciares se han reducido y las áreas de suelo que se encuentran permanentemente congeladas, se han calentado hasta alcanzar una temperatura récord. La figura 1.14 muestra el balance de masa acumulativo de Groenlandia y la Antártida en el período 1992–2020. Esta figura muestra el cambio acumulado en la masa de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida desde 1992. Las líneas oscuras "combinadas" se basan en más de 20 estudios diferentes que se han combinado para cada región. El sombreado muestra las estimaciones de incertidumbre de los diversos conjuntos de datos que alimentan el promedio combinado. Se agregaron las dos líneas (NASA JPL) para mostrar los resultados de un análisis comúnmente citado, incluidas las variaciones estacionales. Todas las estimaciones se centran en cero en 2002 para proporcionar un punto de referencia consistente. Por lo tanto, una pendiente descendente indica una pérdida neta de hielo y nieve. Como referencia, 1000 billones de toneladas métricas equivalen aproximadamente a 260 millas cúbicas de hielo, suficiente para elevar el nivel del mar en aproximadamente 3 milímetros.

Figura 1.14. Balance de masa acumulativo de Groenlandia y la Antártida en el período 1992–2020



Fuente: adaptado de *Climate Change Indicators: Ice Sheets* [Figura], por United States Environmental Protection Agency con datos de IMBIE, 2018; IMBIE, 2020; NASA, 2021. Disponible en: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-ice-sheets>

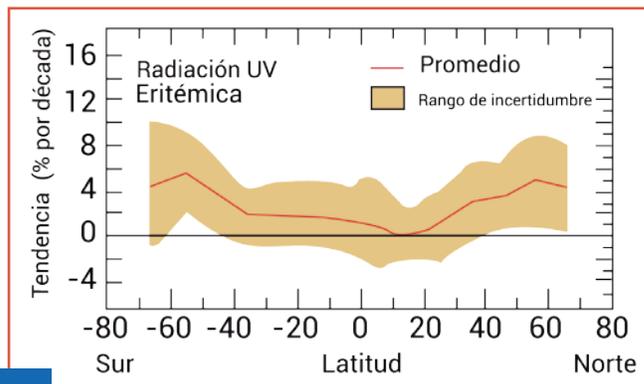
Eventos climáticos extremos:

En toda la superficie terrestre del mundo ha habido una disminución general medida en el número de días y noches fríos, y un aumento general en el número de días y noches cálidas. Igualmente, se presentan más áreas con aumentos que disminuciones en la frecuencia, intensidad o cantidad de lluvias intensas. Diferentes regiones de Europa, Asia y Australia y el mundo en su conjunto han visto aumentos detectables en la frecuencia o duración de los períodos cálidos.

1.4.3. ¿La destrucción de la capa de ozono aumenta la radiación ultravioleta sobre la Tierra?

A medida que la cantidad de ozono total se reduce, la radiación ultravioleta del sol se filtra con mayor intensidad en la superficie terrestre. Las mediciones por instrumentos terrestres y estimaciones realizadas a partir de datos de satélite proporcionan evidencia de que la radiación ultravioleta de la superficie ha aumentado en varias regiones geográficas como resultado del agotamiento del ozono. La radiación solar UV sobre la superficie de la Tierra causante de quemaduras en la piel ha aumentado en el mundo entre 1979 y 1992, principalmente en las latitudes medias de ambos hemisferios. La tendencia se confirma a través de observaciones del agotamiento de ozono y su relación con la radiación UV sobre la superficie en determinados puntos. Las variaciones de la radiación UV en los trópicos son menores porque las variaciones de ozono también fueron mínimas allí (ver figura 1.15).

Figura 1.15. Variaciones en la radiación ultravioleta sobre superficie

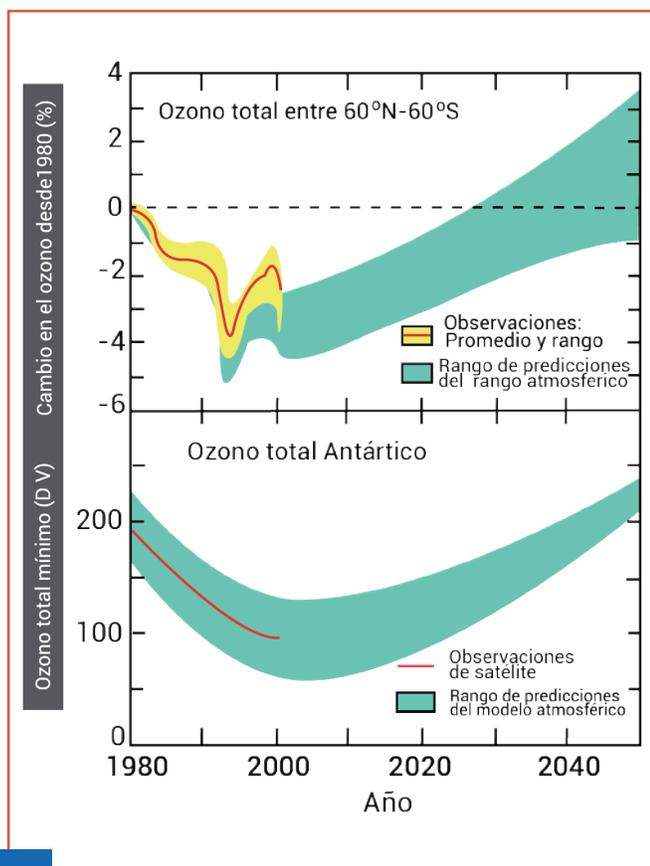


Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 47) por M. Hegglin et al. 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

1.5. EL OZONO ESTRATOSFÉRICO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL FUTURO

En la medida en que se han venido reduciendo las SAO en las últimas décadas, se proyecta que es posible recuperar la capa de ozono a mediados del siglo XXI. No obstante, las erupciones volcánicas podrían retardar la recuperación y contribuir al cambio climático. Paralelamente, podría acelerar o retardar estas previsiones (ver figura 1.16).

Figura 1.16. Predicciones de recuperación del ozono global



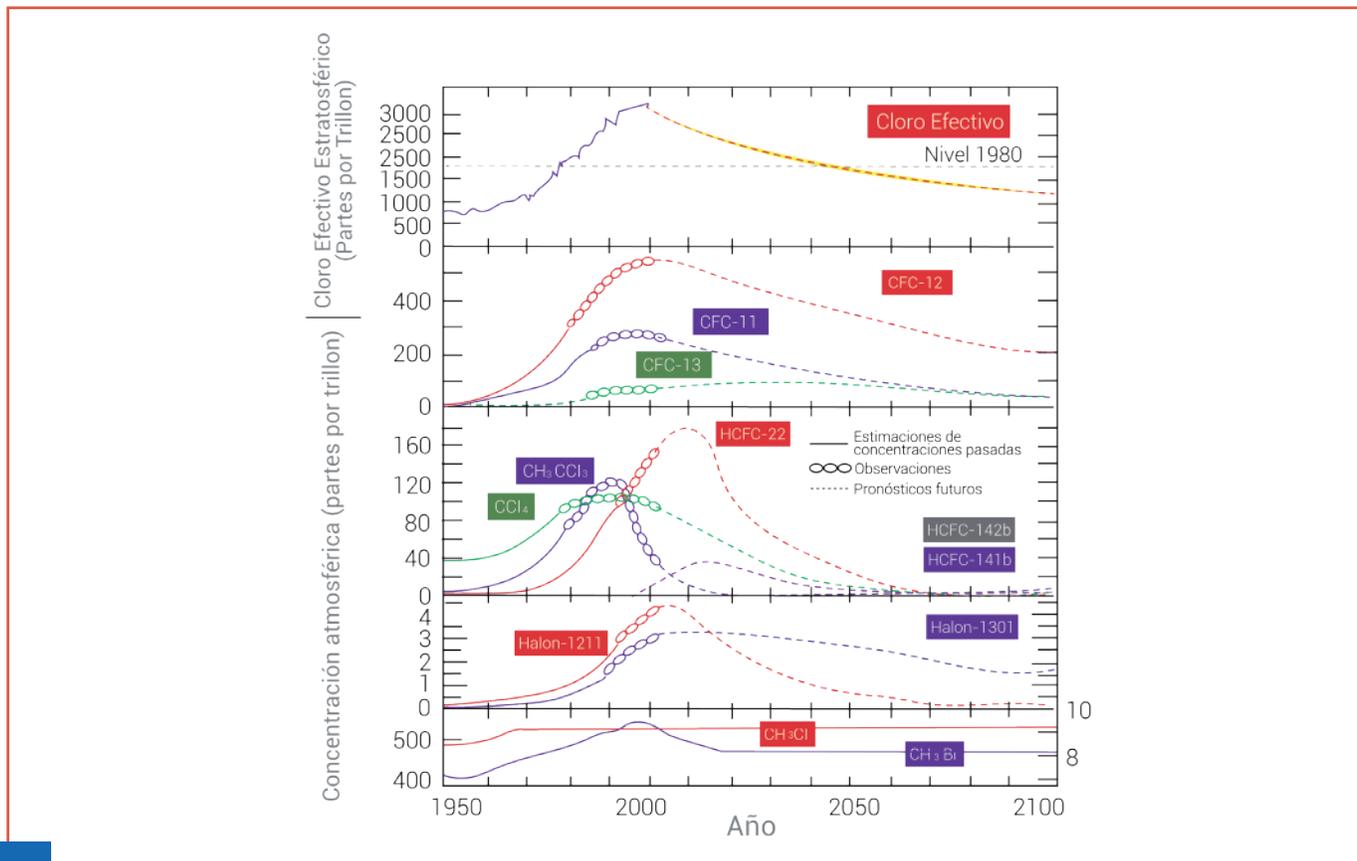
Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 75) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Los valores observados de ozono total global (parte superior del panel de la figura) y el ozono total mínimo sobre la Antártica (parte baja del panel) ha decrecido desde comienzos de los ochenta. Ya que las fuentes de emisiones de gas halógeno decrecen a comienzos del siglo XXI, se espera que los valores de ozono incrementen y lleguen a un estado similar a los valores anteriores a 1980. De esta manera, los modelos de cómputo atmosférico que contabilizan los cambios en los gases halógenos y otros parámetros atmosféricos pueden usarse para predecir la forma en que se incrementarán las cantidades de ozono.

De acuerdo con el modelo de resultados presentado, se espera que la recuperación del ozono sea significativa alrededor de 2050 o tal vez antes. El rango de predicciones del modelo proviene del uso de varios modelos, los cuales parten de supuestos diferentes acerca del clima futuro y la composición de la atmósfera. Como las concentraciones de SAO disminuyen en el siglo XXI, los modelos químico-climáticos proyectan valores de ozono total global vayan en aumento constante hasta superar los valores reportados en 1980. Asimismo, se proyecta que el ozono de la Antártida aumente hasta, como mínimo, alcanzar valores similares a los de 1980. A mediados de siglo, la cantidad efectiva de gases agotadores de ozono debería disminuir a los valores presentes antes de que el agujero de ozono Antártico empezara a formarse a comienzos de los ochenta (ver figura 1.17).

Debido a su larga vida útil, el impacto sobre la capa de ozono estratosférico de las más destacadas SAO (CFC-11 y CFC-12) continuará durante muchas décadas después de que las emisiones hayan cesado. Por otro lado, con respecto al cambio climático, se espera eliminar gradualmente los gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética que puede retrasar la alteración del clima. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente considera que reducir progresivamente los hidrofluorocarbonos podría evitar un aumento de la temperatura global de hasta 0.4 °C para fines de siglo y fomentar la adopción de tecnologías de enfriamiento amigables con el clima y energéticamente eficientes.

Figura 1.17. Cambios en las emisiones de las SAO



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 56) por M. Hegglin et al., 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

AUTOEVALUACIÓN: CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Módulo 1: Agotamiento de la capa de ozono y su relación con el cambio climático

A partir de los conceptos vistos en el módulo 1 responda las siguientes preguntas que le permitirán evaluar su aprendizaje durante el módulo:

1. Realice un paralelo entre ozono bueno, ozono dañino y ozono natural identificando sus principales características:

Ozono bueno	Ozono dañino	Ozono natural

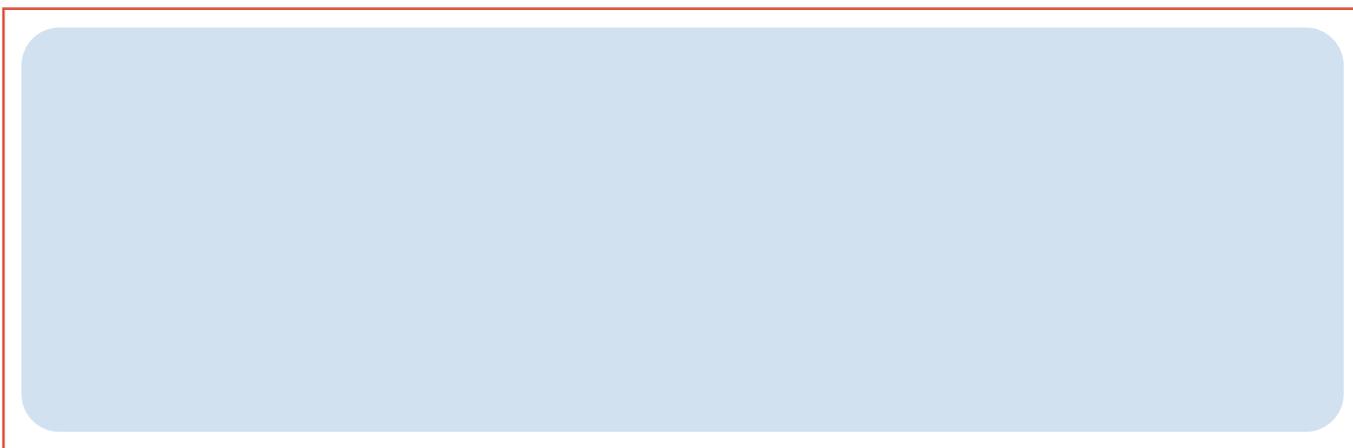
2. Explique dos factores de las actividades humanas que causan el agotamiento de la capa de ozono:

Factor	Descripción
	
	

3. De forma gráfica, explique en qué consiste el fenómeno de efecto invernadero.



4. De forma gráfica, explique el proceso de agotamiento del ozono estratosférico.



5. Relacione el gas efecto invernadero con la fuente de emisión colocando el número que corresponde en la columna central:

Gas efecto invernadero	Número	Principales fuentes de emisión
1. Dióxido de carbono (CO ₂)	()	Refrigerantes, agentes para la extinción de incendios
2. Metano	()	Centrales eléctricas
3. Óxido nitroso	()	Humedales naturales y actividades agrícolas
4. Gases fluorados	()	Quema de combustibles fósiles
5. Ozono troposférico	()	Actividades agrícolas

MÓDULO 2

EL PROTOCOLO DE MONTREAL

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Reconocer el Protocolo de Montreal como el principal acuerdo internacional para abordar el agotamiento de la capa de ozono y su contribución en la estabilidad climática global.
- Comprender las principales enmiendas del Protocolo de Montreal, las responsabilidades de las Partes, la implicación de organismos internacionales y las exenciones para la producción y uso de las sustancias reguladas, que incluye las sustancias agotadoras de ozono (SAO) y los hidrofluorocarbonos (HFC).

RESUMEN

El Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental multilateral establecido para reducir y eliminar la producción y consumo de más de cien sustancias químicas que afectan la capa de ozono (SAO) y contribuyen al cambio climático como los hidrofluorocarbonos (HFC). Desde su establecimiento, el Protocolo ha logrado eliminar más del 99 % de las SAO controladas, promoviendo alternativas en más de 240 sectores industriales. Sin embargo, para reemplazar las SAO, se han adoptado los HFC, que, aunque no agotan la capa de ozono, son gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Para mitigar este impacto, en 2016 las partes del Protocolo aprobaron establecer compromisos vinculantes para reducir progresivamente los HFC. Mediante una enmienda al Protocolo, se busca limitar la producción y uso de los HFC y fomentar alternativas con un menor potencial de calentamiento atmosférico. Este módulo aborda características clave del Protocolo de Montreal, sus enmiendas, cronogramas de cumplimiento, regulación del comercio, roles de organismos internacionales vinculados en la protección de la capa de ozono y los logros alcanzados gracias a este acuerdo internacional.

2.1. TRATADOS INTERNACIONALES PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

El esfuerzo inicial para reparar el daño a la capa de ozono comenzó con la firma del Convenio de Viena en 1985, que estableció el marco inicial para las actividades de protección de la capa de ozono. Este convenio fue firmado por veintiún países que acordaron colaborar en la investigación, intercambio de información y toma de medidas preventivas para disminuir la producción y las emisiones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).

2.1.1. Protocolo de Montreal

En 1987 se adoptó el Protocolo de Montreal como el resultado concreto de los objetivos planteados por el Convenio de Viena para reducir y eliminar las emisiones de las SAO. Inicialmente, el Protocolo incluía una lista de siete SAO controladas y estableció cronogramas para reducir su producción y consumo. Entró en vigor en 1989 y actualmente cuenta con 197 países signatarios.

Artículos 5 y 2 del Protocolo: debido a que las naciones participantes tienen diferentes capacidades económicas y tecnológicas, las disposiciones del Protocolo de Montreal no se aplican de manera uniforme. Los países en desarrollo o con economías emergentes, listados bajo el artículo 5, operan bajo cronogramas diferenciados y reciben apoyo del Fondo Multilateral,

establecido en 1990 para financiar el cumplimiento de sus compromisos. Los países desarrollados, no sujetos al artículo 5, tienen obligaciones específicas según el artículo 2 del Protocolo.

Enmiendas y ajustes. El Protocolo de Montreal se adapta mediante enmiendas y ajustes a los avances tecnológicos, descubrimientos científicos, resultados de investigaciones y cambios económicos coyunturales relacionados con la problemática del agotamiento de la capa de ozono. Los ajustes modifican calendarios de eliminación, valores del potencial de agotamiento del ozono (PAO) y del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para las sustancias controladas. Los ajustes se aplican de manera automática y obligatoria a todos los países que han ratificado el Protocolo o la enmienda pertinente, en la que se introdujo la sustancia controlada.

Las enmiendas introducen nuevas medidas de control o anexos con nuevas sustancias. Las enmiendas son obligatorias solamente después de la respectiva ratificación por cada Parte. Así pues, si un país no ratifica cierta enmienda, no se le considera Parte específicamente de esa enmienda.

La enmienda más reciente se adoptó en 2016 y busca reducir gradualmente los hidrofluorocarbonos (HFC), que fueron utilizados como alternativas a las sustancias agotadoras de la capa de ozono eliminadas por el Protocolo de Montreal. Aunque los HFC no agotan la capa de ozono, son poderosos gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático. La tabla 2.1 presenta un resumen de las enmiendas realizadas hasta la fecha al Protocolo de Montreal.

Tabla 2.1. Enmiendas del Protocolo de Montreal

ENMIENDA	MODIFICACIÓN
de Londres (1990) 	Introdujo CFC adicionales, tetracloruro de carbono y metilcloroformo como sustancias controladas. Aceleró los cronogramas de control existentes y adoptó medidas adicionales para los CFC y halones listados en el anexo A del Protocolo, tanto para los países desarrollados como para los países en desarrollo. Plantea la creación del Fondo Multilateral.
de Copenhague (1992) 	Introdujo el bromuro de metilo, los HBFC y los HCFC como sustancias controladas. Estableció medidas de control para el bromuro de metilo y los HBFC, así como para los HCFC en los países desarrollados. Aceleró los calendarios de eliminación para CFC, halones, tetracloruro de carbono y metilcloroformo en los países desarrollados. También estableció provisiones para la producción y el consumo de las SAO destinadas para usos esenciales.
de Montreal (1997) 	Introdujo medidas de control adicionales para el bromuro de metilo aplicables a los países en desarrollo y aceleró las medidas para los países desarrollados. Introdujo la obligatoriedad para el establecimiento de un sistema de licencias de importación y exportación de SAO.
de Beijing (1999) 	Introdujo el bromoclorometano como sustancia controlada. Introdujo controles en su producción y consumo, controles en la producción de HCFC y requisitos para la presentación de datos sobre el bromuro de metilo usado en aplicaciones para cuarentena y pre-embarque.
de Kigali (2016) 	Introdujo a la lista de sustancias controladas los hidrofluorocarbonos (HFC) para reducir su producción y consumo.

El 16 de septiembre del 2009, el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal se convirtieron en los primeros tratados de las Naciones Unidas en lograr una ratificación universal. Así pues, el Protocolo de Montreal marca un hito en los acuerdos internacionales para preservar el ambiente, si se tienen en cuenta que hasta hoy es el único que ha permitido implementar medidas con resultados tangibles. Además, con la Enmienda de Kigali se convertirá en un instrumento fundamental contra el cambio climático.

Para verificar el estado de ratificación de los acuerdos sobre la protección de la capa de ozono por parte de los países miembros de las Naciones Unidas, puede consultar el siguiente enlace: <https://ozone.unep.org/all-ratifications>. La tabla 2.2 muestra el número de países que han ratificado las respectivas enmiendas del Protocolo de Montreal.

Tabla 2.2. Número de países que han ratificado las enmiendas del Protocolo de Montreal

RATIFICACIONES	PAÍSES
Convenio de Viena	198
Protocolo de Montreal	198
Enmienda de Londres	197
Enmienda de Copenhague	197
Enmienda de Montreal	197
Enmienda de Beijing	197
Enmienda de Kigali	160*

*Actualmente varios países se encuentran en el proceso de ratificación.

2.1.2. Sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal controla las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) a través de los anexos A, B, C y E, y los hidrofluorocarbonos (HFC), que son gases de efecto invernadero, se incluyen en el anexo F. En conjunto, estos dos grupos se denominan Sustancias Controladas por el Protocolo de Montreal.

Sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO)

Dentro de las principales SAO se incluyen los clorofluorocarbonos (CFC), los halones, el tetracloruro de carbono (TCC), metilcloroformo, el bromuro de metilo (BrMe) y los productos químicos de transición menos dañinos como los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Otras sustancias como los HBFC y bromoclorometano también se controlaron, pero su consumo mundial fue mínimo. De las sustancias producidas por el hombre, los compuestos HCFC son los que más abundan actualmente, dado que los demás ya se han prohibido.

Hidrofluorocarbonos (HFC)

Con la adopción de la quinta enmienda al Protocolo de Montreal, se incluyeron 18 HFC, los cuales se adoptaron como sustitutos de SAO y se utilizan principalmente en aires acondicionados, aparatos de refrigeración, espumas y aerosoles. Si bien los HFC no son sustancias que agotan el ozono, sí son poderosos gases de efecto invernadero y tienen un alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA). El uso de HFC ha aumentado en las últimas décadas y, si no se detiene, podría convertirse en una amenaza para la estabilidad climática. Para disminuir este posible daño, el nuevo reto del Protocolo de Montreal es buscar alternativas que tengan bajo potencial de calentamiento global y terminar el proceso de eliminación de las SAO, evitando las alternativas con altos PCA, a la vez que se seleccionen tecnologías con mejor eficiencia energética.

La tabla 2.3 presenta los principales usos en la industria de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal (SAO y HFC). De otro lado, la tabla 2.4 muestra los datos del potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) y el potencial de calentamiento atmosférico (PCA) de estas sustancias, teniendo en cuenta que la Enmienda de Kigali (anexo F) requiere de una estrategia conjunta para reducir el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono.

Tabla 2.3. Principales aplicaciones de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal en la industria

APLICACIÓN		SUSTANCIAS
	Espumas sintéticas y flexibles para empaques; aislantes y mobiliarios; poliols formulados; espumas de poliuretano; manufactura de espuma de piel integral, de refrigeración industrial y construcción; manufactura de refrigeración doméstica y comercial.	CFC-11, CFC-12, CFC-113, HCFC-141b, HCFC-142b, HFC-365mfc/227ea
	Aerosoles, esterilizantes, solventes, plaguicidas limpiadores, desengrasantes y removedores de manchas.	CFC-11, CFC-12, CFC-113, TCC, TCA, HCFC-141b, HCFC-142b, CCL4, CH3CCI3, HFC-43-10, HFC-134a
	Refrigeración doméstica, comercial e industrial y transporte refrigerado.	CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115, HCFC-22, HCFC-123, HCFC-124, HFC-134a, HFC-404A, HFC-507A, HFC-452A, HFC-407C
	Aire acondicionado doméstico, comercial y para medios de transporte.	CFC-11, CFC-12, CFC-114, CFC-115, HCFC-22, HCFC-123, HCFC-124, HFC-23, HFC-32, HFC-134a, HFC-407C, HFC-410A
	Agentes para extinción de fuego en extintores portátiles e instalaciones fijas en edificaciones y medios de transporte.	Halón 1211, Halón 1301, Halón 2402, HCFC-22, HCFC-123, HCFC-124, CCL4, HBFC, HFC-227ea, HFC-23, HFC-125, HFC-236fa
	Insecticidas y nematocidas con efectos fungicidas, acaricidas, rodenticidas, herbicidas (semillas en germinación), plaguicidas para la fumigación del suelo.	Bromuro de metilo (CH3Br)
	Pinturas, pegamentos y pulverizadores de aerosol.	CH3CCI3
	Inhaladores de dosis medida.	HFC-134a

Fuente: Protocolo de Montreal y *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* por M. Hegglin et al. 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Tabla 2.4. Datos del potencial de agotamiento de la capa de ozono y potencial de calentamiento global de algunas SAO y HFC

TIPO DE SUSTANCIA	SUSTANCIA	POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO (PAO)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (PCA)
CFC	CFC-11	1.0	4.750
	CFC-12	1.0	10.900
	CFC-113	0.8	6.130
Halones	Halón-1211	3.0	1.890
	Halón-1301	10.0	7.140
	Halón-2402	6.0	1.640
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	1.1	1.400
Tricloroetano	Tricloroetano	0.1	-
HCFC	HCFC-22	0.055	2
	HCFC-141b	0.11	725
HBFC	HBFC	0.74	-
Bromoclorometano	Bromoclorometano	0.12	-
Bromuro de Metilo	Bromuro de Metilo	0.6	-
HFC	HFC-23	-	14.800
	HFC-134a	-	1.430
	HFC-32	-	675
	HFC-152a	-	124
	R-410A	-	2.088
	R-404A	-	3922
	R-507A	-	3985
	R-508B	-	12.802

Fuente: Protocolo de Montreal.

2.1.3. Características del Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal exige la eliminación de la producción y el consumo de casi cien sustancias químicas que agotan la capa de ozono y de dieciocho HFC. Su objetivo es lograr una reducción gradual, siguiendo cronogramas detallados y diferenciados para los países

desarrollados y para aquellos en vías de desarrollo (países del artículo 5). Estos últimos tienen responsabilidades iguales pero diferenciadas con compromisos vinculantes, medibles y con plazos determinados. En virtud de este tratado, todas las Partes tienen responsabilidades específicas relacionadas con la eliminación de los diferentes grupos de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal. Esto incluye el control de su comercio, la presentación anual de datos y avances en su implementación, y la gestión de sistemas nacionales de licencias para controlar las importaciones y exportaciones de SAO y HFC, entre otros aspectos.

El Protocolo incluye disposiciones relacionadas con las medidas de control (artículo 2), su cálculo (artículo 3), el control del comercio con países que no son Parte (artículo 4), las situaciones especiales de los países en desarrollo (artículo 5), el reporte de datos (artículo 7), incumplimientos (artículo 8), asistencia técnica (artículo 10), entre otros temas.

El tratado evoluciona con el tiempo a la luz de los nuevos desarrollos científicos, técnicos y económicos, y continúa siendo modificado y ajustado. La Reunión de las Partes (MOP) es el órgano rector del tratado, el cual cuenta con el apoyo técnico proporcionado por un grupo de trabajo de composición abierta que se reúne anualmente. Las Partes cuentan con la asistencia de la Secretaría del Ozono, la cual se encuentra en la sede del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en Nairobi, Kenia.

2.1.4. Anexos del Protocolo de Montreal

Las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal se listan en los anexos A (CFC, halones), B (otros CFC totalmente halogenados, tetracloruro de carbono, metilcloroformo), C (HCFC, HBFC, bromoclorometano), E (bromuro de metilo), F (HFC) y D (productos y equipos que contienen o requieren para su operación sustancias controladas) (ver tabla 2.5).

Tabla 2.5. Anexos del Protocolo de Montreal sustancias, equipos y productos que controla

ANEXO	GRUPO Y (SUSTANCIA)
Anexo A Sustancias controladas	Grupo 1 – CFC CFCl ₃ (CFC-11) CF ₂ Cl ₂ (CFC-12) C ₂ F ₃ Cl ₃ (CFC-113) C ₂ F ₄ Cl ₂ (CFC-115) C ₂ F ₅ Cl (CFC-114)
	Grupo 2 – halones CF ₂ BrCl (halon-1211) CF ₃ Br (halon-1301) C ₂ F ₄ Br ₂ (halon-2402)
Anexo B Sustancias controladas	Grupo 1 – CFC CF ₃ Cl (CFC-13) C ₂ FCl ₅ (CFC-111)

ANEXO	GRUPO Y (SUSTANCIA)
<p align="center">Anexo B Sustancias controladas</p>	<p>C₂F₂Cl₄ (CFC-112) C₃FCl₇ (CFC-211) C₃F₂Cl₆ (CFC-212) C₃F₃Cl₅ (CFC-213) C₃F₄Cl₄ (CFC-214) C₃F₅Cl₃ (CFC-215) C₃F₆Cl₂ (CFC-216) C₃F₇Cl (CFC-217)</p>
	<p>Grupo 2 CCl₄ (tetracloruro de carbono)</p>
	<p>Grupo 3 C₂H₃Cl₃* (1,1,1-tricloroetano (metilcloroformo))</p>
<p align="center">Anexo C Sustancias controladas</p>	<p>Grupo 1 – HCFC CHFCl₂ (HCFC-21) CHF₂Cl (HCFC-22) CH₂FCl (HCFC-31) C₂HFCl₄ (HCFC-121) C₂HF₂Cl₃ (HCFC-122) C₂HF₃Cl₂ (HCFC-123) CHCl₂CF₃ (HCFC-123) C₂HF₄Cl (HCFC-124) CHFClCF₃ (HCFC-124) C₂H₂FCl₃ (HCFC-131) C₂H₂F₂Cl₂ (HCFC-132) C₂H₂F₃Cl (HCFC-133) C₂H₃FCl₂ (HCFC-141) CH₃CFCl₂ (HCFC-141b) C₂H₃F₂Cl (HCFC-142) CH₃CF₂Cl (HCFC-142b) C₂H₄FCl (HCFC-151) C₃HFCl₆ (HCFC-221) C₃HF₂Cl₅ (HCFC-222) C₃HF₃Cl₄ (HCFC-223) C₃HF₄Cl₃ (HCFC-224) C₃HF₅Cl₂ (HCFC-225) CF₃CF₂CHCl₂ (HCFC-225ca) CF₂CICF₂CHClF (HCFC-225cb) C₃HF₆Cl (HCFC-226) C₃H₂FCl₅ (HCFC-231) C₃H₂F₂Cl₄ (HCFC-232) C₃H₂F₃Cl₃ (HCFC-233) C₃H₂F₄Cl₂ (HCFC-234) C₃H₂F₅Cl (HCFC-235) C₃H₃FCl₄ (HCFC-241)</p>

ANEXO	GRUPO Y (SUSTANCIA)
<p style="text-align: center;">Anexo C Sustancias controladas</p>	<p>C₃H₃F₂Cl₃ (HCFC-242) C₃H₃F₃Cl₂ (HCFC-243) C₃H₃F₄Cl (HCFC-244) C₃H₄FCl₃ (HCFC-251) C₃H₄F₂Cl₂ (HCFC-252) C₃H₄F₃Cl (HCFC-253) C₃H₅FCl₂ (HCFC-261) C₃H₅F₂Cl (HCFC-262) C₃H₆FCl (HCFC-271)</p>
	<p>Grupo 2 - HBFC CHFBr₂ CHF₂Br (HBFC-22B1) CH₂FBr C₂HFBr₄ C₂HF₂Br₃ C₂HF₃Br₂ C₂HF₄Br C₂H₂FBr₃ C₂H₂F₂Br₂ C₂H₂F₃Br C₂H₃FBr₂ C₂H₃F₂Br C₂H₄FBr C₃HFBr₆ C₃HF₂Br₅ C₃HF₃Br₄ C₃HF₄Br₃ C₃HF₅Br₂ C₃HF₆Br C₃H₂FBr₅ C₃H₂F₂Br₄ C₃H₂F₃Br₃ C₃H₂F₄Br₂ C₃H₂F₅Br C₃H₃FBr₄ C₃H₃F₂Br₃ C₃H₃F₃Br₂ C₃H₃F₄Br C₃H₄FBr₃ C₃H₄F₂Br₂ C₃H₄F₃Br C₃H₅FBr₂ C₃H₅F₂Br C₃H₆FBr</p>
	<p>Grupo 3 CH₂BrCl (bromoclorometano)</p>

ANEXO	GRUPO Y (SUSTANCIA)
<p>Anexo D Productos controlados</p>	<p>Equipos de refrigeración y aire acondicionado domésticos, industriales y comerciales p. ej: Refrigeradores Congeladores Deshumidificadores Enfriadores de agua Máquinas productoras de hielo Equipos de aire acondicionado y bombas de calor Productos en aerosol Extintores y sistemas extinción de incendio Planchas, tableros y cubiertas de tuberías aislantes Prepolímeros</p>
<p>Anexo E Sustancias controladas</p>	<p>CH₃Br (metilbromuro)</p>
<p>Anexo F Sustancias controladas</p>	<p>Grupo 1 - HFC CHF₂CHF₂ (HFC-134) CH₂FCF₃ (HFC-134a) CH₂FCHF₂ (HFC-143) CHF₂CH₂CF₃ (HFC-245fa) CF₃CH₂CF₂CH₃ (HFC-365mfc) CF₃CHFCF₃ (HFC-227ea) CH₂FCF₂CF₃ (HFC-236cb) CHF₂CHFCF₃ (HFC-236ea) CF₃CH₂CF₃ (HFC-236fa) CH₂FCF₂CHF₂ (HFC-245ca) CF₃CHFCHFCF₂CF₃ (HFC-43-10mee) CH₂F₂ (HFC-32) CHF₂CF₃ (HFC-125) CH₃CF₃ (HFC-143a) CH₃F (HFC-41) CH₂FCH₂F (HFC-152) CH₃CHF₂ (HFC-152a)</p> <p>Grupo 2 - HFC CHF₃ (HFC-23)</p>

Fuente: Protocolo de Montreal.

2.1.5. Enmienda de Kigali y su contribución en la desaceleración del cambio climático

La Enmienda de Kigali busca reducir gradualmente el uso y las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) con el objetivo de lograr una reducción del 80 % para 2047. Esta medida tendría un impacto sustancial en el clima global, al disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global en la atmósfera. Se estima que evitará un aumento de 0.4 °C en la temperatura global. Si la reducción procede según lo previsto, tendrá un impacto significativo en la lucha contra el cambio climático y reducirá la dependencia global de los HFC.

Según esta enmienda, las Partes del Protocolo de Montreal deben reducir gradualmente el uso de HFC entre un 80 % y un 85 % para fines de la década de 2040. Las primeras reducciones por parte de la mayoría de los países desarrollados comenzaron en 2019, mientras que muchos países en desarrollo deberán congelar los niveles de consumo de HFC entre 2024 y 2028.

Otro aspecto crucial de la Enmienda de Kigali es la mejora de la eficiencia energética. En los países en desarrollo, la demanda de refrigeración y aire acondicionado está creciendo con rapidez, representando actualmente más del 40 % del consumo total de electricidad. Se espera que esta demanda aumente debido al crecimiento económico y demográfico, la urbanización y el calentamiento global. A nivel mundial, la creciente demanda de refrigeración y aire acondicionado podría aumentar el uso de electricidad en un 80 % entre 2010 y 2100. Los HFC contribuyen al calentamiento global tanto por fugas directas de refrigerante como por emisiones indirectas de los equipos de refrigeración. Por lo tanto, mejorar la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración es clave para la mitigación del cambio climático y representa un objetivo esencial para proyectos futuros.

Además, según estimaciones de Young *et al.* (2021), gracias al Protocolo de Montreal, para finales de este siglo (2080-2099) podría haber entre 325 y 690 mil millones de toneladas menos de carbono en la atmósfera, retenidas en plantas y suelos. En comparación, las proyecciones climáticas sin control de las sustancias agotadoras del ozono indican que habría entre 115 y 235 partes por millón adicionales de dióxido de carbono atmosférico, lo que podría causar un calentamiento adicional de la temperatura superficial media global de 0.50 a 1.0 grados. Estos hallazgos muestran que el Protocolo de Montreal también está ayudando a mitigar el cambio climático al reducir el sumidero de carbono terrestre.

2.2. OBLIGACIONES PARA LAS PARTES EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y SUS ENMIENDAS

Para que un país sea parte del Protocolo de Montreal y sus respectivas enmiendas debe firmar y ratificar estos acuerdos. Es posible que un país sea Parte del Protocolo, pero no de alguna enmienda que aún no haya ratificado. Las principales obligaciones para las Partes son las siguientes:

- Congelación, reducción o eliminación de la producción y consumo de las SAO y HFC: las Partes deben seguir los cronogramas establecidos para congelar, reducir o eliminar la producción y el consumo de las sustancias controladas. Estos cronogramas varían entre los países desarrollados y los países en vía de desarrollo (países que operan bajo el artículo 5).
- Implementación de controles sobre la producción y consumo: las Partes deben implementar controles efectivos para regular la producción y el consumo de las sustancias controladas, esto incluye la adopción de sistemas de licencias para controlar las importaciones y exportaciones de estas sustancias.
- Reporte de datos: las Partes están obligadas a reportar anualmente sus datos de producción, consumo, importaciones y exportaciones de SAO y HFC. Estos datos permiten evaluar el cumplimiento y los progresos en la implementación del Protocolo.

El Protocolo de Montreal establece que el consumo de una sustancia se calcula sumando los valores de producción e importación y restando la cantidad de exportaciones como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo} = (\text{Producción} + \text{Importaciones}) - \text{Exportaciones}$$

En la mayoría de los países del artículo 5, que son naciones en vías de desarrollo, el consumo lo constituyen las importaciones de SAO y HFC, ya que generalmente no hay producción interna de este tipo de sustancias y las exportaciones son mínimas. Este es el caso de Colombia, donde el consumo se calcula restando las exportaciones de las importaciones.

Nivel básico de producción y consumo de SAO y HFC. Para estimar las cantidades anuales que deben ser reducidas por un país, se determina el nivel básico de producción y consumo de cada SAO y HFC y, el cual, en la mayoría de los casos, corresponde al promedio de producción y consumo durante un período de referencia específico para cada sustancia controlada. En la tabla 2.6 se presenta el período considerado para el cálculo de la línea base para cada sustancia en los países del artículo 5.

Calendarios de congelación, reducción o eliminación. El Protocolo de Montreal ha establecido calendarios específicos de congelación, reducción o eliminación de SAO y HFC para todas sus Partes. Así pues, propone los niveles de línea base sobre los cuales en ciertos plazos de tiempo el consumo y la producción deben disminuir hasta ciertos niveles. Los países que operan bajo el artículo 5 tienen un período de gracia de aproximadamente diez años en comparación con los países desarrollados (artículo 2), debido a las dificultades en el acceso a tecnologías alternativas, conocimientos técnicos e inversiones de capital.

La tabla 2.6 muestra las fechas correspondientes para cumplir con las primeras medidas de control y la eliminación definitiva de SAO y reducción de HFC que se aplican a los países en desarrollo y específicamente para Colombia.

MÓDULO 2
EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Tabla 2.6. Cronograma de eliminación de SAO y reducción de HFC para países del artículo 5

ANEXO	TIPO DE SUSTANCIA	LÍNEA BASE PAÍSES ARTÍCULO 5	TIPO DE CONTROL PAÍSES DEL ARTÍCULO 5			CASO COLOMBIA
			CONGELACIÓN	REDUCCIÓN	ELIMINACIÓN	
A-I	CFC (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 y CFC-115)	Promedio de producción para 1995 – 1997 o 0.3 kg per cápita (lo que sea menor)	1999	2005 (50 %) 2007 (85 %)	2010	El mismo calendario de manera general
A-II	Halones (halón 1211, halón 1301, halón 2402)	Promedio de producción para 1995-1997 o 0.3 kg per cápita (lo que sea menor)	2002	2005 (50 %)	2010	
B-I	Otros CFC (CFC-13, CFC-111, CFC-112, CFC-211, CFC-212, CFC-213, CFC-214, CFC-215, CFC-216, CFC-217)	Promedio de producción para 1998-2000 o 0.2 kg per cápita (lo que sea menor)	-	2003 (20 %) 2007 (85 %)	2010	
B-II	Tetracloruro de carbono	Promedio de producción para 1998 – 2000 o 0.2 kg per cápita (lo que sea menor)	-	2005 (85 %)	2010	
B-III	Metilcloroformo	Promedio de producción para 1998 – 2000 o 0.2 kg per cápita (lo que sea menor)	2003	2005 (30 %) 2010 (70 %)	2015	
C-I	HCFC	2009 - 2010	2013	2015 (10 %) 2020 (35 %) 2025 (67,5 %)	2030	Reducción del: 10 % en 2015 60 % en 2020 65 % en 2021 81 % en 2022 87 % en 2024 94 % en 2028 100 % en 2030
C-II	HBFC	-	-	-	1996	El mismo calendario de manera general
C-III	Bromodrometano	-	-	-	2002	
E	Bromuro de metilo	Promedio de producción para 1995-1998	2002	2005 (20 %)	2015	Con la Ley 970 de 2019 se ratificó el mismo calendario de manera general
F-I	HFC	Promedio para 2020-2022 + 65 % de la línea base de HCFC	2024	2029 (10 %) 2035 (30 %) 2040 (50 %) 2045 (80 %)	La Enmienda de Kigali establece metas de reducción no de eliminación	
F-II	HFC-23	Promedio para 2024-2022 + 65% de la línea base de HCFC	2028	2032 (10 %) 2037 (20 %) 2042 (30 %) 2047 (85 %)		

Fuente: Protocolo de Montreal – UTO.

El Protocolo de Montreal contempla varias exenciones para el uso y la producción de SAO. Estas exenciones incluyen usos esenciales, usos como materia prima y como agentes de proceso, hasta el momento solo son aplicables para SAO. Las cantidades de SAO consideradas como usos exentos no cuentan en el consumo de un país, una vez que han sido aprobadas en la Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal. Estas cantidades deben ser reportadas en los informes presentados a la Secretaría del Ozono y a la Secretaría del Fondo Multilateral. A continuación, en la tabla 2.7 se presenta un resumen de los usos considerados como exentos.

Tabla 2.7. Usos exentos de SAO dentro del Protocolo de Montreal

Usos esenciales	Se consideran indispensables para la salud, la seguridad o el funcionamiento de la sociedad y no existe una alternativa aceptable. Incluyen el uso de SAO para aplicaciones analíticas y de laboratorio, las cuales deben cumplir con requisitos específicos para envases, etiquetado y pureza.
Usos para cuarentena y pre-embarque (QPS)	Las aplicaciones de cuarentena están destinadas a impedir la introducción, radicación o propagación de plagas (incluidas enfermedades), o para garantizar su control oficial. Los tratamientos previos al envío (pre-embarque), según el Protocolo de Montreal (decisión XI/12), son aquellos que no requieren cuarentena aplicada en los 21 días previos a la exportación para satisfacer los requisitos exigidos por el país importador o existentes en el país exportador. Las importaciones exentas de bromuro de metilo para el uso QPS pueden desviarse al mercado ilícito.
Usos como materias primas y agentes de procesos	Algunas SAO se utilizan como materia prima en la fabricación de otros productos químicos y durante el proceso se transforman completamente en otras sustancias. También, algunas SAO se emplean en la producción de otros productos químicos como catalizadores o inhibidores de una reacción química.
Concesión en producción para las necesidades básicas internas	A los países del artículo 5 se les ha otorgado un período de gracia para eliminar el uso y la producción de sustancias controladas, de modo que puedan satisfacer sus necesidades internas. Sin embargo, esto no les permite aumentar su producción con fines de exportación.

Fuente: Protocolo de Montreal.

Este esquema de exenciones permite que las Partes del Protocolo de Montreal mantengan el uso y la producción de SAO en aplicaciones específicas, siempre y cuando no existan alternativas viables y se cumplan las condiciones establecidas por el Protocolo.

2.2.1. Organismos internacionales involucrados en la protección de la capa de ozono y contexto regional

A nivel mundial, diversas entidades desempeñan cruciales roles en el control y protección ambiental, en el contexto del Protocolo de Montreal y el comercio de las sustancias controladas,

varios organismos internacionales tienen funciones específicas que facilitan la implementación y cumplimiento de este tratado. En la tabla 2.8, se describen algunos de estos organismos y sus respectivas funciones.

Tabla 2.8. Organismos internacionales relacionados con la protección de la capa de ozono

ORGANISMO	LOGO	FUNCIONES
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente		<ul style="list-style-type: none"> ■ Evaluar el estado del medio ambiente global. ■ Promover la cooperación internacional en acciones para su protección. ■ Proporcionar asistencia en la formulación de legislación ambiental internacional integrada a las políticas y programas del sistema de la ONU.
Organización Mundial de Aduanas (OMA)		<ul style="list-style-type: none"> ■ Asegurar la uniformidad en los sistemas aduaneros. ■ Mejorar técnicas y legislaciones aduaneras. ■ Promover la cooperación intergubernamental en asuntos aduaneros.
Organización Mundial del Comercio (OMC)		<ul style="list-style-type: none"> ■ Ayudar a productores, exportadores e importadores en sus actividades comerciales. ■ Promover el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.
INTERPOL		Investigar y combatir el tráfico ilegal de mercancías.
Red Aduanera de Lucha contra el Fraude (CEN)		Centralizar e intercambiar información sobre drogas, fraude comercial y mercancías que contienen SAO y HFC.

Fuente: elaboración propia con base en la información que reporta cada una de las organizaciones.

Contexto regional

A nivel regional, los acuerdos comerciales pueden influir significativamente en la aplicación del Protocolo de Montreal, puesto que las Partes se encuentran en diferentes etapas de adopción de las Enmiendas, además de otros convenios o tratados internacionales, como el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA). Los acuerdos comerciales regionales pueden facilitar la implementación de restricciones al comercio de las SAO y HFC, mediante impuestos de importación u otras medidas. La tabla 2.9 describe los acuerdos comerciales o de asociaciones que existen en las diferentes regiones.

Tabla 2.9. Acuerdos comerciales para la región de América Latina y el Caribe

ACUERDOS Y/O ASOCIACIÓN	LOGO	OBJETIVO
Acuerdo de Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos (DR-CAFTA)		Objetivo: Promover la cooperación y competitividad de bienes y servicios en la región, fortaleciendo la economía entre los Estados miembros mediante proyectos específicos de cooperación.
Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI)		Simplificar procesos aduaneros y apoyar el cumplimiento del Acuerdo de Bali para la facilitación del comercio de la OMC y los instrumentos de la OMA.
Comunidad Andina		Fortalecer la integración andina y promover la proyección externa. Facilitar el comercio en aduanas, incluyendo temas ambientales
Mercado Común del Caribe (CARICOM)		Facilitar el comercio y acceso a mercados de bienes y servicios, y resolver controversias comerciales regionales. Los consejos relacionados con aduanas y medio ambiente son el Consejo de Comercio y Desarrollo Económico (COTED) y el Consejo de Relaciones Internacionales (COFCOR).
Mercado Común del Sur (MERCOSUR)		Crear un espacio común de oportunidades comerciales y de inversión mediante la integración competitiva al mercado internacional, reduciendo las asimetrías entre las economías nacionales.
Mercado Común Centroamericano (MCCA)		Establecer políticas económicas y comerciales para regular la relación multilateral, incluyendo directrices de comercio y medio ambiente en la región.
Tratado Norteamericano de Libre Comercio (TLC)		Generar oportunidades para el comercio de exportaciones, principalmente en EE. UU., adoptando obligaciones de protección al medio ambiente y facilitando la cooperación entre las partes.

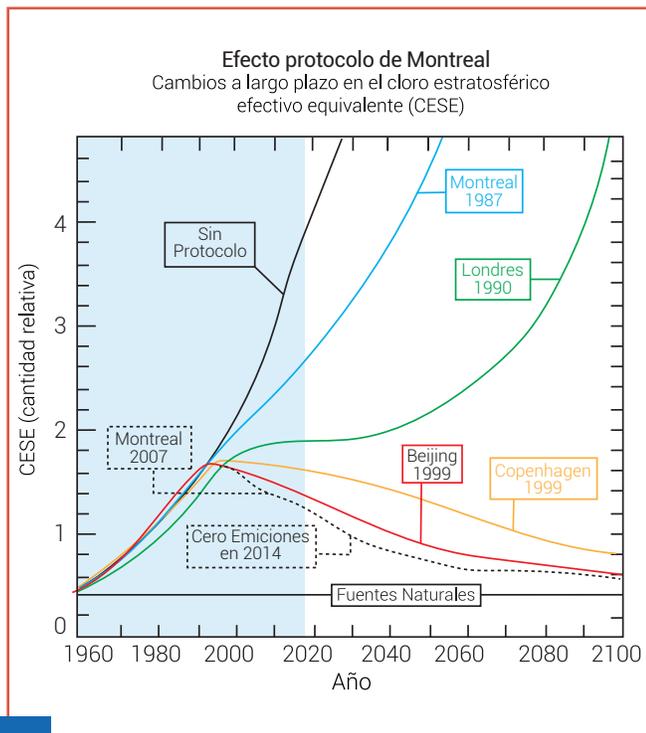
Fuente: elaboración propia con base en la información que reporta cada una de las organizaciones.

Para más información sobre los tratados de libre comercio vigentes, consulte el siguiente enlace: <https://www.tlc.gov.co/acuerdos/vigente>.

2.3. LOGROS DEL PROTOCOLO DE MONTREAL

El Protocolo de Montreal es considerado un hito en los acuerdos internacionales para la preservación del ambiente, siendo el único que ha permitido implementar medidas con resultados tangibles. Sin este protocolo, la concentración de SAO en la atmósfera sería al menos cinco veces mayor que la actual, y el agotamiento del ozono habría alcanzado cerca del 50 % en las latitudes medias septentrionales y 70 % en las meridionales. Adicionalmente, el mundo sería un 25 % más caluroso y en los Estados Unidos se habrían registrado 280 millones de casos adicionales de cáncer de piel, 1.5 millones de muertes por esta enfermedad y 45 millones de casos de cataratas.

Figura 2.1. Efectos del Protocolo de Montreal



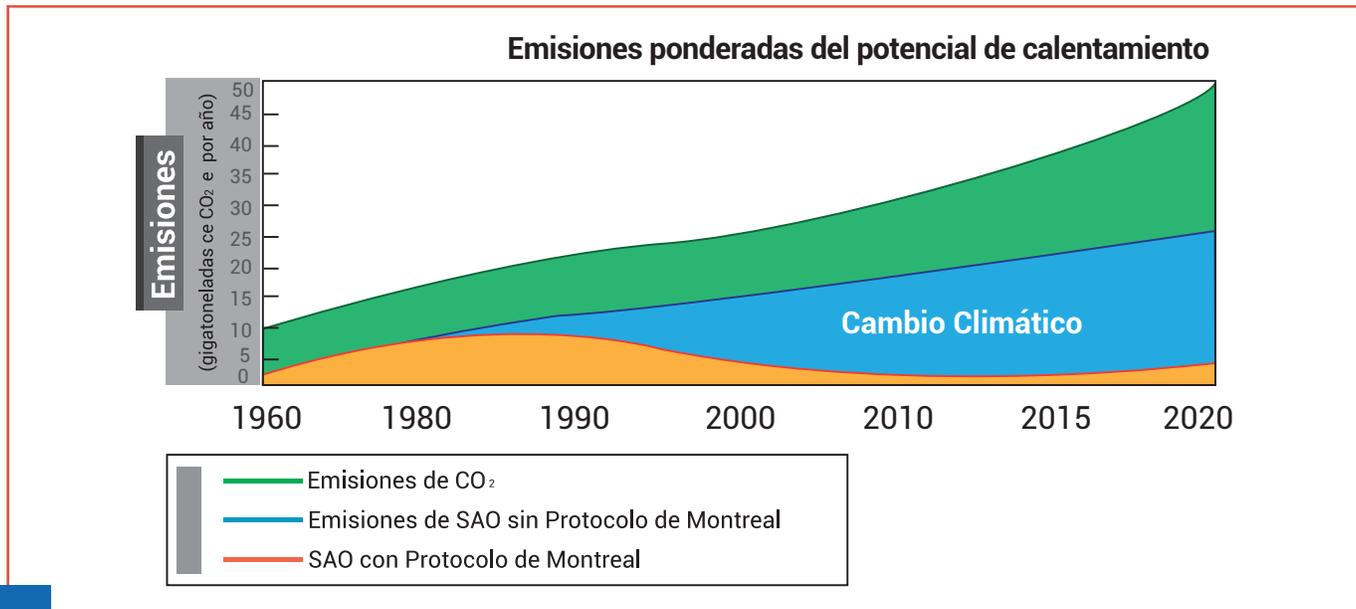
La implementación del Protocolo de Montreal ha llevado a la eliminación del 99 % de las SAO y al remplazo de los HFC. Esto representa una oportunidad para aumentar la eficiencia energética de los equipos de refrigeración entre un 10 % y un 50 %, lo que reduce significativamente los costos de energía para consumidores y empresas.

Se estima que la producción y consumo de las principales SAO en los países desarrollados y en desarrollo serán casi completamente eliminadas antes de la mitad del siglo XXI. La figura 2.1 muestra los efectos del Protocolo de Montreal en la reducción de SAO.

En cuanto al cambio climático, se estima que el Protocolo de Montreal ha contribuido a proteger las plantas de la radiación ultravioleta, permitiéndoles vivir y almacenar carbono, lo cual ha evitado hasta 1 °C adicional de calentamiento global. La figura 2.2 muestra las emisiones ponderadas del potencial de calentamiento global.

Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 52) por M. Hegglin et al. 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Figura 2.2. Emisiones ponderadas del potencial de calentamiento global



Fuente: adaptado de *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update* (p. 76) por M. Hegglin et al. 2015, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

El Protocolo de Montreal también contribuye directamente a la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, ayudando a lograr varios de sus 17 objetivos. La tabla 2.10 describe los principales aportes del Protocolo a los objetivos de desarrollo sostenible.

Tabla 2.10. Aportes del Protocolo de Montreal al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible

OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE	APORTES DEL PROTOCOLO DE MONTREAL
Objetivo 1. Fin de la pobreza	Protege la capa de ozono y el clima, fomentando el desarrollo socioeconómico y la eliminación de la pobreza. El Fondo Multilateral del Protocolo ha proporcionado más de \$4,000 millones para proyectos en países en desarrollo, apoyando la transición a tecnologías seguras para el clima y la capa de ozono.
Objetivo 2. Cero hambre	Protege los cultivos y la pesca, fundamentales para la seguridad alimentaria, con beneficios globales estimados en \$460 mil millones entre 1987 y 2060.
Objetivo 3. Salud y bienestar	Protege contra la radiación UV, evitando hasta dos millones de casos de cáncer de piel cada año para 2030 y millones de casos de cataratas en todo el mundo.

OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE	APORTES DEL PROTOCOLO DE MONTREAL
Objetivo 7. Energía asequible y no contaminante	Mejora la eficiencia energética en refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, promoviendo el uso de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global.
Objetivo 8. Trabajo decente y crecimiento económico	Apoya el crecimiento económico sostenible y la transición a tecnologías más ecológicas, facilitando la formación técnica y la creación de entornos laborales seguros.
Objetivo 9. Industria, Innovación e Infraestructura	Estimula la investigación y las innovaciones tecnológicas, asegurando que todos los países se beneficien de nuevas tecnologías sostenibles en sectores productivos.
Objetivo 10. Reducción de las desigualdades	Protege a todos los países del agotamiento del ozono, proporcionando apoyo financiero y técnico a los países en desarrollo a través del Fondo Multilateral.
Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles	Protege los materiales de construcción de la radiación UV, apoyando el desarrollo de sistemas de refrigeración y aire acondicionado sostenibles y asequibles.
Objetivo 12. Producción y consumos responsables	Estimula cambios en los patrones de producción y consumo, promoviendo procesos de producción más eficientes y tecnologías más ecológicas.
Objetivo 13. Acción por el clima	Ha evitado el equivalente a 135.000 millones de toneladas de CO ₂ en emisiones, y la Enmienda de Kigali evitará un calentamiento adicional de hasta 0.4°C para 2100.
Objetivo 14. Vida submarina	Protege los recursos acuáticos de la radiación UV, apoyando la seguridad alimentaria y las economías que dependen de estos recursos.
Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres	Protege la biodiversidad y los ecosistemas terrestres, ayudando a conservar el aire, el agua y a polinizar los cultivos.
Objetivo 17. Alianza para lograr los objetivos	Promueve la cooperación internacional, facilitando el intercambio de ideas, conocimientos e información para lograr mejores resultados y prácticas sostenibles.

Fuente: *Ozone Treaties and SDGs* por UN Environment Programme, Ozone Secretariat. Disponible en: <https://ozone.unep.org/sdg>

Finalmente, se puede concluir que el Protocolo de Montreal ha demostrado que la acción colectiva, guiada por la ciencia, es la mejor manera de resolver los principales desafíos globales. En tres décadas, ha logrado que la capa de ozono esté en proceso de recuperación, evitando un calentamiento significativo del planeta.

AUTOEVALUACIÓN: CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Módulo 2: Protocolo de Montreal

A partir de los conceptos vistos en el módulo 2 responda las siguientes preguntas que le permitirán evaluar su aprendizaje durante el módulo:

1. Con sus palabras, defina ¿cuál es el principal objetivo del Protocolo de Montreal.

2. En el Protocolo de Montreal qué significa países que operan bajo el artículo 5.

3. Seleccione dos objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y explique los principales aportes del Protocolo de Montreal.

Nombre del objetivo de desarrollo sostenible	Principales aportes del Protocolo de Montreal
Objetivo:	
Objetivo:	

4. Relacione el anexo del Protocolo de Montreal en el que se lista la sustancia controlada colocando el número que corresponde en la columna central:

Sustancias controladas	Número	Anexo y fecha de eliminación
1. Halones	()	Anexo D
2. HCFC	()	Anexo E – Grupo 1
3. Metilbromuro	()	Anexo A – Grupo 1 y Anexo B – Grupo 1
4. Metilcloroformo	()	Anexo A – Grupo 2
5. Bromoclorometano	()	Anexo C – Grupo 3
6. HFC	()	Anexo B – Grupo 2
7. CFC	()	Anexo C – Grupo 2
8. Productos	()	Anexo C – Grupo 1
9. HBFC	()	Anexo F
10. Tetracloruro de carbono	()	Anexo B – Grupo 3

5. Relacione la sustancia agotadora de la capa de ozono con sus respectivas aplicaciones colocando el número que corresponde en la columna central.

Aplicación	Número	Sustancia
1. Espumas y refrigeración	()	Halón 1301, HFC-125
2. Inhaladores de dosis medida	()	HFC-365mfc/227ea, CFC – 113
3. Insecticida y plaguicida	()	CFC – 115, HCFC – 22, HFC-134a, HFC-407C
4. Agentes de extinción de fuego - Extintores	()	Bromuro de metilo
5. Aires acondicionados, Chillers y refrigeración	()	HFC-134a, HFC-227ea

MÓDULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Reconocer las actividades adelantadas por Colombia y los resultados obtenidos para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos frente al Protocolo de Montreal.
- Identificar el marco normativo y las entidades articuladoras involucradas en el control de SAO y HFC, los productos y los equipos que las pueden contener.

RESUMEN

Colombia, como un país firmante del Protocolo de Montreal, ha adquirido una serie de compromisos para eliminar el consumo de las SAO y reducir el consumo de los HFC. Desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), a través de la Unidad Técnica Ozono (UTO) y con el apoyo de otras entidades del Gobierno nacional, se han desarrollado diversas estrategias y actividades para cumplir estos compromisos. En efecto, el trabajo coordinado entre instituciones de orden nacional, como ministerios, institutos y direcciones ha sido esencial para contribuir al objetivo mundial de recuperar la capa de ozono. En este esfuerzo colectivo, la UTO ha desempeñado un rol fundamental, asesorando al Gobierno en la implementación del Protocolo de Montreal y sus enmiendas. El presente módulo describe los compromisos adquiridos por Colombia, las lecciones aprendidas tras la implementación del Protocolo, los principales resultados obtenidos y la formulación y aplicación del marco normativo, entre otros aspectos relacionados.

3.1. COMPROMISOS ADQUIRIDOS POR COLOMBIA CON EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Con la Ley 29 de 1992, Colombia ratificó el Protocolo de Montreal, comprometiéndose a eliminar el consumo de las SAO listadas en sus anexos A, B, C y E. Además, mediante la Ley 170 de 2019, se estableció el compromiso de reducir el consumo de HFC según la Enmienda de Kigali.

Para implementar estos acuerdos, el Gobierno nacional, con el apoyo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, fundó la UTO, cuyo objetivo principal es asesorar al Gobierno sobre temas relacionados con la implementación de los acuerdos, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente).

Planes nacionales de gestión para la eliminación del consumo de las SAO y HFC

Los planes nacionales de eliminación son las estrategias que diseña un país para el cumplimiento de los calendarios de erradicación de las SAO controladas, según lo establecido en el Protocolo de Montreal. Por otra parte, los acuerdos plurianuales son herramientas utilizadas por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal para apoyar las medidas de control sobre las SAO en los países del artículo 5, es decir, aquellos países en vías de desarrollo. Estos acuerdos buscan financiar los planes nacionales, cuyo objetivo principal es el de lograr la reducción y eliminación de SAO en los sectores que las utilizan.

El Protocolo de Montreal reconoce la necesidad de que los países del artículo 5 elaboren sus propias estrategias nacionales para llevar a cabo la eliminación de las SAO. De acuerdo con ello, las Partes que operan al amparo del artículo 5 han implementado proyectos del Fondo Multilateral en relación con las SAO, los cuales, en una primera etapa, se concentraron en la eliminación de los CFC. Posteriormente, su enfoque fue preparar y presentar los planes de gestión para la eliminación de HCFC (HPMP, por sus siglas en inglés), los planes de reducción de consumo de HFC y cualquier otro proyecto de inversión relacionado.

Programa País

El Programa País para la eliminación de las SAO fue el primer plan aprobado para Colombia por el Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral en su doceava reunión en marzo de 1994. Su objetivo era analizar los niveles de consumo de las sustancias controladas y establecer una estrategia y un plan acción para asegurar el cumplimiento de las obligaciones pactadas. Paralelamente, se aprobó el proyecto de Fortalecimiento Institucional para la implementación del plan de acción, lo cual condujo a la creación de la UTO en el país.

Plan Nacional de Eliminación para las sustancias del anexo A - PNE

El Gobierno colombiano formuló el Plan Nacional de Eliminación para las sustancias del anexo A, Grupo I (CFC) y Grupo II (halones) en Colombia. El Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral aprobó el PNE de Colombia en la 41.^a reunión en diciembre del 2003.

El PNE comprendió la estrategia y el plan de acción para la eliminación total del consumo de CFC y halones. El plan permitió al país cumplir con los compromisos de reducción para 2007 y de eliminación para 2010.

Plan Nacional de Gestión para la Eliminación del Consumo de los Hidrofluorocarbonos (HPMP, por sus siglas en inglés)

Una vez lograda la eliminación del consumo de CFC, el país afrontó el reto de reducir paulatinamente el consumo de los HCFC a partir de la decisión XIX/6 del Protocolo de Montreal. Ante esto, el Gobierno colombiano diseñó el Plan de Gestión de Eliminación de hidroclorofluorocarbonos (HPMP), en donde presenta las estrategias de mediano y largo plazo, diseñadas para cumplir con los cronogramas de eliminación.

I etapa del Plan Nacional para la Eliminación del consumo de HCFC (HPMP I)

En 2010, se celebró la 62.^a reunión del Comité Ejecutivo (EXCOM) del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal. Durante esta reunión se presentó la primera etapa del HPMP para Colombia, la cual se aprobó mediante la Decisión 62/55. La primera etapa se centró en congelar la línea de base para 2013 y reducir un 10 % el consumo para 2015, a través de los siguientes mecanismos:

La eliminación del consumo de HCFC-141b y HCFC-22 en el subsector de manufactura de refrigeración doméstica; la eliminación del consumo de HCFC-141b y HCFC-22 en usos emisivos, por ejemplo, en la limpieza de equipo electrónico, aerosoles y recubrimiento de agujas y catéteres; la eliminación del uso de HCFC-141b para actividades de barrido en el mantenimiento de equipos de refrigeración; la reducción del consumo de HCFC-22 (comparado con el nivel de línea base) en el mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado para alcanzar las metas de reducción del 2015; y, finalmente, la continuación de las actividades de asistencia técnica para el país.

II etapa del Plan Nacional para la Eliminación del Consumo de HCFC (HPMP II)

El Gobierno nacional presentó en la reunión EXCOM 75.^a del Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal la etapa II del HPMP, el cual apuntó a lograr una reducción del 65 % del consumo de la línea base de HCFC para el año 2021.

En esta etapa se desarrollaron una serie de estrategias de promoción y asistencia para la reconversión de sectores de fabricación de espuma y aire acondicionado, asistencia técnica a los usuarios finales en el uso de HCFC, promoción de tecnologías libres de SAO, programas de recuperación y reciclaje de refrigerantes en el sector de servicios y mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado. La estrategia de la etapa II complementó los distintos proyectos de inversión iniciados en la etapa I del Plan de Gestión de Eliminación de HCFC y sentó las bases para una revisión y mejora del marco jurídico, el cual soporta las medidas para la eliminación de las SAO en Colombia. En la tabla 3.1 se listan los programas y proyectos desarrollados en esta etapa.

Tabla 3.1. Programas y proyectos de la II etapa del Plan de Gestión para la Eliminación del Consumo de los HCFC

PROGRAMA	PROYECTOS
Programa para la eliminación del consumo de HCFC en el sector productor de espumas de poliuretano	<ul style="list-style-type: none"> ■ Manufactura de espumas de poliuretano para las aplicaciones de paneles discontinuos, equipos de refrigeración comercial, piel integral, aerosol y polioles formulados.
Programa para la eliminación del consumo de HCFC en el sector de servicios de mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entrenamiento de técnicos y formulación de estándares técnicos. ■ Certificación de técnicos y dotación de herramientas. ■ Articulación de la red de recuperación, reciclaje y regeneración de refrigerantes como estrategia de aprovechamiento y valorización dentro del marco de la gestión integral de SAO y HFC en Colombia. ■ Promoción del cambio de hábitos de consumo en los usuarios finales de sistema de refrigeración y aire acondicionado para la toma de decisión por alternativas de bajo impacto ambiental.

PROGRAMA	PROYECTOS
<p>Programa para la eliminación del consumo de HCFC en el sector de protección contra el fuego</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Asistencia técnica para la eliminación del uso de HCFC-141b como agente de extinción de incendios.
<p>Programa de asistencia técnica en la formulación e implementación de políticas para la eliminación de los HCFC</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Asistencia técnica para el fortalecimiento del marco regulatorio para la eliminación de los HCFC. ■ Asistencia técnica para el fortalecimiento del control del comercio de los HCFC y equipos que los contengan. ■ Educación ambiental, diseminación y concientización para la eliminación de los HCFC.
<p>Programa para la implementación y el seguimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Coordinación, seguimiento y monitoreo de la etapa II del HPMP. ■ Resultados de la etapa II del HPMP verificadas por terceras partes. ■ Procesos de revisión, ajustes, sostenibilidad y lecciones aprendidas.

Fuente: Unidad Técnica Ozono (UTO), 2022.

Actualmente, Colombia se encuentra finalizando la implementación de esta etapa, con lo cual ha logrado cumplir las metas establecidas:

- Reducir el consumo de la línea base de HCFC en un 83 % para el año 2021, lo cual supera la meta inicial de reducción del 65 %.
- Prohibir la importación de HCFC-141b a granel y HCFC-141b contenido en polioles premezclados para todos los usos antes del 31 de diciembre de 2020. Se expidió la Resolución número 2749 de 2017 que prohibió la importación de HCFC-141b a partir del 1 de enero de 2021.
- Prohibir el uso de HCFC-141b en el sector de extinción de incendios antes del 31 de diciembre de 2017. Se expidió la Resolución número 2749 de 2017 que prohibió la importación de HCFC-141b para todos los usos a partir de 2021.
- Prohibir la fabricación e importación de unidades de condensación y acondicionadores de aire tipo paquete a base de HCFC-22 con una capacidad de enfriamiento de menos de 5 toneladas para el 31 de diciembre de 2022 (Resolución 0634 de 2022).

- Mejorar las habilidades y el manejo de herramientas y equipos para el uso seguro y eficiente de HCFC, nuevas tecnologías y sustancias alternativas con bajo GWP: i. El sector de fabricación de espumas implementó proyectos para reemplazar el HCFC 141b como agente espumante con sustancias alternativas que no agotan la capa de ozono y tienen un GWP bajo; ii. Las empresas de mantenimiento y los técnicos de RAC recibieron kits de herramientas para el manejo de hidrocarburos como refrigerantes y capacitación para su uso.
- Prevenir la demanda de HCFC-22 en el sector de servicios. Se han realizado actividades de capacitación para los sectores de mantenimiento y revisión de RAC.
- Promover la introducción de equipos RAC de bajo potencial de calentamiento global, GWP (CO₂, NH₃ y HC) para limitar el crecimiento actual de equipos basados en HFC de alto GWP: i. Implementación del Reglamento Técnico de Sistemas e Instalaciones Térmicas, el cual abarca los usos del frío por parte de diversos sectores, garantizando estándares de prestación del servicio, seguridad, eficiencia energética y bajo impacto ambiental; y ii. Se ha promovido la exención del IVA entre los usuarios finales de sistemas de refrigeración que cumplan con criterios de eficiencia energética y bajo impacto ambiental (Resolución 2000 de 29 de septiembre de 2017 y Resolución 463 de 28 de agosto de 2018).
- Adoptar e implementar políticas nacionales, requisitos legales e iniciativas voluntarias destinadas a reducir las emisiones de refrigerantes: i. Adoptar la norma internacional ISO 5149: 2014 “Sistemas refrigerantes y bombas de calor - Requisitos de seguridad y medio ambiente” como Norma Técnica Colombiana (NTC 6228); ii. El sector de extinción de incendios elaboró, publicó y promocionó el manual titulado “Buenas Prácticas Ambientales en el Mantenimiento, Recarga y Uso de Extintores Portátiles a base de HCFC-123”; iii. El sector de mantenimiento de RAC elaboró una primera versión del manual de mejores prácticas enfocado en el control de fugas, diseño de sistemas sellados y mantenimiento preventivo planificado la adaptó para incluir la Norma Técnica Colombiana 6228 (Adopción de la Norma Internacional ISO 5149:2014); iv. Se publicó una nueva versión de la Norma Sectorial de Competencia Laboral (NSCL) para el sector de refrigeración y aire acondicionado (NSCL 291901031) titulada “Inspección de un sistema de refrigeración siguiendo manuales y reglamentos de mejores prácticas”, la cual incluye medidas para el manejo seguro y adecuado de refrigerantes naturales (HC, CO₂, NH₃).
- Procedimientos ambientalmente racionales al final de su vida útil para equipos basados en SAO y HFC conforme a las reglamentaciones nacionales: i. Se fortalecieron las capacidades de recuperación, almacenamiento y reutilización de refrigerantes mediante el suministro de equipos de recuperación de refrigerante y cilindros de almacenamiento a técnicos de instalación y mantenimiento y a empresas del sector de servicios de RAC; ii. La Resolución 2267/2018 incluyó a los CFC, HCFC y HFC como residuos permitidos para el tratamiento térmico en hornos rotatorios. Asimismo, dejó claras las condiciones que deben cumplir dichas instalaciones para el tratamiento de este tipo de sustancias; iii. Participación en el proyecto piloto de demostración para la gestión integral de desechos de estas sustancias.

III etapa del Plan Nacional para la Eliminación del Consumo de los HCFC – HPMP III

En la 88.^a reunión celebrada entre las Partes y el Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal en diciembre de 2021 se aprobó iniciar la tercera y última etapa del HPMP de Colombia. En esta reunión se establecieron nuevos acuerdos de reducción de consumo entre el Gobierno colombiano y el Comité Ejecutivo (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2. Cronograma de eliminación de HCFC en Colombia conforme a los compromisos de la Etapa III del HPMP

AÑO	META	FECHA DE CONTROL
2009-2010	Determinación de la línea base (LB) Promedio 2009 – 2010	
2013	Congelación al nivel de la LB	1 de enero de 2013
2015	10 % de reducción de la LB	1 de enero de 2015
2020	60 % de reducción de la LB	1 de enero de 2020
2021	65 % de reducción de la LB	1 de enero de 2021
2022	81 % de reducción de la LB	1 de enero de 2022
2024	87 % de reducción de la LB	1 de enero de 2024
2028	94 % de reducción de la LB	1 de enero de 2028
2030	100 % de reducción de la LB	1 de enero de 2030

Con este Plan se busca eliminar el 100 % del consumo de HCFC para 2030, con proyectos en formulación para los diversos sectores usuarios de estas sustancias. Se incluye los siguientes proyectos, actualmente en etapa de formulación:

- Eliminación del consumo de HCFC en los sectores de refrigeración y aire acondicionado, los cuales incluyen los siguientes: Programas de formación de técnicos, certificación y dotación de herramientas en la gestión y mantenimiento de este sector; Fomentar una gestión racional de los refrigerantes HCFC; y Proveer asistencia técnica para la eliminación del consumo de los HCFC en los sectores de industria y comercio.
- Programa de reducción de HCFC en el sector de protección contra incendios.
- Programa de Fortalecimiento y Promoción de Eliminación de HCFC a través del refuerzo de las políticas de eliminación, el marco regulatorio y el control del comercio de HCFC y equipos que puedan contenerlo.
- Proyecto de difusión y sensibilización para la eliminación de HCFC.

- Incorporar la perspectiva de género del Fondo Multilateral a los programas y proyectos de la fase III del plan de gestión de eliminación de HCFC.

Plan de Reducción de Consumo de HFC (implementación de la Enmienda de Kigali)

En 2021 durante la 87.^a reunión interseccional (IAP) del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, fue aprobada la solicitud de fondos de Colombia para apoyar la preparación de la primera etapa del plan en procura de la reducción del consumo de las sustancias HFC o el plan para la implementación de la Enmienda de Kigali (KIP, por sus siglas en inglés). La primera etapa del plan busca cumplir las dos primeras metas de reducción del consumo de HFC, correspondientes al congelamiento del consumo al nivel de la línea base para el año 2024 y a la reducción del 10 % del consumo referido al nivel de la línea base para 2029.

La preparación de la estrategia general para la etapa I del plan para la reducción del consumo de HFC comprende la revisión del marco normativo y regulatorio, así como de los sistemas de licencias de importación y exportaciones existentes en cuanto a su aplicación a los HFC. Además, implica la realización de un estudio sobre el consumo de HFC y su distribución sectorial, la actualización de los sistemas de recopilación y análisis de datos; la identificación de las partes interesadas e instituciones que participarán en las actividades orientadas a la reducción del consumo de los HFC, y la participación de los diferentes actores para definir el enfoque nacional y las acciones que se adoptarán para reducir el consumo de estas sustancias controladas.

La preparación y la implementación de la etapa I del plan de reducción del consumo de HFC requerirán la experticia técnica y el conocimiento de los sectores consumidores de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal. Además, demandarán conocimientos amplios frente a las alternativas tecnológicas de menor impacto ambiental, las cuales le permitan al país asumir los retos climáticos y seguir avanzando por la senda del desarrollo sostenible.

Reporte de datos

Las medidas de control establecidas por el Protocolo de Montreal requieren que cada país informe dos veces al año sobre la producción, importación y exportación de SAO y HFC. El primer informe debe enviarse a la Secretaría del Fondo Multilateral en mayo y está orientado a suministrar los datos de consumo de SAO y HFC y su distribución sectorial. El segundo reporte debe realizarse a la Secretaría del Ozono¹ en junio y debe contener la información del importaciones y exportaciones desagregado por país de origen y destino de las sustancias de cada grupo de los anexos del Protocolo.

El Protocolo de Montreal establece que el consumo de una sustancia se calcula sumando los valores de producción e importación y restando la cantidad de exportaciones. En la mayoría de los países del artículo 5 el consumo lo constituyen las importaciones de SAO y HFC, ya que

¹ La Secretaría del Ozono es la Secretaría del Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.

normalmente no hay producción interna de este tipo de sustancias y las exportaciones son mínimas. Este es el caso de Colombia, donde el consumo se calcula restando las exportaciones de las importaciones.

$$\text{CONSUMO SAO y HFC} = \text{Producción} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones}$$

Para realizar el reporte, la UTO utiliza la metodología top down, la cual consiste en calcular el consumo de las sustancias SAO y HFC, a partir de datos obtenidos por medio de la consulta y la recopilación de información de diferentes fuentes como la Base de Datos de Comercio Exterior (BACEX) de MinCIT, el Sistema Estadístico de Comercio Exterior (SIEX) de la DIAN, las bases de datos de la ANLA, la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE), e información proporcionada por los importadores y exportadores. Adicionalmente, la UTO trabaja con las empresas importadoras y los centros de comercialización con el fin de tener claro el panorama del comercio local de las sustancias controladas y de sus alternativas.

Con esta información se realiza un análisis, el cual genera datos sobre las sustancias en relación con las cantidades y los porcentajes de su consumo y la distribución sectorial de su uso de acuerdo con lo estipulado en el Protocolo de Montreal, es decir, manufactura de refrigeración y aire acondicionado; servicios de refrigeración y aire acondicionado; espumas, extinción de incendios, aerosoles, solventes y agentes de proceso.

Participación en reuniones internacionales

En el marco del Protocolo de Montreal el país debe asistir a las siguientes reuniones anuales:

- Reunión de las Partes, la cual se realiza en el segundo semestre y corresponde al máximo escenario para la toma de decisiones en el Protocolo.
- Reunión del Grupo de Composición Abierta, la cual se realiza, por lo general, en la primera mitad del año y corresponde a la antesala de la Reunión de las Partes. En esta reunión se formulan y discuten los proyectos de decisión que serán llevados a la Reunión de las Partes.
- Dos reuniones del Comité Ejecutivo del Fondo multilateral, en las cuales se estudian y aprueba la financiación a los proyectos que presentan los países del artículo 5 para el cumplimiento de sus compromisos de eliminación del consumo de SAO y la reducción de consumo de HFC.

Adicionalmente, las Partes del Convenio de Viena se reúnen cada dos años en una asamblea, la cual se hace coincidir con la Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal. Por otra parte, también se participa en las reuniones de coordinación regional realizadas una vez al año y en las reuniones temáticas convocadas según los requerimientos de las reuniones regionales, en el marco del programa CAP-PNUMA denominado Red de Funcionarios del Ozono.

3.2. ACCIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA

Para cumplir con los compromisos adquiridos en el marco del Protocolo de Montreal, Colombia ha desarrollado una serie de actividades en varios sectores, incluyendo la refrigeración doméstica y comercial, el mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado (RAC), el sector de espumas de poliuretano, extinción de incendios, solventes y aerosoles, así como el entrenamiento y certificación de técnicos de RAC. Las principales acciones realizadas se presentan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Actividades y acciones desarrolladas por la UTO con los sectores usuarios de SAO

AÑOS	ENFOQUE DE LAS MEDIDAS	ACTIVIDADES Y ACCIONES REALIZADAS
1994–1998	Reducción del consumo de clorofluorocarbonos (CFC)	Reconversión industrial con empresas de fabricación de refrigeración doméstica.
1999–2003	Eliminación del consumo de CFC	Reconversión industrial en empresas de fabricación de espumas de poliuretano y de equipos de refrigeración comercial.
2004–2010	Eliminación total de CFC, halones y tetracloruro de carbono	Reconversión industrial en empresas de muy bajo consumo de las SAO.
2015	Reducción del consumo de hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Etapa I del HPMP	Sustitución de sustancias con alto PAO en el sector de espumas y usos emisivos (aerosoles, productos de limpieza y solventes). Reconversión en el sector de refrigeración doméstica con opciones económicamente viables a largo plazo.
2021	Reducción del 65 % de la línea base del consumo de HCFC para 2021. Etapa II HPMP	Estrategias de promoción y asistencia financiera para la reconversión de los sectores productores y de asistencia técnica a los usuarios finales en el uso de HCFC. Programas de recuperación y reciclaje de refrigerantes en el sector de servicios y mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado.
2030	Eliminación total del consumo de HCFC para el 2030. Etapa III HPMP	Formulación de programas que incluyen asistencia técnica, fortalecimiento de políticas y regulaciones, programas de difusión y sensibilización, entre otros.

Fuente: Unidad Técnica Ozono, 2023.

El proceso ha requerido el compromiso de la industria manufacturera, del sector de mantenimiento en refrigeración y aire acondicionado, de los usuarios finales de equipos y tecnologías con SAO, y del sector institucional. Actualmente, se avanza en la reducción del consumo de HCFC mediante estrategias de monitoreo y seguimiento permanentes, control del comercio de SAO y HFC, ejecución de proyectos y mejora de la capacidad nacional para alcanzar las metas de reducción programadas.

3.3. MARCO NORMATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA

El marco normativo es la parte fundamental que respalda las estrategias implementadas por la UTO para el control de importaciones, exportaciones, usos, aprobación de enmiendas y establecimiento de mecanismos de control y seguimiento para las actividades relacionadas con las SAO y HFC. En los últimos años, se ha evaluado y revisado la normatividad existente con el objetivo de dar respuesta adecuada a las obligaciones del Protocolo de Montreal y garantizar la sostenibilidad de las medidas de reducción y eliminación del consumo de SAO y reducción de consumo de HFC.

El Gobierno nacional de Colombia ha desarrollado un marco jurídico sólido para cumplir con los objetivos de eliminación y reducción del consumo de las sustancias reguladas, mediante la expedición de actos administrativos que establecen medidas específicas para la reducción y eliminación del consumo de estas sustancias, así como para controlar su comercio. Este marco se fundamenta en la Ley 29 de 1992 y la Ley 99 de 1993, las cuales son pilares para la gestión ambiental y la protección de la capa de ozono en Colombia.

La tabla 3.4 muestra la normatividad que ratifica el Protocolo de Montreal y sus enmiendas en Colombia.

Tabla 3.4. Ratificación del Protocolo de Montreal y sus enmiendas

INSTRUMENTO	LEY	FECHA DE APROBACIÓN	FECHA DE RATIFICACIÓN
Convención de Viena	Ley 30	Marzo 5 1990	Julio 16 1990
Protocolo de Montreal	Ley 29	Diciembre 28 1992	Diciembre 6 1993
Enmienda de Londres	Ley 29	Diciembre 28 1992	Diciembre 6 1993
Enmienda de Copenhague	Ley 306	Agosto 5 1996	Agosto 5 1997
Enmienda de Montreal	Ley 618	Octubre 6 2000	Junio 16 2003
Enmienda de Beijín	Ley 960	Junio 28 2005	Septiembre 15 2006
Enmienda de Kigali	Ley 1970	Julio 12 2019	Febrero 25 2021

Los instrumentos que conforman el marco legal adelantado por el Gobierno nacional se describen en las tablas 3.4. y 3.5. Asimismo, pueden consultarse en la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, disponible en el siguiente enlace: <https://www.MinAmbiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/normativa-para-el-control-del-consumo-de-las-sustancias-agotadoras-de-la-capa-de-ozono/>

Tabla 3.5. Instrumentos normativos generales para el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por Colombia frente al Protocolo de Montreal

AÑO	INSTRUMENTO NORMATIVO
1990	Ley 30 de 1990 - Adopta el Convenio de Viena.
1992	Ley 29 de 1992 - Adopta el Protocolo de Montreal y su Enmienda de Londres.
1993	Ley 99 de 1993 - Organiza el Sistema Nacional Ambiental y trata temas como licencias ambientales.
1995	Decreto 948 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente - Prevención de la contaminación atmosférica y regulación de emisiones.
	Decreto 2082 de 1995 de la Presidencia de la República. Promulga el Protocolo de Montreal y sus enmiendas.
1996	Ley 306 de 1996 - Aprueba la Enmienda de Copenhague.
2000	Ley 618 de 2000 - Aprueba la Enmienda de Montreal.
2005	Ley 960 de 2005 - Aprueba la Enmienda de Beijing.
2015	Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible - Reglamenta temas ambientales, incluyendo disposiciones sobre el Protocolo de Montreal.
2019	Ley 1970 de 2019 - Aprueba la Enmienda de Kigali.

En el mismo sentido, Colombia ha establecido un marco normativo relacionado con el control de las importaciones, exportaciones y establecimiento de mecanismos de control para todas las actividades relacionadas con las SAO y los HFC como se muestran en las tablas 3.6. y 3.7.

Tabla 3.6. Instrumentos normativos para la importación y exportación de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

AÑO	INSTRUMENTO NORMATIVO – SUSTANCIAS CONTROLADAS
1996	Resolución 2152 de 1996 del Ministerio de Salud - Regula la importación y uso del bromuro de metilo únicamente en tratamiento cuarentenario para el control de plagas en tejidos vegetales frescos y embalajes de madera a nivel de puertos y pasos fronterizos.

AÑO	INSTRUMENTO NORMATIVO – SUSTANCIAS CONTROLADAS
2001	Resolución 304 de 2001 de los Ministerios de Medio Ambiente y de Comercio Exterior - Medidas para la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono (Cupos y visto bueno para importaciones de las sustancias del anexo A, Grupo I).
2004	Resolución 643 de 2004 del Ministerio de la Protección Social - Modifica la regulación sobre bromuro de metilo.
	Resolución 734 de 2004 del Ministerio de Ambiente y Ministerio de Comercio Industria y Turismo - Modifica la Resolución 304 de 2001 sobre importación de CFC anexo A, Grupo I.
	Resolución 874 de 2004 del Ministerio de Ambiente - Establece metodología para asignación de remanente de importación de CFC, anexo A, Grupo I.
2005	Decreto 423 de 2005 del Ministerio de Ambiente - Medidas para controlar las exportaciones de SAO (visto bueno, cupos de exportación, control para los agentes de exportación).
2006	Resolución 901 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Medidas para controlar importaciones de SAO del Grupo II del anexo A.
	Resolución 902 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Medidas para controlar importaciones de SAO de los anexos B y C (Cupos y visto bueno).
	Resolución 1800 de 2006 del Ministerio de la Protección Social - Modifica la regulación sobre bromuro de metilo.
2008	Resolución 301 de 2008 del Ministerio de la Protección Social - Prohíbe uso de CFC como propelentes y solventes en productos farmacéuticos y de aseo.
	Resolución 910 de 2008 del Ministerio de Ambiente - Reglamenta niveles de emisión y requisitos para vehículos incluidos medidas en marco del Protocolo de Montreal.
	Resolución 3587 de 2008 del Ministerio de la Protección Social - Modifica regulación sobre bromuro de metilo (aplicación en cámaras herméticas de fumigación en productos agrícolas en zonas de acción de puertos y pasos fronterizos).
	Resolución 5049 de 2008 del Ministerio de la Protección Social - Modifica la Resolución 3587 de 2008 sobre bromuro de metilo, sobre la autorización de la importación, comercialización y uso del bromuro de metilo.
2014	Resolución 0131 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Establece medidas para controlar las exportaciones de SAO.
2017	Resolución del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Prohíbe la importación de SAO listadas en anexo C y establece medidas para controlar otras importaciones (grupo I del anexo C).
2018	Resolución 2267 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Modifica disposiciones sobre residuos de incineración relacionados con SAO y HFC.

AÑO	INSTRUMENTO NORMATIVO – SUSTANCIAS CONTROLADAS
2024	Resolución 129 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo – Modifica medidas de importación de las sustancias HCFC (Cupos).
	Resolución 130 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo – Medidas para controlar importaciones de HFC (determina línea base, cupos, visto bueno).

Tabla 3.7. Instrumentos normativos para la importación y exportación de productos y equipos que puedan contener sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

AÑO	INSTRUMENTO NORMATIVO – EQUIPOS Y PRODUCTOS
2007	Resolución 1652 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Prohíbe fabricación e importación de equipos y productos con sustancias agotadoras de la capa de ozono.
2022	Resolución 634 de 2022 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Prohíbe fabricación e importación de equipos y productos con sustancias controladas del Protocolo de Montreal y establece medidas de importación de productos y equipos.

3.4. ENTIDADES NACIONALES INVOLUCRADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL

Para lograr la implementación del Protocolo de Montreal en Colombia se ha requerido la participación y acción de diversas entidades, las cuales, a nivel nacional, tienen injerencia en la gestión y control de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal y los equipos que las contienen. La UTO, desde la Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana (DAASU) de MinAmbiente, trabaja en fomentar la coordinación y colaboración con diferentes instituciones nacionales para apoyar las estrategias de reducción y eliminación del consumo de estas sustancias. A continuación, se listan estas entidades y algunas de las acciones con las que, desde su competencia, trabajan en la implementación del Protocolo de Montreal:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MINAMBIENTE)

El Ministerio participa y representa al país en las reuniones requeridas por el Protocolo de Montreal. Asimismo, establece las prohibiciones, restricciones o regula la fabricación, distribución, uso y disposición de las SAO y HFC. Define, adicionalmente, los mecanismos

de concertación con el sector privado para ajustar las actividades en pro del control de las SAO y HFC y cumplimiento del Protocolo de Montreal. Simultáneamente, promueve y coordina con las entidades competentes, acciones y estrategias para el cumplimiento del Protocolo de Montreal. Para más información de esta entidad consultar el siguiente enlace: <https://www.Minambiente.gov.co>

UNIDAD TÉCNICA OZONO EN COLOMBIA (UTO)

La Unidad Técnica Ozono que pertenece al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, asesora al Gobierno nacional en la implementación del Protocolo de Montreal. Desarrolla proyectos de reconversión industrial para la eliminación del consumo de las SAO y reducción del consumo de HFC, capacita a los funcionarios de aduanas en el control del comercio de estas sustancias, desarrolla actividades de capacitación y certificación a técnicos del sector de refrigeración y aire acondicionado, y usuarios finales sobre alternativas tecnológicas para la sustitución de SAO y HFC. Además, desarrolla estrategias de comunicación para estimular la eliminación del consumo de las sustancias y realiza actividades de difusión sobre la problemática del agotamiento de la capa de ozono. Adicionalmente, genera normativas para el seguimiento y control del consumo y uso de las sustancias reguladas, cumpliendo con el cronograma de reducción y eliminación acordado con el Protocolo de Montreal. Para más información de esta entidad consultar el siguiente enlace: <https://www.Minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/unidad-tecnica-de-ozono/>

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA)

La ANLA es la responsable de evaluar y conceder permisos previos para la importación de SAO y HFC como las licencias ambientales, distribuir las cuotas individuales para cada sustancia entre los importadores autorizados, otorgar o negar los vistos buenos de las solicitudes de registros de importación. Además, realiza el control y seguimiento a los proyectos, obras o actividades que cuenten con licencia ambiental, planes de manejo ambiental, medidas de manejo ambiental y dictámenes técnicos ambientales, de acuerdo con la normativa vigente. Para más información de esta entidad consultar el siguiente enlace: <https://www.anla.gov.co>

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES – CANCELLERÍA

Es el punto focal político para la implementación del Protocolo de Montreal, coordina la participación de Colombia en las reuniones y la presentación de informes a la Secretaría de Ozono sobre el consumo anual de SAO y HFC, las actividades anuales de divulgación y el intercambio de información sobre temas específicos. Para más información de esta entidad consultar el siguiente enlace: <https://www.cancilleria.gov.co/internacional/politica/ambiental>

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO (MINCIT)

En conjunto con MinAmbiente, el MinCIT expide el marco normativo para el cumplimiento de los compromisos de reducción y eliminación de SAO y HFC. Gestiona la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE), verifica la aprobación de los permisos previos en los documentos de

importación, coordina la interinstitucional para el cumplimiento de autorizaciones y requisitos para las importaciones y exportaciones de las sustancias controladas y los equipos que las pueden contener. De la misma propone mecanismos de vigilancia y seguimiento sobre los procedimientos y las condiciones establecidas para las operaciones de comercio exterior.

Adicionalmente, MinCIT con el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MinHacienda) y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) formula las políticas arancelarias, aduaneras, de valoración, los nuevos regímenes aduaneros y los procedimientos de importaciones y exportaciones. Así pues, ambos Ministerios en conjunto definen los convenios aduaneros internacionales de los que Colombia deba formar parte como los requeridos por el Protocolo de Montreal. Para más información sobre esta entidad consultar el siguiente enlace: <https://www.mincit.gov.co>

DIRECCIÓN DE IMPUESTOS Y ADUANAS NACIONALES (DIAN)

La DIAN lleva a cabo actividades de control de entrada de SAO y HFC al país, mediante la verificación electrónica, documental o física de las mercancías en el proceso de importación, validando que los importadores cumplan con los requisitos legales exigidos para la debida importación de las mercancías que se pretenden ingresar al territorio aduanero nacional. También emite la información relacionada con las importaciones y exportaciones de estas sustancias y los equipos que las puedan contener, lo cual es un insumo indispensable para los reportes que se remiten a la Secretaría del Fondo Multilateral y a la Secretaría de Ozono. Para más información de esta entidad consultar el siguiente enlace: <https://www.dian.gov.co/Paginas/Inicio.aspx>

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL (MINSALUD) E INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS (INVIMA)

MinSalud emite normas relacionadas con la comercialización, importación, fabricación, uso y prohibición de sustancias o productos que contengan SAO y HFC cuyo uso se relacione con el sector salud, tales como propelentes y solventes en los productos farmacéuticos y en los productos de aseo, higiene, limpieza y como coadyuvantes en sistemas de esterilización.

El INVIMA controla la fabricación e importación de equipos y productos que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias reguladas y verifica el funcionamiento y manteniendo de equipamiento biomédico o de uso industrial, inhaladores de dosis medida, materiales de referencia analíticos para industria farmacéutica; en otras palabras, verifica las actividades que están a cargo de la Dirección de Cosméticos, Aseo, Plaguicidas y Productos de Higiene Doméstica y la Dirección de Dispositivos Médicos y Otras Tecnologías. Para más información sobre estas entidades consultar los siguientes enlaces: <https://www.minsalud.gov.co/Portada2021/index.html> y <https://app.invima.gov.co/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MINAGRICULTURA) E INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA)

Estas entidades controlan las importaciones de insumos agropecuarios asociados con SAO y HFC, específicamente con el bromuro de metilo, autorizando su importación, comercialización y uso para tratamiento cuarentenario, estableciendo los requisitos para el control de insumos que contengan sustancias controladas por el Protocolo de Montreal y emitiendo conceptos técnicos sobre el uso de las cámaras de fumigación con bromuro de metilo. Para más información sobre estas entidades consultar los siguientes enlaces: <https://www.minagricultura.gov.co/paginas/default.aspx> y <https://www.ica.gov.co/>

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA)

El SENA trabaja en la certificación de técnicos en mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado (RAC), a través de la implementación de las Normas de Competencia Laboral (NCL) y también apoya la estrategia de Recuperación, Reciclaje y Regeneración de refrigerantes (RRR). Profesionaliza el sector para garantizar las buenas prácticas técnico-ambientales de la futura fuerza laboral encargada de los sistemas de RAC y afianzar su responsabilidad frente a la conservación de la capa de ozono. Para más información consultar el siguiente enlace: <https://www.sena.edu.co/es-co/Paginas/default.aspx>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM)

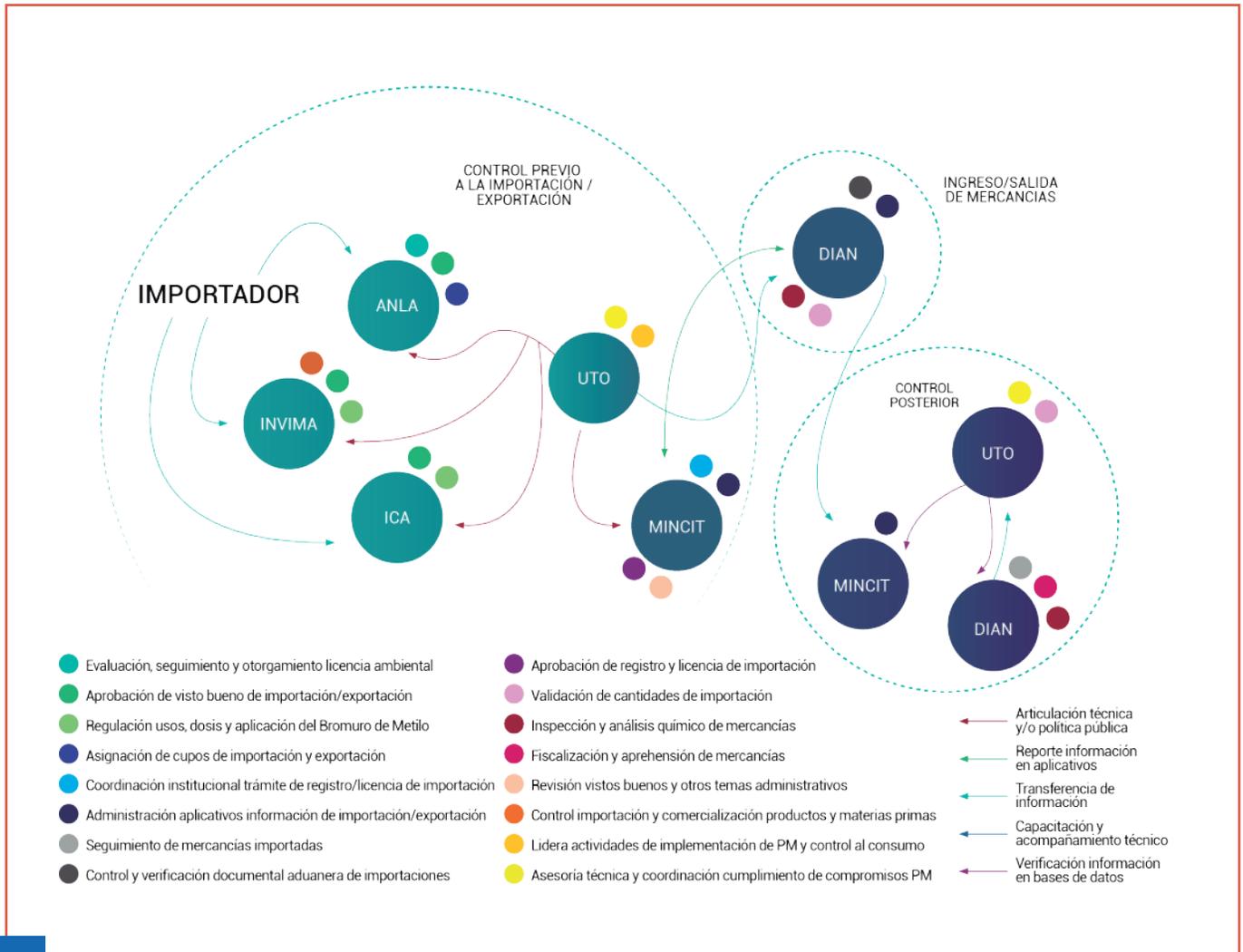
El IDEAM monitorea la calidad de los recursos naturales y vigila los niveles de radiación ultravioleta en el territorio nacional, además de elaborar los inventarios de gases de efecto invernadero. Para más información sobre esta entidad consultar el siguiente enlace: <http://www.ideam.gov.co/>

AERONÁUTICA CIVIL (AEROCIVIL)

Esta entidad se relaciona con el uso de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal debido a los agentes de extinción de incendios que contienen halones. A través de su Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC 91), ha prohibido el uso de extintores portátiles con halones (sustancias del grupo II del anexo A) para aviones cuyo certificado de aeronavegabilidad individual se haya expedido por primera vez desde el 1 de enero de 2020. Regulado por la Resolución 03044 de 2019 de MinTransporte (Ministerio de Transporte, 2019).

La descripción de las diferentes instituciones que participan en el cumplimiento del Protocolo de Montreal y el análisis de sus respectivas contribuciones evidencia la importancia de cada una en su rol específico. Todas ellas han permitido al país evidenciar su compromiso con los acuerdos y alcanzar los resultados esperados. La figura 3.1 presenta el proceso de interrelación y coordinación de las diferentes entidades que aportan al cumplimiento de las medidas de control establecidas en marco del Protocolo de Montreal.

Figura 3.1. Estructura del proceso de interrelación y coordinación de algunas de las entidades que aportan al cumplimiento del Protocolo de Montreal



Fuente: Boletín Ozono n.º 49, por Unidad Técnica Ozono, 2023. Disponible en <https://www.MinAmbiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/publicaciones-de-la-unidad-tecnica-ozono/>

AUTOEVALUACIÓN: CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Módulo 3: Implementación del Protocolo de Montreal en Colombia.

A partir de los conceptos vistos en el módulo 3 responda las siguientes preguntas que le permitirán evaluar su aprendizaje durante el módulo.

1. Enumere y describa tres de los logros alcanzados por el país en la implementación del Protocolo de Montreal.

Logro	Descripción

2. Determinar las palabras perdidas del texto, que pueden ser las siguientes: [Exportadores, DIAN, SAO, ANLA, UTO, Top Down, HFC, VUCE, Importadores, BACEX]

El encargado de realizar el reporte de consumo de las SAO y HFC en Colombia es la [____] que utiliza la metodología [_____] que calcula el consumo de [_____] y [_____] a partir de datos de [_____] de MinCIT, SIEX de la [____], bases de datos del [____], [____] e información de [importadores] y [exportadores].

3. Relacione la entidad de acuerdo a su competencia en el marco del Protocolo de Montreal que corresponda.

Entidad	Número	Responsabilidad
1. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	()	Regulación, usos, dosis y aplicación del bromuro de metilo.
2. Ministerio de Relaciones Exteriores – Cancillería	()	Coordinación institucional del trámite de registro / licencia de importación, administración de aplicativos de información de importación / exportación, aprobación de registro y licencia de importación y revisión de vistos buenos y otros temas administrativos.

Entidad	Número	Responsabilidad
3. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	()	Control al consumo de las SAO y HFC, asesoría técnica, liderar las actividades de implementación y coordinar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el país debido a la ratificación del Protocolo de Montreal.
4. ICA e INVIMA	()	Vigila los niveles de radiación ultravioleta en el territorio nacional y elabora los inventarios de los gases efectos invernadero.
5. Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MinCIT)	()	Coordina la participación de Colombia en las reuniones y la presentación de informes a la Secretaría de Ozono.
6. Unidad Técnica de Ozono (UTO)	()	Evaluación, seguimiento y otorgamiento de la licencia ambiental y asignación de importación y exportación.

4. Determinar las palabras pérdidas del texto, que pueden ser las siguientes: [Importaciones, SAO, Productor, HFC, consumo calculado, Exportaciones].

El informe de consumo de las sustancias controladas que realiza Colombia para reportar el cumplimiento del Protocolo de Montreal se denomina [_____] e incluye las [_____] - [_____] de las [_____ y _____], ya que el país no es [_____] de estas sustancias.

5. Relacione la aplicación con el respectivo instrumento normativo en el ámbito de control de las SAO y HFC, colocando el número que corresponde en la columna central.

Aplicación	Número	Instrumento normativo
1. En su trabajo con las SAO y HFC, se evidencia la generación de residuos generados por la misma, la normativa a consultar es:	()	Resolución 2267 de 2018
2. Al revisar un lote de productos se da cuenta que encuentra SAO del anexo C grupos II (HBFC) y III (Bromoclorometano), las cuales están prohibida la importación de acuerdo con la normativa:	()	Resolución 2749 de 2017
3. Al revisar una documentación, se encuentra que una empresa está solicitando un proceso de exportación de SAO, la normativa a consultar es:	()	Resolución 0131 de 2014
4. En una inspección, se encuentra con clorofluorocarbonados (CFC) indicando que es para mantenimiento de equipamiento biomédico, la normativa a consultar es:	()	Resolución 301 de enero 31 de 2008
5. En la revisión de una importación se encuentra con equipos y productos que contengan o requiera para su operación o funcionamiento las sustancias controladas en los anexos A, B, C, E y F del Protocolo de Montreal, la normativa a verificar para cumplimiento es:	()	Resolución 0634 de 2022
6. Al revisar un cargamento, se encuentra con bromuro de metilo la normativa a consultar es:	()	Resolución 2267 de 2018

MÓDULO 4

CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS LISTADAS EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y EQUIPOS Y PRODUCTOS QUE LAS CONTIENEN EN COLOMBIA

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Describir y analizar las diferentes actividades y los procesos promovidos por el Protocolo de Montreal para controlar el comercio de las SAO y HFC, y de los equipos y productos que contienen estas sustancias.
- Definir los procesos e instrumentos con los que cuenta Colombia para monitorear, verificar y hacer seguimiento a las importaciones y exportaciones de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal y los productos y equipos que las contengan.

RESUMEN

Uno de los puntos fundamentales abordados en el Protocolo de Montreal es el comercio de las SAO y HFC, así como de los equipos y productos que las pueden contener. Para controlar la producción y consumo de estas sustancias y los equipos que las contienen, el artículo 4 del Protocolo establece una serie de lineamientos para los países participantes y no participantes. Estos incluyen restricciones o prohibiciones de uso, consumo y fabricación de productos o equipos que contienen SAO y HFC. Los países signatarios deben adoptar medidas legislativas y administrativas para regular la exportación e importación de estos productos. Colombia, como Parte de este acuerdo internacional, ha desarrollado instrumentos, requerimientos y procedimientos de control para estas sustancias, y los productos y equipos que las contienen, en el proceso de importación y exportación. Este módulo expone todas estas medidas y procedimientos.

4.1. EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y EL CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SAO Y LOS HFC Y EQUIPOS Y PRODUCTOS QUE LAS PUEDEN CONTENER

El control del comercio de las sustancias controladas es un elemento fundamental para la implementación exitosa del Protocolo de Montreal. Esta regulación es una obligación esencial de los países signatarios y se basa en dos pilares: las estipulaciones del artículo 4B y la presentación de datos de consumo.

Siguiendo las recomendaciones del Protocolo de Montreal, la implementación específica de estos mecanismos queda a discreción de las Partes, respetando el principio de soberanía nacional, el marco legislativo y las funciones de las diferentes entidades de cada Estado.

4.1.1. Control del comercio en países que son Parte del Protocolo de Montreal

Los lineamientos para el control del comercio de SAO y HFC en países signatarios están definidos en el artículo 4A del Protocolo de Montreal. En este artículo se aconseja a estos países adoptar medidas legislativas y administrativas para regular la exportación e importación de las sustancias controladas por este Protocolo, así como de los productos y equipos que las puedan contener.

El Protocolo también incluye recomendaciones de adopción voluntaria para los países que no fabrican productos y equipos que contengan SAO o HFC, sugiriendo no permitir la importación de ciertos productos y equipos, como:

- Sistemas de climatización para automóviles y camiones.
- Equipos domésticos y comerciales de refrigeración y aire acondicionado como bombas de calor, refrigeradores, congeladores, deshumidificadores, enfriadores de agua y máquinas de hielo.
- Equipos para el transporte refrigerado.
- Productos en aerosol, salvo los aerosoles para uso médico.
- Extintores de incendios portátiles.
- Revestimientos de tuberías, planchas y paneles aislantes.
- Prepolímeros.

Adicionalmente, las Partes han adoptado una gran variedad de restricciones en el comercio mediante políticas y regulaciones, incluyendo:

- Acuerdos con la industria para reducir las importaciones.
- Etiquetado de los productos.
- Sistemas de licencias o permisos para el comercio de SAO y HFC y productos y equipos que las contengan.
- Reducciones en los impuestos de aduana para los sustitutos de las sustancias controladas y para las tecnologías, equipos y productos que no emplean estas sustancias.
- Imposición de impuestos a las SAO y HFC, productos y equipos que las contengan.
- Restricciones cuantitativas y prohibición de las importaciones de sustancias reguladas, productos y equipos que las contengan.
- Prohibición total o parcial de las importaciones de productos que contienen SAO y HFC o de las tecnologías, productos o equipos que utilizan y producen estas sustancias.

Colombia ha incluido en sus planes de acción anuales el monitoreo, el seguimiento, y fortalecimiento del control del comercio de las sustancias listadas en el Protocolo, así como de los equipos y productos que las puedan contener, apoyando los esfuerzos que se realizan para lograr una reducción gradual del consumo conforme a los cronogramas acordados.

4.1.2. Control del comercio con países que no son Parte del Protocolo de Montreal

El artículo 4 del Protocolo de Montreal indica que los estados que no han aceptado las medidas de control vigentes para las SAO y HFC deben controlar el consumo y producción de estas sustancias y se espera que se adhieran al Protocolo y/o sus enmiendas mediante ratificación.

El Protocolo incluye recomendaciones técnicas y particulares para aquellos países que no son Parte, las cuales son específicas para cada una de las sustancias controladas, productos y equipos que las contengan. Paralelamente, sugiere prohibir o restringir la importación de productos elaborados con las SAO y HFC, de acuerdo con las recomendaciones del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica.

El comercio de SAO y HFC con países que no son Parte está prohibido por el Protocolo. Esto quiere decir que un país que ha ratificado todas las enmiendas del Protocolo de Montreal no puede comprar o vender una sustancia controlada si el otro país no ha ratificado la enmienda correspondiente. Colombia, habiendo ratificado todas las enmiendas, no puede importar ni exportar sustancias controladas de o hacia países que no son Parte.

4.2. INSTRUMENTOS, REQUERIMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL EN COLOMBIA

En esta sección se presentan de manera general los instrumentos y medidas de control establecidas en el país para las importaciones y exportaciones de las SAO y HFC, así como de los equipos y productos que las puedan contener. Esto con el fin de comprender el proceso y las diferentes acciones que los grupos de interés deben llevar a cabo para el control del comercio.

4.2.1. Importación de SAO y HFC

La importación de las sustancias listadas en los anexos A, B, C, E y F del Protocolo de Montreal debe cumplir con el cronograma de eliminación y reducción establecido por el Protocolo y la legislación nacional, y requiere una licencia ambiental otorgada por la ANLA. Actualmente, se han establecido cupos anuales de importación para las sustancias de los anexos A, B, C y F, permitiéndose solo la importación de algunos HCFC y HFC según las Resoluciones 2749 de 2017, 129 de 2024 y 130 de 2024 de MinAmbiente y MinCIT.

En Colombia la importación de las SAO relacionadas en los anexos A, B, E y los grupos II y III del anexo C del Protocolo de Montreal está prohibida. La tabla 4.1 muestra los grupos de sustancias y los anexos del Protocolo donde se encuentran listadas. Para más detalles sobre las sustancias específicas, consulte la tabla 2.5 del capítulo 2 de este documento.

Tabla 4.1. Grupo de sustancias y Anexos del Protocolo de Montreal

GRUPO DE SUSTANCIAS	ANEXO EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL
Principales CFC	Anexo A, grupo I
Halones	Anexo A, grupo II
Otros CFC	Anexo B, grupo I
Tetracloruro de carbono	Anexo B, grupo II
Metilcloroformo	Anexo B, grupo III
HCFC	Anexo C, grupo I
HBFC	Anexo C, grupo II
Bromoclorometano	Anexo C, grupo III
Bromuro de metilo	Anexo E
HFC	Anexo F

Fuente: Protocolo de Montreal.

Procedimiento de importación

Para realizar importaciones, los interesados deben registrarse en la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) conforme al Decreto 3803 de 2006 y los procedimientos establecidos por la Dirección de Comercio Exterior de MinCIT. Posteriormente previo a cada importación de HCFC y HFC, se debe realizar una solicitud de registro de importación electrónico a través del aplicativo de la VUCE y a través de este trámite obtener el visto bueno de la ANLA, INVIMA o ICA según a quién corresponda el control del código de subpartida arancelaria que se pretende importar. La legislación relacionada con este procedimiento se puede consultar en la tabla 3.7. del capítulo anterior.

Mediante la Circular Externa No. 004 de 2024 de MinCIT, se adoptó la “Guía de Requisitos, Permisos y Autorizaciones Previos a la Presentación de Solicitudes de Registro y de Licencia de Importación a través de la VUCE”. Esta guía compila la información remitida por las diferentes entidades que participan en la VUCE, y en sus anexos se listan las subpartidas arancelarias sujetas a control. Específicamente, las subpartidas sujetas a control de la ANLA correspondientes a sustancias listadas en el Protocolo de Montreal se encuentran en el anexo 17 de la mencionada circular. Así mismo, se deben tener en cuenta el anexo 1 del mismo documento en donde listan las subpartidas arancelarias de prohibida importación (incluyendo las SAO cuyo consumo ya fue eliminado en el país), anexo 7 subpartidas sujetas a control del ICA y anexo 8 subpartidas arancelarias sujetas a control por el INVIMA.

La figura 4.1 resume el procedimiento de control para la importación de SAO y HFC en Colombia.

Figura 4.1. Control para la importación de SAO y HFC en Colombia



Fuente: Unidad Técnica Ozono, 2024.

4.2.2. Exportación de SAO

La exportación de las sustancias listadas en los anexos A, B, C y E del Protocolo de Montreal requiere el visto bueno otorgado de la ANLA, de acuerdo con los procedimientos establecidos en la normativa vigente. Se han establecido cupos anuales para exportación según el Decreto 423 de 2005 y la Resolución 131 de 2014 de MinAmbiente.

4.2.3. Control de las importaciones y exportaciones

Colombia ha desarrollado una serie de instrumentos y procesos para el control de las importaciones y exportaciones de las sustancias, de acuerdo con el anexo en el que se encuentren listadas. Estos instrumentos se presentan a continuación:

Anexo A y B

La importación de sustancias listadas en los anexos A y B está prohibida. La Resolución 304 de 2001 y la Resolución 901 de 2006 establecieron en cero los cupos de importación desde 2010 para las sustancias de los grupos I y II del anexo A. Para el anexo B, la Resolución 902 de 2006 prohibió la importación del grupo I, y los grupos II y III fueron regulados hasta 2015, cuando se prohibió su importación al agotarse los cupos.

La exportación de sustancias de los anexos A y B se controló mediante la Resolución 2188 de 2005, y la Resolución 131 de 2014 prohibió la exportación de sustancias de los grupos I y II del anexo A y de los grupos I y II del anexo B.

Anexo C

La importación de sustancias de los grupos II y III del anexo C está prohibida en Colombia (Resolución 2749 de 2017). La importación de algunos HCFC del grupo I del anexo C aún es permitida bajo ciertos requisitos:

- Obtener la licencia ambiental de la ANLA para su importación: para lo cual es necesario realizar un trámite en la ventanilla VITAL. Este requiere la elaboración de un estudio de impacto ambiental, la verificación de los documentos y requerimientos, así como el diligenciamiento de formularios, evaluación, ajustes y notificación. Para más información sobre este trámite consultar los siguientes enlaces: https://www.anla.gov.co/01_anla/vital-ventanilla-integral-de-tramites-ambientales-en-linea y https://www.anla.gov.co/01_anla/tramites-y-servicios/servicios/abc-del-licenciamiento-ambiental
- Contar con cupo de importación asignado por la ANLA.
- Obtener el visto bueno de la entidad de control a través de la VUCE: Este proceso requiere de un registro, la verificación de los cupos de importación de las sustancias controladas a importar, el concepto técnico y aprobación o negación de la solicitud de importación. Para más información sobre cómo obtener el visto bueno se pueden consultar los siguientes enlaces: <https://www.vuce.gov.co>, <https://www.vuce.gov.co/vuce/tramites-y-servicios-de-la-vuce> y https://www.anla.gov.co/01_anla/visto-bueno-importacion-de-sustancias-agotadoras/informacion-general-vbisaos

La exportación de sustancias del grupo I del anexo C (HCFC) es permitida, siguiendo el procedimiento ante la VUCE de MinCIT.

Anexo E

El uso de bromuro de metilo en el país fue eliminado en 2015. Sin embargo, Colombia cuenta con una exención para uso cuarentenario fitosanitario en pre-embarque. Para importar esta sustancia bajo la exención, se deben realizar los siguientes trámites:

- Ante la ANLA: Dictamen Técnico Ambiental. Para más información consultar los siguientes enlaces: https://www.anla.gov.co/01_anla/entidad/subdirecciones-y-oficinas/evaluacion-de-licenciamiento-ambiental/agroquimicos-y-proyectos-especiales y <https://www.gov.co/ficha-tramites-y-servicios/T405>)
- Ante el Instituto Nacional de Salud (INS): Dictamen Técnico Toxicológico y Evaluación de Riesgo. Para más información consultar el siguiente enlace: <https://www.ins.gov.co/TyS/-conceptos-toxicologicos/Paginas/Solicitud-conceptos-toxicol%C3%B3gicos.aspx>)
- Ante el ICA: Pruebas de Eficacia Agronómica, las cuales con estos resultados y los dictámenes verifica y procede a generar el Registro Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola. Para más información consultar los siguientes enlaces: <https://www.ica.gov.co/getdoc/8090033d-7489-4ba4-a954-7e177c6ea186/evaluacion-agronomica-y-control-en-comercializacio.aspx> y <https://www.ica.gov.co/getdoc/31107b2e-ff74-4e82-ae81-a25fe2a972de/registro-nacional-de-plaguicidas-quimicos-de-uso-a.aspx>)
- En la VUCE: Solicitud de registro de importación y Visto Bueno para la Importación adjuntando los documentos anteriores.

Anexo F

Para importar HFC, se requiere una licencia ambiental de la ANLA, cupo de importación asignado y obtener el visto bueno de la entidad de control como parte del trámite de solicitud de registro de importación realizado a través de la VUCE.

¿Qué es el cupo o cuota de importación?

Hace referencia a la cantidad de sustancia controlada que el país puede consumir anualmente de acuerdo con el cronograma de reducción y eliminación acordado entre el gobierno nacional y el Protocolo de Montreal. Anualmente, la ANLA realiza la asignación del cupo entre los importadores que cuenten con Licencia Ambiental para la importación de HCFC de acuerdo con lo establecido en la Resolución 129 de 2024. Para HFC, la ANLA anualmente publica en su página web la asignación individual de los cupos según lo indicado en la Resolución 130 de 2024. Esto se aplica con el fin de asegurar el cumplimiento de las obligaciones asumidas por Colombia en el marco del Protocolo de Montreal.

La figura 4.2 presenta una síntesis de las principales normativas de importación y exportación de las SAO y los HFC.

Figura 4.2. Síntesis de los requerimientos de importación y exportación de las SAO y HFC en Colombia

La importación de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal tanto puras o como parte de mezclas, se encuentra sujeta a licencia ambiental otorgada por la ANLA.

ANEXO Y GRUPO	TIPO DE SUSTANCIA	NORMATIVIDAD IMPORTACIÓN	NORMATIVIDAD EXPORTACIÓN
A-I	CFC (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 y CFC-115)	Prohibida Importación. Resolución 304/2001 – Resolución 734/2004 – Resolución 874/2004.	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
A-II	Halones (halón 1211, halón 1301, halón 2402)	Prohibida Importación. Resolución 901/2006	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
B-I	Otros CFC (CFC-13, CFC-111, CFC-112, CFC-211, CFC-212, CFC-213, CFC-214, CFC-215, CFC-216, CFC-217)	Prohibida Importación. Resolución 901/2006	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
B-II	Tetracloruro de carbono (TCC)	Prohibida Importación. Resolución 901/2006	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
B-III	Metilcloroformo	Prohibida Importación. Resolución 901/2006	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
C-I	HCFC (HCFC-22 , HCFC-123 , HCFC-124, HCFC-141, HCFC 141b, HCFC-142, HCFC-142b)	Importación controlada por cupo Resolución 2749/2017 Resolución 129 de 2024	Exportación sujeta al visto bueno otorgado por la ANLA Resolución 131/2014
C-II	HBFC	Prohibida Importación. Resolución 2749/2017	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
C-III	Bromoclorometano	Prohibida Importación. Resolución 2749/2017	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
E	Bromuro de metilo	Prohibida Importación Resoluciones 2152 de 1996 de Minsalud y 426 de 2009	Prohibida Exportación Resolución 131/2014
F	HFC	Importación controlada por cupo Resolución 130 de 2024	Preparación de la etapa I del plan para la implementación de la enmienda de Kigali

Fuente: Unidad Técnica Ozono - 2024.

4.2.4. Control de las importaciones y exportaciones de productos y equipos que pueden contener SAO y HFC

Prohibición de fabricación e importación

Mediante la Resolución 634 de 2022 de MinAmbiente y MinCIT, se prohíbe la fabricación nacional y la importación de equipos y productos que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias listadas en los anexos A, B, C y E del Protocolo de Montreal. Estos equipos y productos comprenden los siguientes:

- Equipos de refrigeración (uso doméstico, comercial, industrial e institucional): Refrigeradores, congeladores, combinaciones de refrigerador y congelador, equipos tipo paquete para refrigeración y/o congelación, dispensadores de agua, exhibidores autocontenidos, máquinas para fabricación de hielo y helados, vehículos para transporte refrigerado, y demás fuentes móviles con sistemas de refrigeración.

- Equipos de aire acondicionado: Tipo ventana, tipo paquete, unidades condensadoras y evaporadoras de aire acondicionado, chillers y fuentes móviles con sistema de climatización.
- Equipos y sistemas para extinción de fuego.
- Espumas de poliuretano, poliestireno, polioles formulados y productos fabricados a partir de estas espumas.
- Aerosoles.
- Solventes.

Además, se prohíbe la fabricación e importación de refrigeradores, congeladores y combinaciones de refrigerador y congelador de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias HFC listadas en el anexo F del Protocolo de Montreal.

Productos y equipos con sustancias controladas - competencia del INVIMA

El INVIMA es responsable de emitir los vistos buenos para la importación de productos que pueden contener sustancias controladas, únicamente para los siguientes usos especiales:

- Materias primas en reactivos de diagnóstico: utilizadas en exámenes de especímenes de origen humano y en estudios clínicos.
- Materias primas para la industria farmacéutica, cosmética, y productos de aseo: De uso doméstico y productos de limpieza e higiene.
- Dispositivos médicos o equipos biomédicos.

Exclusivamente para estos usos, se permite la importación de productos que contengan sustancias del grupo I y II del anexo A, así como grupo II del anexo B del Protocolo de Montreal dando cumplimiento a los tramites definidos para ello.

Para los reactivos de diagnóstico para protocolos de investigación clínica o estudios clínicos, se requiere un concepto técnico de la Sala Especializada de Reactivos Diagnóstico in vitro para la aprobación del visto bueno, según la "Guía de Diligenciamiento de Intenciones de Importación" ante la VUCE del INVIMA.

Para medicamentos, cosméticos, productos de higiene doméstica y absorbentes, se requiere el Registro Sanitario (RS) o la Notificación Sanitaria Obligatoria (NSO) previo a la solicitud de visto bueno y registro de importación mediante la VUCE, conforme al Decreto 677 de 1995.

Para más información consultar el siguiente enlace: <https://www.invima.gov.co/tramites-y-servicios/grupo-autorizaciones-y-licencias-para-importacion-y-exportacion-vuce>

Una vez obtenido el registro sanitario, permiso o notificación sanitaria, el importador puede solicitar la licencia o registro de importación a través de la plataforma VUCE, siguiendo el procedimiento del Decreto 0925 de 2013. El MinCIT verifica el cumplimiento de los requisitos establecidos en los artículos 17 y 25 del Decreto 925 de 2013 antes de otorgar el registro de importación (INVIMA, 2020).

Para la importación de dispositivos médicos o equipos biomédicos, se requiere un registro sanitario o permiso de comercialización, según el Decreto 4725 de 2005 (modificado por el Decreto 582 de 2017). Una vez obtenido, el importador puede solicitar el registro de importación a través de VUCE y debe obtener el visto bueno de la entidad. En el anexo 8 de la circular 004 de 2024 de MinCIT se listan los códigos de las subpartidas arancelarias del arancel de aduanas que están controladas por esta entidad.

Importación de equipos y productos sin SAO

Las personas naturales o jurídicas interesadas en importar equipos y productos, que no contengan o requieran para su producción u operación alguna de las SAO listadas en los anexos A, B, C y E del Protocolo, deben presentar ante la ANLA el certificado del fabricante del producto o equipo en el exterior. Este certificado debe evidenciar información clara sobre la mercancía y confirmar que no contiene ni requiere las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en los anexos mencionados ni HFC (anexo F) para el caso de equipos de refrigeración doméstica. Los requerimientos específicos se encuentran en la Resolución 634 de 2022 de MinAmbiente y MinCIT.

Posteriormente se debe realizar en la plataforma de la VUCE la solicitud de importación en la cual se debe especificar el número del radicado del certificado presentado ante la ANLA, esto para obtener el visto bueno de esa entidad.

Importación de Fuentes Móviles

La Resolución 634 de 2022 de MinAmbiente y MinCIT prohíbe la fabricación, ensamblaje e importación de fuentes móviles terrestres con equipos y sistemas de refrigeración y aire acondicionado que contengan sustancias controladas en los anexos A, B y C del Protocolo de Montreal. La figura 4.4 describe el proceso de control de la importación de productos y equipos.

El fabricante, ensamblador o importador de fuentes móviles terrestres al territorio nacional debe cumplir con la Resolución 0762 de 2022 de MinAmbiente, que establece que debe obtener el Certificado de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD) y el visto bueno por Protocolo de Montreal. Para lo cual debe presentar ante la ANLA el formato definido

junto con el reporte técnico de la prueba dinámica o ensayo y los demás documentos y las certificaciones del fabricante que sean requeridos para el trámite. En el caso de vehículos eléctricos solo se requiere diligenciar la sección del visto bueno de Protocolo de Montreal ante la ANLA.

Figura 4.3. Control para la importación de equipos que puedan contener SAO y HFC en Colombia



Fuente: Unidad Técnica Ozono, 2024.

4.2.5. Control aduanero de las Sustancias Controladas por Protocolo de Montreal

En Colombia el consumo de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal se determina por las importaciones, ya que no se producen en el país y las exportaciones son mínimas. Por lo tanto, es indispensable mantener un monitoreo y control permanente sobre las mercancías que ingresan al país para cumplir con las reducciones de consumo establecidas en el cronograma acordado con el Protocolo de Montreal. Siendo así, los funcionarios de aduanas juegan un rol fundamental para este control.

Una vez realizados los trámites previos, como la obtención de la licencia ambiental, el registro de importación con los vistos buenos de las distintas entidades, entre otros, el usuario debe presentar la declaración de importación ante la aduana colombiana a fin de que las mercancías que se pretenden ingresar al territorio aduanero nacional queden en libre disposición.

La declaración de importación es el documento mediante el cual el declarante indica el régimen aduanero que se ha de aplicar a las mercancías y consigna los elementos e información exigida por la legislación aduanera. Este documento se debe presentar ante la administración de aduanas en la jurisdicción donde se encuentre la mercancía a través del Sistema Informático Aduanero.

Una vez generada la declaración de importación, es aceptada a través del Sistema Informático Aduanero e inmediatamente después se debe realizar el pago correspondiente a los tributos aduaneros que hayan sido liquidados en la Declaración de Importación dependiendo el porcentaje de arancel e IVA asignados en la subpartida arancelaria que ampara la mercancía.

Posteriormente, se realiza el proceso de selectividad de la declaración de importación. La selectividad puede ser:

- Levante automático: es el acto por el cual la autoridad aduanera permite al importador retirar y disponer de las mercancías sin inspección.
- Inspección documental: es el acto por el cual la autoridad aduanera mediante un inspector de aduanas procede a revisar los documentos que soportan la importación con el fin de verificar el cumplimiento de lo establecido en materia aduanera.
- Inspección física: es el acto por el cual la autoridad aduanera mediante un inspector de aduanas procede a inspeccionar físicamente la mercancía con el ánimo de verificar que lo consignado en la Declaración de Importación coincida con la mercancía física.

Si posterior a la selectividad se obtiene el levante, las mercancías quedaran en libre disposición y el importador podrá proceder con el retiro de la mercancía en el lugar donde se encuentre. Si, por el contrario, hay inconsistencias, el levante se suspende y se otorgan cinco días hábiles para subsanar la situación.

En el proceso de importación y exportación, la DIAN se encarga de comprobar que se cumplan con los tramites y requisitos en materia aduanera y tributaria, verificando que la mercancía corresponda a la declarada y que el registro de importación esté aprobado.

En caso de presentarse inconsistencias, la DIAN puede imponer sanciones y realizar la aprehensión de las mercancías que no cumplan con lo establecido en la normatividad colombiana.

Las alternativas autorizadas por el Protocolo de Montreal para decidir la disposición de las mercancías incautadas se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Matriz de decisión del futuro de las mercancías con SAO y HFC que se han incautado.

OPCIONES	SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO COMO REFRIGERANTES CFC, BROMURO DE METILO, ETC.	PRODUCTOS QUE CONTIENEN SAO O HFC COMO LATAS DE AEROSOL, ESPUMAS PINTURAS, ETC.	EQUIPOS QUE FUNCIONAN A BASE DE SAO O HFC COMO REFRIGERADORES, ACONDICIONADORES DE AIRE, ETC.
<p>Reexportación al país de origen o a cualquier país que tenga permitido importar legalmente las mercancías confiscadas y desee hacerlo.</p>	<p>El costo de reexportación será cubierto por el importador.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgo de nuevo contrabando ■ Si no es posible subastarlas ni eliminarlas 	<p>El costo de reexportación será cubierto por el importador.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgo de nuevo contrabando ■ Si no es posible eliminarlas 	<p>El costo de reexportación será cubierto por el importador.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgo de nuevo contrabando ■ Si no es posible retroadaptarlas ni eliminarlas
<p>Eliminación o destrucción de las mercancías confiscadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ El costo será cubierto por el importador ilícito o por la aduana ■ Se deben aplicar buenas prácticas de gestión de residuos 	<p>Si se dispone de tecnologías de destrucciones aprobadas por el Protocolo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Si no es posible subastarlas 	<p>Recuperar las sustancias controladas antes de la eliminación para volver a usarlas o para eliminarlas (no es posible para pinturas ni espumas)</p>	<p>Recuperar las sustancias controladas y otros fluidos de servicio antes de la eliminación para volver a usarlos o para eliminarlos</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Si no es posible, retroadaptarlas

Fuente: PNUD, 2001.

Para el caso en que el fin de la mercancía declarada en abandono o incautada sea la destrucción, en el “Manual de Oficiales de Aduana” se establecen las tecnologías aprobadas para el proceso de destrucción de SAO y HFC de acuerdo con el Protocolo de Montreal. Estas se listan en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Tecnologías aprobadas de destrucción de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

CATEGORÍA DE OXIDACIÓN TÉRMICA	CATEGORÍA DE DESTRUCCIÓN DE PLASMA
<ul style="list-style-type: none"> ■ Incineradores de inyección líquida ■ Craqueo en reactor ■ Oxidación de gases/humos ■ Incineradores de horno giratorio ■ Incineradores de cemento ■ Incineradores de residuos sólidos municipales (para espumas que contengan SAO) 	<p>Tecnología de destrucción de plasma mediante radiofrecuencia</p>

Para más información al respecto consultar los siguientes enlaces:

<https://importaciones.dian.gov.co/sigloxxi/comun/> y

<https://www.dian.gov.co/tramiteservicios/tramites-y-servicios/Paginas/tramites-aduaneros.aspx>

La figura 4.4. resume las etapas del control aduanero de las SAO y HFC recomendado por la OMA y el Protocolo de Montreal, las cuales incluyen el examen inicial, la comprobación de documentos y la consistencia, revisión de cantidades, la valoración de bienes, y los países de origen.

Figura 4.4. Control aduanero de SAO y HFC



Fuente: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

AUTOEVALUACIÓN: CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Módulo 4: Control del comercio de las sustancias listadas en el Protocolo de Montreal y equipos y productos que las contienen en Colombia

A partir de los conceptos vistos en el módulo 4 responda las siguientes preguntas que le permitirán evaluar su aprendizaje durante el módulo.

1. Determinar las palabras perdidas del texto, que pueden ser las siguientes: [ANLA, HFC, Kigali, consumir, Protocolo de Montreal, sustancia controlada, HFC, licencia ambiental, cuota, importadores, HCFC-22 y HCFC-123].

El cupo o [_____] de importación hace referencia a la cantidad de [_____] que el país puede [_____] de acuerdo con el cronograma de eliminación acordado entre el Gobierno nacional y el [_____]. Anualmente, la [ANLA] establece mediante una resolución su distribución entre los [importadores] que cuenten con [Licencia Ambiental] para la importación de SAO y HFC. Actualmente, las únicas sustancias que tienen cupo de importación son el [_____y _____]. A partir del año 2024, la importación de [HFC] estará regulada por cupos para cumplir la Enmienda de [_____].

2. Relacione el rol y la entidad o grupo de interés que aplica en el control de las SAO y HFC en Colombia, colocando el número que corresponde en la columna central:

Rol	Número	Entidad o grupo de interés
1. Apoyo técnico, consolidación, y verificación de la información de importaciones y exportaciones	()	UTO
2. Verificación de la solicitud de importación, requerimientos previos, aprobación de visto bueno	()	VUCE- MinCIT
3. Verificación de licencia ambiental, control de cupo de importación y registro en base de datos	()	ANLA
4. Verificación de la mercancía importada, declaración de importación y registro en SIEX	()	DIAN
5. Presentar requerimientos previos a la importación: Licencia ambiental y cupo de importación y solicitar visto bueno	()	Usuario

3. El control para la importación de productos y equipos que pueden contener SAO y HFC requiere de un proceso que implica dos actividades fundamentales, por favor indique las actividades que se requieren.

Actividad 1	
Actividad 2	

4. Relacione el control que se ejerce en Colombia de acuerdo con la sustancia controlada por el Protocolo de Montreal, colocando el número que corresponde en la columna central:

Medida de control	Número	Sustancia
1. Prohibida importación y exportación	()	Anexo C grupo I
2. Importación: licencia ambiental otorgada por la ANLA y visto bueno por parte de MinCIT a través de la VUCE	()	Anexo C grupo I
3. Exportación: trámite de visto bueno ante la VUCE del MinCIT	()	Anexo A grupo I y II, Anexo B grupo I, II y III

5. Identifique la medida de control establecida en el país para los productos y equipos que contienen SAO y HFC, por favor identifique y complete la que corresponde:

La importación de los equipos y productos, cuando estos NO contengan o requieran para su producción u operación las sustancias de los anexos A, B, C y E, deben:

Medicamentos, cosméticos, productos de higiene doméstica y absorbentes, deben:

Para la importación de sustancias HFC, deben:

MÓDULO 5

IDENTIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

OBJETIVO DE APRENDIZAJE

- Reconocer las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal, que incluyen tanto las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) como los hidrofluorocarburos (HFC). Además, identificar los productos y equipos que contienen estas sustancias como parte de una estrategia para su control y la prevención de su comercio ilegal.

RESUMEN

La clasificación y el etiquetado de las SAO y los HFC deben cumplir con las normativas internacionales vigentes que regulan las sustancias químicas y las mercancías peligrosas. El seguimiento de dichos parámetros estandarizados facilita que los diferentes grupos de interés involucrados en el uso y control del comercio de estas mercancías reconozcan las sustancias, los productos y los equipos que las contienen. Para realizar un control adecuado del comercio de estas mercancías, es fundamental conocer los mecanismos para su identificación: nombres, números, tipos de envase, etiquetas, colores, códigos arancelarios y métodos de análisis. En el presente módulo se describen detalladamente estos mecanismos.

5.1. IMPORTANCIA DE IDENTIFICAR LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Identificar correctamente las sustancias agotadoras del ozono (SAO) y los hidrofluorocarbonos (HFC) es esencial para prevenir el comercio ilegal, evitar daños a los equipos que las utilizan y mitigar el impacto ambiental. La identificación precisa de estas sustancias requiere el conocimiento de sus nombres, números de clasificación, formas de presentación, y etiquetado adecuado.

El Protocolo de Montreal, adicionalmente mantiene bajo su control algunos productos y equipos que pueden contener las SAO y HFC reguladas. Siendo así es fundamental conocer cuáles son y cómo se puede verificar que tipo de sustancia contiene o con cual opera.

5.2. NOMBRES Y NÚMEROS DE LAS SAO Y LOS HFC

Las SAO y los HFC son sustancias conocidas por diversos nombres y números que permiten diferenciarlas e identificarlas: nombres químicos cortos o completos, nombres comerciales, números CAS, números UN y números ASHRAE. En los documentos de importación y exportación generalmente se emplean los nombres químicos y comerciales para describir el contenido del cargamento. Sin embargo, estos no indican claramente si la sustancia es controlada por el Protocolo de Montreal o no; si es virgen o reciclada; o si es una sustancia pura o una mezcla con sustancias controladas.

En varios países se usan las normas norteamericanas ASHRAE (Asociación americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) para etiquetar los refrigerantes

y la asignación de colores AHRI para los recipientes de refrigerantes. Asimismo, ASHRAE emplea un sistema para clasificar los refrigerantes en diferentes grupos de seguridad de acuerdo con su inflamabilidad y toxicidad.

5.2.1. Nombres químicos

Los nombres químicos indican la estructura molecular y el tipo, número y posición de los átomos que contiene una sustancia. Las fórmulas químicas cortas (como CHCl_3 para el triclorometano) y los nombres completos (como triclorometano o cloroformo) se usan para describir estas sustancias.

Ejemplos:

- HCFC-22: Clorodifluorometano (CHF_2Cl)
- HCFC-141b: 1,1-Dicloro-1-fluoroetano ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_2\text{F}$)
- HFC-134a: 1,1,1,2-Tetrafluoroetano ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$)

En las fórmulas cortas, la nomenclatura normalmente provee la siguiente información:

- **“C”** se refiere a átomos de carbono.
- **“F”** se refiere a átomos de flúor.
- **“Cl”** se refiere a átomos de cloro.
- **“Br”** se refiere a átomos de bromo.
- **“H”** se refiere a átomos de hidrógeno.

Con esta información se pueden clasificar las sustancias según su estructura molecular. Por ejemplo, la presencia de flúor, cloro o bromo confiere las características de ser una sustancia agotadora de la capa de ozono; mientras que si contiene flúor y no cloro o bromo puede ser una sustancia HFC controlada por el Protocolo de Montreal.

La fórmula corta también puede incluir un sistema de numeración que indica la cantidad de átomos de cada tipo presente en la molécula. A continuación, se explica cómo interpretar esta nomenclatura:

Ejemplos:

- CFC-12: Dicloro-difluorometano, CCl_2F_2
La fórmula muestra que la molécula tiene dos átomos de cloro (Cl) y dos átomos de flúor (F).

- HCFC-123: 2,2-Dicloro-1,1,1-trifluoroetano, C₂HCl₂F₃
La fórmula revela que la molécula tiene dos átomos de cloro (Cl) y tres átomos de flúor (F).
- HFC-134a: 1,1,1,2-Tetrafluoroetano, C₂H₂F₄
La fórmula revela que la molécula tiene cuatro átomos de flúor (F) y dos átomos de hidrógeno (H).

5.2.2. Nombres comerciales

Los nombres comerciales son asignados por las empresas y pueden incluir números ASHRAE para indicar el tipo de refrigerante. Sin embargo, algunos nombres comerciales se utilizan tanto para sustancias controladas como no controladas, por lo que conocer solo el nombre comercial no es suficiente para su identificación.

Ejemplos:

- HCFC-22: Freon 22, Genetron 22
- HCFC-141b: Solkane 141b, genetron 141b
- HFC-410A: Forane 410A, iCOOL 410A, Freon 410A
- HFC-134a: Genetron 134a, Freon 134a,

5.2.3. Números CAS

El número CAS es un número asignado por el Chemical Abstracts Service que es una división de Sociedad Estadounidense de Química de los Estados Unidos. Es un identificador único para cada sustancia química, utilizado internacionalmente. Los números CAS permiten identificar inequívocamente una sustancia específica sin dar información química adicional.

Para las sustancias químicas simples y para algunas mezclas el CAS asigna un número específico que contiene de 5 a 9 dígitos, los cuales están separados en tres grupos mediante guiones, es decir, 123456-78-9.

En el número CAS, el primer grupo, comenzando por la izquierda, tiene hasta seis dígitos; el segundo grupo tiene siempre dos dígitos; y el tercer grupo siempre tiene un dígito.

Ejemplos:

- HCFC-22: 75-45-6
- HCFC-141b: 1717-00-6
- HFC-134a: 811-97-2

Más información al respecto puede consultarse en el siguiente enlace: <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>.

5.2.4. Números UN

El número de identificación de una sustancia de las Naciones Unidas o número UN es un identificador de cuatro dígitos asignado para cada sustancia química, facilitando su identificación en el transporte y almacenamiento internacional.

Este número ayuda a reconocer rápidamente los materiales contenidos en los recipientes de sustancias a granel tales como recipientes para vagones de ferrocarril, semi-trailers y recipientes intermodales.

Ejemplos:

- CFC-12: 1028
- HCFC-22: 1018
- HCFC-141b: 2031
- HFC-134a: 3159

5.2.5. Números ASHRAE

El número ASHRAE clasifica los refrigerantes según su nivel de seguridad (inflamabilidad y toxicidad). Los números ASHRAE comienzan con la letra "R" (refrigerante) y utilizan un sistema de numeración específico.

Ejemplos:

- HCFC-22: R-22
- HFC-410A: R-410A
- HCFC-123: R-123

Este número es designado por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado – ASHRAE por sus siglas en inglés. La última edición aprobada es la ANSI/ASHRAE 34-2019. En el siguiente enlace se pueden encontrar las designaciones y clasificaciones actualizadas: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/ashrae-refrigerant-designations>.

El número ASHRAE incluye las siguientes características:

- i. Comienza siempre con la letra R, la cual indica que se trata de un refrigerante.
- ii. La letra minúscula denota un gas isómero, por ejemplo, R-134a. Esta indica la simetría en los pesos atómicos. El más simétrico no tiene letra y, al aumentar la asimetría, se colocan las letras a, b, c, etc.

- iii. A las mezclas zeotrópicas (mezcla de dos o más refrigerantes puros con diferentes volatilidades y puntos de ebullición, los componentes individuales no experimentan evaporación o condensación a la misma temperatura) se les asigna el número de identificación en la serie 400 como en el R-401A. Por otra parte, las letras A, B y C, a la derecha del número, se utilizan para diferenciar mezclas con los mismos componentes, pero con diferente proporción. Por ejemplo: R-401A, R-401B, R-407C.
- iv. Si la mezcla es azeotrópica, es decir, si es una mezcla química en la que existen líquidos con un punto de ebullición constante y cuyos componentes presentan volatilidades que se igualan en un punto específico, es clasificada en la serie 500 y su número es arbitrario, pues responde al orden de aparición del refrigerante. Por ejemplo: R-502, R-507.
- v. Para los refrigerantes orgánicos se reserva la serie 600 como el R-600 butano o R-600a isobutano (no controlado por el Protocolo de Montreal).
- vi. La serie 700 corresponde a refrigerantes inorgánicos. Por ejemplo, R-717 que es amoníaco (no controlado por el Protocolo de Montreal).

Con respecto a los dígitos, estos permiten identificar de manera general su composición de la siguiente manera:

El primer dígito, de derecha a izquierda es igual al número de átomos de flúor en el compuesto.

El siguiente dígito hacia la izquierda es igual al número de átomos de hidrógeno menos 1.

El tercer dígito hacia la izquierda es igual al número de átomos de carbono más 1 (Si es 0, indica un átomo de carbono y puede omitirse).

El cuarto dígito hacia la izquierda es igual al número de enlaces dobles.

Las letras del sufijo se utilizan para distinguir entre diferentes isómeros o variantes estructurales de un mismo compuesto.

Para comprender la asignación de un número ASHRAE se presenta algunos ejemplos:

HCFC-123: R-123

- Primer dígito (derecha): Número de átomos de flúor (3),
- Segundo dígito: Número de átomos de hidrógeno menos uno ($2-1=1$ átomos).
- Tercer dígito: Número de átomos de carbono más uno ($1 + 1 = 2$ átomos).
- Cuarto dígito: Es 0 indicando que no hay enlaces dobles en la molécula.
- El número de átomos de cloro se calcula restando el número de átomos de flúor (3) y de hidrógeno (1) al número total de átomos, los cuales pueden estar unidos a los átomos de carbono. Un átomo de carbono puede unirse a otros cuatro átomos; dos átomos de carbono saturado se pueden unir a otros seis átomos. Por lo tanto, $R-123: 3 (F) - 1 (H) = 2$ átomos de cloro y significa diclorotrifluoroetano o $C_2HCl_2F_3$ (HCFC-123).

En el R-22 (CHClF₂), se puede observar que el número de átomos de flúor es 2, el número de átomos de hidrógeno es 2 y el número de átomos de carbono es 0. Asimismo, indica que el carbono tiene cuatro enlaces, el total de flúor e hidrógeno es igual a 3 y existe un átomo de cloro.

La regla de los 90, así llamada, es otra técnica empleada para nombrar las SAO y los HFC (Woolf, 1993). Esta regla consiste en sumar noventa al número de identificación de la sustancia para obtener como resultado un número (x) que corresponde a la composición carbono-hidrógeno-flúor (CHF). Si los átomos de carbono no están saturados, entonces se requieren átomos de cloro adicionales. Así pues, permite identificar átomos de carbono en los cientos, hidrógeno en las decenas y flúor en la unidad. La tabla 5.1 muestra algunos refrigerantes con el número ASHRAE y la regla de los 90.

Tabla 5.1. Algunos refrigerantes zeótropos y azeótropos siguiendo el número ASHRAE

NÚMERO ASHRAE	CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD	FÓRMULA EMPÍRICA	COMPONENTES	PORCENTAJES
R-401A	A1/A1	HCFC	R-22/R-152a/R-124	53/13/34
R-401B	A1/A1	HCFC	R-22/R-152a/R-124	61/11/28
R-404A	A1/A1	HFC	R-125/R-143A/R-134a	44/52/04
R-407C	A1/A1	HFC	R-32/R-125/R-134a	23/25/52
R-502	A1	CFC	R-22/R-115	48.8/51.2
R-507A	A1/A1	HFC	R-125/R-143a	50/50

LA REGLA DE LOS 90						
NÚMERO ASHRAE	SUMA DE 90	COMPOSICIÓN EMPÍRICA				FÓRMULA
		C	H	F	CL ADICIONADO	
CFC-11	101	1	0	1	3	CCl ₃ F
CFC-12	102	1	0	2	2	CCl ₂ F ₂
HCFC-22	112	1	1	2	1	CHClF ₂
HCFC-123	213	2	1	3	2	CHCl ₂ -CF ₃
HFC-134a	224	2	2	4	0	CH ₂ F-CF ₃

Fuente: número estándar ASHRAE y Woolf, 1993.

La tabla 5.2 muestra ejemplos de identificación de las SAO y HFC. En el anexo 3 de este documento se presenta un listado de las principales sustancias controladas con nombres y números.

Tabla 5.2. Ejemplos de nombres y números de las SAO y HFC

TIPO DE CONTROL PAÍSES DEL ARTÍCULO 5						
NOMBRE COMÚN	FÓRMULA	NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE QUÍMICO IUPAC	NÚMERO CAS	NÚMERO UN	NÚMERO ASHRAE
HCFC-22	CHF ₂ Cl	Freón 22	Clorodifluorometano	75-45-6	1018	R – 22
HCFC 123	C ₂ HF ₃ Cl ₂	Suva 123	Diclorotrifluoroetano	306-83-2	1018	R – 123
HFC 134a	CH ₂ FCF ₃	R-134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	811-97-2	3159	R-134a
MEZCLA						
NOMBRE COMÚN	MEZCLA	NOMBRE COMERCIAL	CÓDIGO DEL SA	NÚMERO CAS	NÚMERO UN	NÚMERO ASHRAE
R-404A	1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R-134a) Pentafluoroetano (R-125) 1,1,1-Trifluoroetano (R-143a)	Daikin R404A, HP-62, FX-70	3827.61	354-33-6/ 420-46-2/ 811-97-2	3337	R-404A
R-507A	Pentafluoroetano (R-125) 1,1,1-Trifluoroetano (R-143a)	Freon-507, AZ-50	3827.61	354-33-6/ 420-46-2	3163	R-507
R-410-A	Pentafluoroetano (R-125) Difluorometano (R-32)	Suva 410A, Forane 410A, Puron, EcoFluor R410, Genetron R410A, AZ-20, Daikin R410A, Suva 9100	3827.63	75-10-5/ 354-33-6	-	R-410-A

5.3. FORMAS DE PRESENTACIÓN DE LAS SAO Y HFC

Las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal se presentan en diversos recipientes para su almacenamiento, transporte, venta y uso. Estos recipientes pueden ser desechables o reutilizables, y su tipo de envase depende de la sustancia y su finalidad.

5.3.1. Recipientes desechables

Estos recipientes no deben reutilizarse ni rellenarse. Son envases comprimidos fabricados en varios tamaños. Entre estos recipientes normalmente se encuentran latas de 160 a 1000 g y cilindros de 2 kg, 5 kg, 10.9 kg, 11.3 kg, 13.6 kg y 22.7 kg.

Figura 5.1. Latas y cilindros desechables



Fuente: banco de imágenes de la Unidad Técnica Ozono, 2024.

Las latas son usadas principalmente para pruebas y aplicaciones pequeñas. Mientras que los cilindros de 11.3 kg son usados comúnmente en el comercio y la distribución.

Figura 5.2. Isotaque y bidones



Fuente: banco de imágenes de la Unidad Técnica Ozono, 2024.

5.3.2. Envases retornables

Los envases retornables pueden ser presurizados o no dependiendo de las características de la sustancia contenida.

Recipientes presurizados: Los gases a temperatura ambiente deben almacenarse en recipientes presurizados como contenedores intermodales (isotankes) de líquidos a granel, isotankes de aproximadamente 20 tn, cilindros de 1 tn, 50 lb y de 30 lb.

Recipientes no presurizados: Los líquidos a temperatura ambiente, se las puede almacenar y transportar en tambores, latas, barriles, frascos, etc.

Figura 5.3. Cilindro Retornable



Fuente: banco de imágenes de la Unidad Técnica Ozono, 2023.

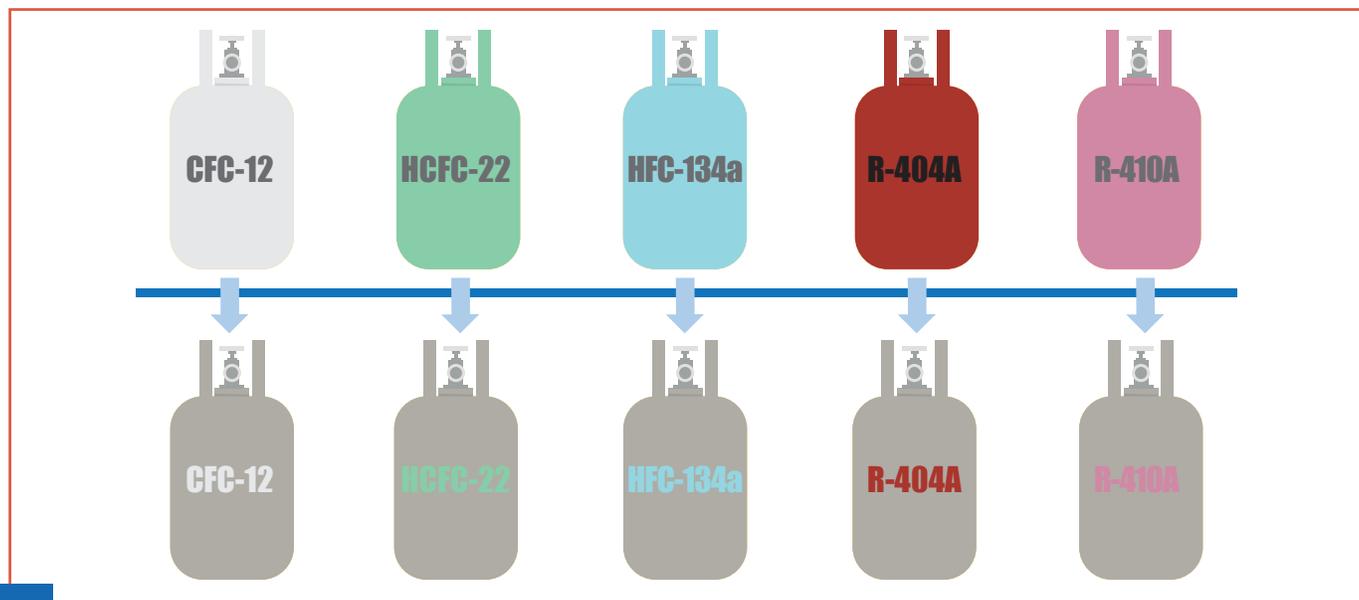
5.3.3. Código de colores AHRI

El Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración de la Industria de los Estados Unidos (AHRI, por sus siglas en inglés) tiene una asignación uniforme de colores para los recipientes de almacenamiento de refrigerantes nuevos o regenerados (Guía N del AHRI).

Los códigos de colores empleados para marcar los recipientes de SAO y HFC pueden variar de un país a otro, según disposiciones particulares del mismo. A menudo, los códigos de colores varían incluso dentro de un mismo país. Los militares, por ejemplo, podrían emplear para los recipientes una codificación de colores diferente a la que la industria utilizaría.

Por consiguiente, aunque las asignaciones de color para el recipiente de refrigerante pueden ayudar a que los funcionarios de aduanas distingan rápidamente el refrigerante dentro de los contenedores, el color de un envase no debe reemplazar la verificación de su contenido, el etiquetado u otras marcas de identificación pues a dos refrigerantes diferentes se les puede asignar el mismo color, siempre y cuando pertenezcan a diferentes clases (ver figura 5.4).

Figura 5.4. Cilindros Retornables



Fuente: hoja informativa, ONU Medio Ambiente.

5.3.4. Etiquetado y seguridad

El etiquetado de sustancias químicas debe seguir el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de la ONU para clasificar y comunicar los peligros. Los envases de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal deben estar etiquetados con la siguiente información:

Identificación del producto:

- Nombre químico de la sustancia
- Nombre comercial de la sustancia
- Número de ASHRAE, CAS o UN

Información de seguridad:

- Palabra de advertencia “Peligro” o “Atención” según el riesgo
- Pictogramas de peligro

Identificación del fabricante:

- Nombre, dirección o teléfono

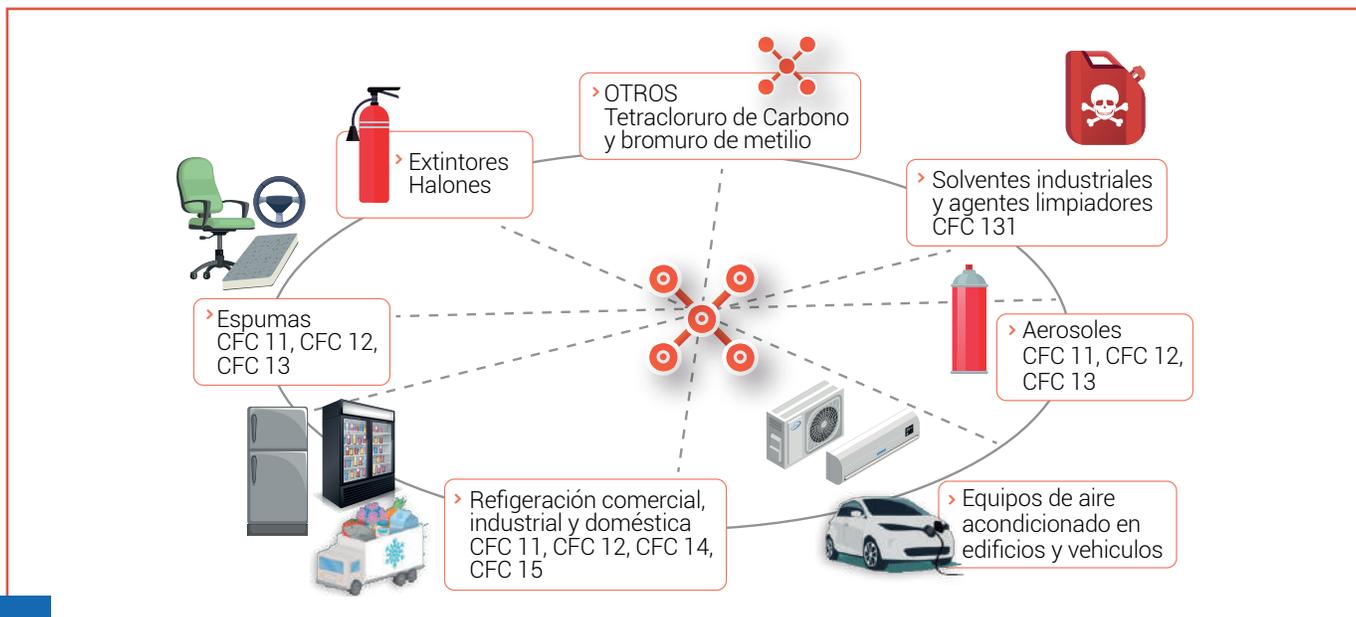
Información complementaria:

- Número de lote
- Nombre del productor

El embalaje en el que vienen los envases igualmente debe venir etiquetados con esta información. El traslado de estas sustancias en donde los envases o embalajes no proveen la información indicada podría ser considerado ilegal al haber sido manipulado.

En la figura 5.5, se muestran algunos productos y equipos que pueden contener SAO o HFC.

Figura 5.5. Productos y equipos que pueden contener SAO y/o HFC



Fuente: tomado de *Agujero en la Capa de Ozono* [figura], por Utopía Vital, Blog, 2019. Disponible en <https://utopiavital.wordpress.com/2019/05/31/agujero-en-la-capa-de-ozono/>

Pictogramas de seguridad

Los pictogramas de seguridad son símbolos normalizados que comunican los peligros asociados con las sustancias químicas, incluidas las SAO y los HFC. En el caso de los gases refrigerantes, los pictogramas de seguridad que se utilizan están regulados por el Sistema Globalmente Armonizado (GHS) de clasificación y etiquetado de productos químicos.

A continuación, se mencionan algunos pictogramas de seguridad comunes para SAO y HFC, estos dependerán específicamente de la sustancia ya que no todas las controladas por el Protocolo tienen las mismas características.

- Pictograma de Peligro GHS02 (Inflamable): Indica que la sustancia es inflamable y puede encenderse fácilmente en presencia de una llama, chispa u otra fuente de ignición. Algunos HFC pueden ser inflamables, como el HFC-152a.



- Pictograma de Peligro GHS04 (Gas a Presión): Indica que la sustancia está contenida bajo presión y puede explotar si se calienta, se daña o se expone a condiciones adversas. La mayoría de los gases refrigerantes están almacenados en cilindros presurizados, como el HCFC-22 y HFC-134a.



- Pictograma de Peligro GHS05 (Corrosivo): Indica que la sustancia puede causar daños a la piel, ojos u otros tejidos debido a su naturaleza corrosiva. Algunas sustancias controladas por el Protocolo pueden ser corrosivos si entran en contacto con la piel o los ojos.



- Pictograma de Peligro GHS07 (Exclamación): Indica peligro menos grave, como irritación cutánea o problemas de salud menores y pueden afectar la salud si se manejan incorrectamente.



- Pictograma de Peligro GHS09 (Peligroso para el Medio Ambiente): Indica que la sustancia puede ser perjudicial para el medio ambiente.



Adicionalmente, el GHS tiene un código específico para indicar peligro por efectos nocivos a la salud por el daño a la capa de ozono. Es el Código H420 y se aplica a sustancias que pueden causar efectos adversos para la salud humana debido a su capacidad para agotar la capa de ozono, todas las SAO están clasificadas bajo este código.

Clasificación		Etiquetado			Código de indicación de peligro	
Clase de peligro	Categoría de peligro	Pictograma		Palabra de advertencia		
		SGA	Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas		Indicación de peligro	
Peligro para la capa de ozono	1		<i>No se requiere</i>	Atención	Causa daños a la salud pública y el medio ambiente al destruir el ozono en la atmósfera superior	H420

Fuente: imágenes - Extraído de Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, Rev.05, Naciones Unidas, 2013.

Cada envase que contenga SAO o HFC debe estar claramente etiquetado con los pictogramas correspondientes para indicar los peligros asociados. Estas etiquetas no solo ayudan a los trabajadores a manejar las sustancias de manera segura, sino que también son esenciales para el cumplimiento de las regulaciones de transporte y almacenamiento.

Hoja de datos de seguridad

La Hoja de Datos de Seguridad (SDS), también conocida como Ficha de Datos de Seguridad (FDS), es un documento técnico que proporciona información detallada sobre una sustancia o mezcla química. La SDS está diseñada para brindar orientación sobre los peligros, medidas de protección y procedimientos de emergencia en caso de exposición accidental o intencional a la sustancia.

La SDS es esencial para garantizar un manejo seguro de las SAO y HFC y debe estar disponible para todas las personas que manejen, almacenen o transporten estas sustancias, así como aquellas que manipulen estas mercancías durante procedimientos de control como las actividades de inspección aduanera.

Las SDS contiene la siguiente información:

- Identificación del Producto y del Proveedor: Nombre químico, uso previsto, nombre y dirección del fabricante o proveedor.
- Identificación de Peligros: Información sobre los peligros físicos, químicos y toxicológicos de la sustancia.

- Composición/Información sobre los Ingredientes: Lista de componentes químicos y porcentajes en la mezcla.
 - Medidas de Primeros Auxilios: Instrucciones detalladas para el tratamiento de emergencias relacionadas con la exposición a la sustancia.
 - Medidas de Lucha Contra Incendios: Métodos adecuados para extinguir incendios causados por la sustancia.
 - Medidas de Manipulación y Almacenamiento: Consejos sobre el manejo seguro, almacenamiento adecuado y requisitos de temperatura.
 - Controles de Exposición/Protección Personal: Equipos de protección personal recomendados para manipuladores y trabajadores expuestos.
 - Propiedades Físicas y Químicas: Datos sobre apariencia, olor, punto de fusión, punto de ebullición, solubilidad y otras características.
 - Estabilidad y Reactividad: Información sobre condiciones a evitar, materiales incompatibles y reacciones peligrosas conocidas.
 - Información Toxicológica: Efectos agudos y crónicos de la exposición, vías de entrada, dosis letal media (LD50) y otros datos relevantes.
 - Información Ecológica: Efectos sobre el medio ambiente, toxicidad para los organismos acuáticos y la vida silvestre.
 - Consideraciones sobre Eliminación: Métodos seguros para la eliminación o disposición de la sustancia y sus envases.
 - Información sobre Transporte: Requisitos específicos para el transporte terrestre, marítimo o aéreo según las regulaciones internacionales.
- Regulaciones: Referencias a regulaciones locales, nacionales e internacionales aplicables.
- Otra Información: Cualquier otra información relevante que no esté cubierta en las secciones anteriores.

Norma ASHRAE 34: Designación de número y clasificación de los refrigerantes de acuerdo con la seguridad

La norma ASHRAE 34 *“Number Designation and Safety Classification of Refrigerants”* clasifica los refrigerantes más comúnmente usados en seis grupos, de acuerdo con su toxicidad y flamabilidad: A1, A2, A3, B1, B2 y B3. La “A” denota una toxicidad más baja y la “B” una toxicidad

más alta. Por su parte, el “1” significa que no habrá propagación de fuego, el “2” indica una inflamabilidad más baja y el “3” una inflamabilidad más alta. En consecuencia, B3 indica un refrigerante con una toxicidad alta y con una alta inflamabilidad.

Siguiendo la norma de seguridad ASHRAE, los refrigerantes más comunes son enumerados en el anexo B.1 de esta clasificación. Esta información se evidencia en la Hoja de Datos de Seguridad y en algunos casos en la etiqueta de los envases y embalajes de las SAO y HFC. La tabla 5.3. presenta la clasificación de seguridad ASHRAE de los refrigerantes.

Tabla 5.3. Clasificación ASHRAE de los refrigerantes.

	BAJA TOXICIDAD	ALTA TOXICIDAD
No inflamable	A1 (R-22, R-134a)	B1
Baja inflamabilidad	A2	B2
	A2L (R-32, R-143a, R-1234YF)	B2L (Amoniaco)
Alta inflamabilidad	A3 (R-600a, R-290)	B3

5.4. EQUIPOS Y PRODUCTOS QUE CONTIENEN Y FUNCIONAN CON SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

En el mercado nacional e internacional se encuentran equipos que contienen o funcionan con SAO y HFC, así como productos que las contienen. A continuación, se presentan los equipos y productos que pueden utilizar SAO o HFC, y se encuentran controlados por el Protocolo de Montreal.

5.4.1. Equipos de refrigeración

La refrigeración es tal vez el mayor ámbito de aplicación de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal. Siendo utilizadas como refrigerantes en diversos subsectores como refrigeración doméstica, comercial e industrial. Algunos de los gases utilizados son el R-134a, R-404A, R-454A, R-448A, R-449A, R-507A y R-513A, entre otros.

- Refrigeradores
- Congeladores
- Combinaciones de refrigerador y congelador

- Equipos tipo paquete para refrigeración o congelación
- Enfriadores de vino
- Fuentes de agua
- Neveras exhibidoras autocontenidas
- Máquinas para fabricación de hielo
- Máquinas para fabricación de helados
- Tanques enfriadores
- Equipos para la conservación de vacunas, tejidos, órganos, entre otros
- Vehículos de transporte refrigerados.

En las siguientes figuras se muestran algunos ejemplos de equipos de refrigeración.

Figura 5.6. Nevera mostrador



Figura 5.7. Equipo de refrigeración doméstica



Figura 5.8. Equipo de refrigeración comercial

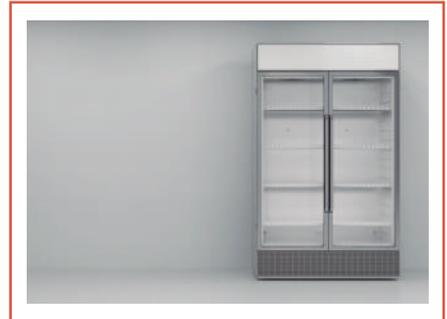


Figura 5.9. Equipo autocontenido de refrigeración



Figura 5.10. Vehículo de transporte refrigerado



Fuente: banco de imágenes de la Unidad Técnica Ozono, 2024. Imágenes tomadas de <https://www.freepik.es/>

5.4.2. Equipos de aire acondicionado

La climatización es el segundo sector que más utiliza sustancias SAO y HFC. Algunos de los equipos controlados por el Protocolo son:

- Tipo ventana
- Tipo paquete
- Tipo cassette
- Tipo piso/techo
- Multi y mini-split, central-split
- Chillers
- Aire acondicionado móvil

En las figuras 5.11 a 5.13 se muestran ejemplos de los tipos de equipos de aire acondicionado.

Figura 5.11. Aire acondicionado tipo paquete



Figura 5.12. Aire acondicionado tipo ventana

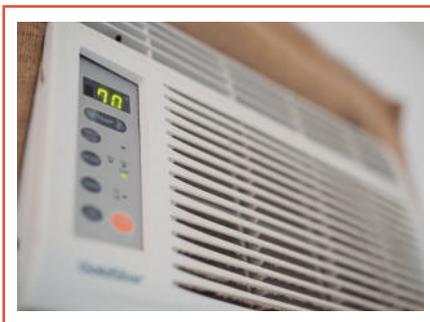


Figura 5.13. Aire acondicionado tipo mini y multi-split



Fuente: imágenes tomadas de <https://www.freepik.es/>

5.4.3. Productos

Adicionalmente, en el mercado hay diferentes tipos de productos para diferentes usos que pueden contener sustancias controladas por el Protocolo de Montreal, por ejemplo:

- Aerosoles comerciales

- Equipos y sistemas para extinción de fuego
- Espumas de poliuretano
- Planchas, paneles y cubiertas para cañerías de material aislante
- Inhaladores de dosis medida
- Polioles premezclado

En las siguientes figuras se presentan imágenes de algunos productos con SAO o HFC.

Figura 5.14.
Aerosoles



Figura 5.15.
Extintor



Figura 5.16. Espumas de poliuretano



Fuente: imágenes tomadas de <https://www.freepik.es/>

5.4.4. Etiquetado de equipos

El etiquetado de los equipos suele proporcionar información sobre el fabricante, el suministro de energía, algunos datos técnicos básicos, y el tipo y las cantidades de fluidos necesarios para el funcionamiento del equipo. Por lo tanto, los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y los compresores deberían tener normalmente una etiqueta indicando el tipo y la cantidad de la carga de refrigerante y el tipo de aislamiento. No hay normas internacionales que especifiquen cómo se deben etiquetar los sistemas retroadaptados. Tampoco existen normas que especifiquen la ubicación de las etiquetas, lo cual dificulta la labor de los funcionarios de aduanas quienes tienen que encontrarlas.

Las etiquetas de los refrigeradores se pueden encontrar en varios lugares. Así, por ejemplo, la caja de cartón que contiene el refrigerador podría estar etiquetada con especificaciones sobre el refrigerante. El manual de instrucciones para el usuario también podría proveer esta información. A menudo las etiquetas se encuentran al costado, en la parte trasera u ocasionalmente escondidas en el techo del compartimiento de enfriamiento o en la cara posterior del refrigerador.

En caso de no poder encontrar la etiqueta ni el manual del usuario, se debe inspeccionar el compresor y esto podría requerir la extracción de la cubierta trasera. El compresor debe tener una etiqueta metálica fijada con el número ASHRAE grabado en ella. Es importante tener en cuenta que el compresor nunca debe inspeccionarse mientras que el refrigerador esté conectado.

En contraste, las etiquetas de los aires acondicionados para automóviles pueden encontrarse debajo del capó, en el chasis, sobre alguna parte del motor o sobre el compresor. Por precaución, el compartimiento del motor no debe ser nunca inspeccionado mientras el motor está en marcha.

5.5. SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS Y LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

El Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) es una nomenclatura internacional estándar para la clasificación de productos. Esta nomenclatura es administrada por la Organización Mundial de Aduanas (OMA) y es utilizada por más de 200 países y economías como base para sus aranceles aduaneros y para la recopilación de estadísticas comerciales internacionales.

La identificación de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal en el SA es fundamental para el control del comercio y la implementación de las medidas establecidas en dicho protocolo. La OMA y la Secretaría del Ozono han trabajado en conjunto para clasificar adecuadamente las SAO, HFC y sus mezclas, así como los productos y equipos que las contienen.

Cada país tiene la responsabilidad de adaptar el SA a sus necesidades específicas. En Colombia, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT) han establecido normativas específicas para la clasificación arancelaria, la importación y exportación de mercancías.

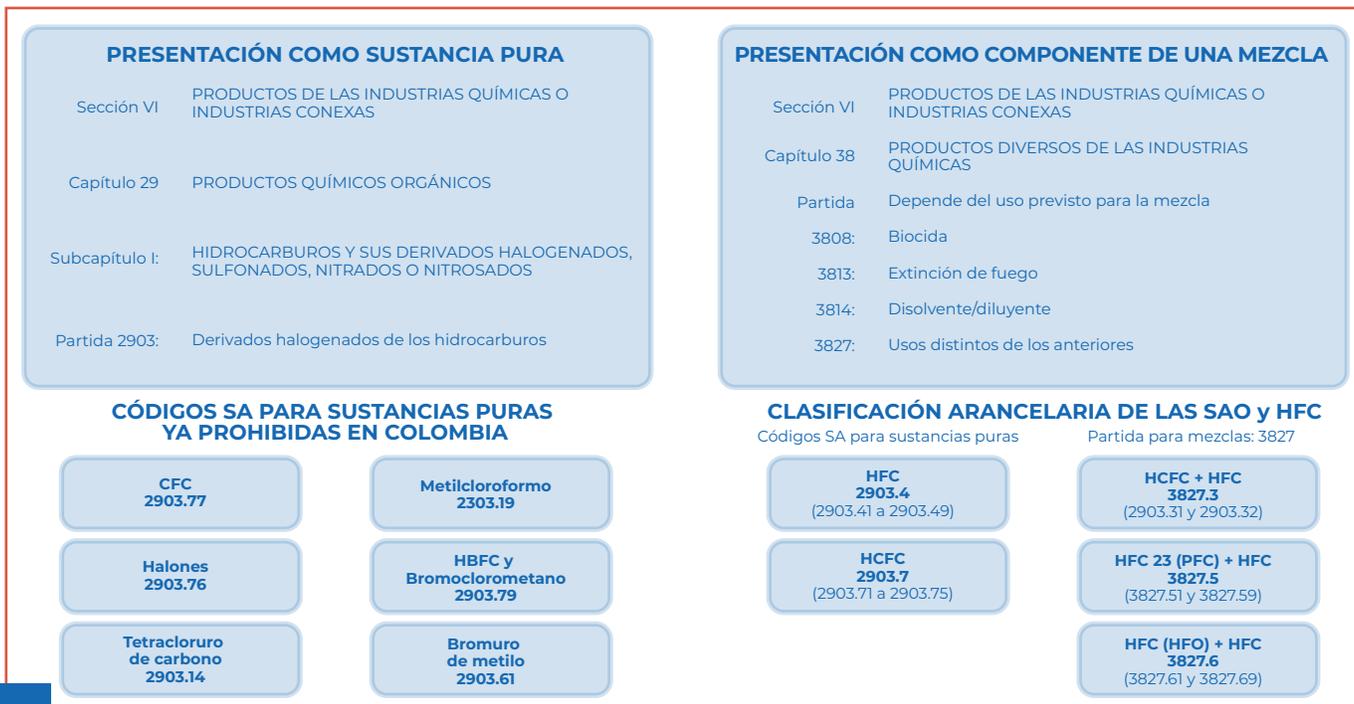
5.5.1. Clasificación arancelaria de SAO y HFC

En Colombia, el “Manual de Procedimiento y Normativa sobre la Clasificación Arancelaria de las Mercancías del año 2022” de la DIAN, y el Decreto 1891 de 2021, que adopta el Arancel de Aduanas son documentos clave para entender cómo se clasifican estas sustancias.

Las subpartidas arancelarias y las medidas de control para la importación de las SAO, los HFC y sus mezclas, así como los equipos y productos que las puedan contener, están detalladas en las Resoluciones 2749 de 2017, 130 de 2024 y 634 de 2022 emitidas por MinAmbiente y MinCIT.

Además, la circular externa 004 de 2024 de MinCIT resume las medidas de control para la importación de mercancías bajo estas subpartidas arancelarias. El anexo 17 de la circular lista los códigos de subpartidas arancelarias que amparan sustancias listadas en el Protocolo de Montreal, controladas por la ANLA, mientras que el anexo 18 incluye equipos y productos que contienen estas sustancias (consultar figura 5.17 y 5.18).

Figura 5.17. Clasificación arancelaria en Colombia que amparan las SAO, HFC y sus mezclas



Fuente: elaborado a partir del Arancel Nacional y normatividad colombiana.

Figura 5.18. Clasificación arancelaria que ampara los equipos y productos que pueden contener SAO y HFC en Colombia



Fuente: elaborado a partir del Arancel Nacional y normatividad colombiana Unidad Técnica Ozono - 2024.

5.6. MÉTODOS PARA IDENTIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Existen diferentes métodos para la identificación y el análisis de sustancias químicas que podrían ser SAO o HFC. En general, se recomienda emplear las pruebas o tomas de muestra para verificar el contenido de los recipientes de SAO y HFC, así como de equipos y productos que utilizan o contienen estas sustancias.

5.6.1. Herramienta rápida de identificación

La Unidad Técnica Ozono (UTO) ha diseñado una herramienta que facilita la búsqueda rápida de información esencial relacionada con SAO, HFC, sus mezclas y con algunas sustancias sustitutas. Esta herramienta incluye: nombres comerciales, nombres químicos, números NU, ASHRAE, y CAS y los códigos arancelarios. En el anexo 3 de este documento, se incluye la herramienta.

5.6.2. Detectores de fugas

Los detectores de fugas funcionan mediante la detección de burbujas de aire generadas por la fuga de gas a través de agua jabonosa. Este método es efectivo para identificar envases con fugas potenciales, lo cual permite identificar fugas, garantizar la seguridad durante el transporte y almacenamiento de las sustancias, evitar la liberación no controlada de SAO y HFC y detectar casos de comercio ilícito al identificar envases que pudieron ser manipulados.

Los recipientes nuevos que contienen refrigerantes no suelen tener fugas, mientras que los recipientes que se han vuelto a llenar o han sido manipulados pueden tener fugas y etiquetas falsas.

Por razones de seguridad, las áreas de almacenamiento de refrigerantes se deben inspeccionar regularmente para detectar fugas. Otro de los métodos utilizados para este propósito es el método de la burbuja de jabón, el cual no requiere ningún equipo de prueba sino solamente jabón líquido. Consiste en colocar agua jabonosa donde exista sospecha de fuga, la cual puede confirmarse si se forman burbujas de jabón.

5.6.3. Prueba de temperatura/presión

Otro método para identificar el tipo de SAO o HFC contenido en un envase, es la relación entre la presión de vapor y la temperatura. Las presiones de vapor de los refrigerantes puros, medidas a una cierta temperatura, son suficientemente distintas para la mayoría de los refrigerantes y proveen una buena indicación de su tipo. Sin embargo, los pares CFC-12/HFC-134a, CFC-11/HCFC-123 y HCFC-141b/CFC-11 son la excepción, ya que sus presiones

de vapor son muy similares y esto impide identificar claramente las sustancias.

Para realizar la prueba se debe conectar un manómetro al envase o al equipo. La presión y la temperatura se deben medir al mismo tiempo. Si el recipiente o el equipo se ha almacenado a una temperatura constante, la temperatura ambiente será idéntica a la de la SAO o HFC. En el anexo 4 de este documento, puede consultar las tablas de relación de temperatura/presión de algunos gases.

Es importante tener en cuenta que, si se ha colocado nitrógeno u otros gases o agentes contaminantes en el envase o en el equipo, este método puede ser inefectivo, porque la relación temperatura/presión puede verse alterada.

Figura 5.19. Conducción de una prueba de temperatura/presión



Fuente: Banco de imágenes de la Unidad Técnica Ozono, 2025.

5.6.4. Analizadores de refrigerantes

Los identificadores o analizadores de refrigerantes son dispositivos portátiles diseñados para identificar de manera confiable la composición de ciertas CFC, HCFC, HFC e hidrocarburos. Estos dispositivos también pueden detectar la presencia de impurezas como agua y sustancias inflamables asegurando que los refrigerantes analizados cumplan con los estándares requeridos.

Estos equipos son usados frecuentemente por las aduanas para realizar examinar las mercancías sospechosas de SAO y HFC, las cuales han podido ser declaradas de forma errónea o que de manera intencional han sido declarados como productos químicos libres de sustancias reguladas. Los identificadores o analizadores portátiles se conectan al envase o al equipo. Por lo tanto, cualquier funcionario de aduana capacitado, quien esté familiarizado con la utilización de identificadores o analizadores de refrigerantes, puede comprobar la carga de refrigerante contenida en un recipiente, en un refrigerador y en un sistema de aire acondicionado estacionario o móvil. Al final de este documento en el anexo 5 se puede consultar una guía general del uso de un equipo identificador.

Las válvulas de acceso de los equipos y envases que contienen estas sustancias varían hasta el punto de poder necesitar equipos especializados para analizar los recipientes, los refrigeradores, los compresores y los acondicionadores de aires móviles y estacionarios, ya que muchos de ellos tienen válvulas de metal selladas. En contraste, las válvulas de acceso de los acondicionadores de aire para automóviles están ubicadas en el compresor. En ambos casos, siempre se deben observar las precauciones de seguridad cuando se realizan las pruebas.

Recomendaciones para el uso del identificador:

- La persona que utilice un identificador de refrigerante debe leer primero detenidamente el manual de operación de identificador.
- El instrumento está diseñado para pruebas de refrigerante en fase gaseosa y no funcionará correctamente si está expuesto a líquidos o si las muestras están cargadas de aceite. Por tanto, la toma de muestra debe realizarse en la fase de vapor de la sustancia para evitar daños en el equipo analizador.

Figura 5.20. Identificador de refrigerantes



Fuente: Banco de imágenes de la Unidad Técnica Ozono, 2023.

- El filtro del identificador de refrigerante debe reemplazarse periódicamente de acuerdo con el modelo y con las recomendaciones del fabricante para garantizar el buen funcionamiento de la unidad. Sin embargo, la frecuencia de reemplazo dependerá de los contaminantes del refrigerante tales como la humedad, acidez y aceite del compresor.

5.6.5. Cromatografía

La cromatografía de gases es un método analítico utilizado para determinar la pureza de refrigerantes mediante la separación de componentes de una muestra. Este método utiliza una columna capilar o empacada junto con un gas de arrastre y un detector (como el detector

de ionización de llama - FID o el detector de conductividad térmica - TCD) para identificar y cuantificar los componentes de la muestra. (ver figura 5.21).

El principio del método anterior se establece con base en el Apéndice C sobre procedimientos analíticos del Estándar AHRI 700-2014. Este método se estandarizó únicamente para aquellas impurezas comúnmente encontradas en refrigerantes nuevos y regenerados. Sin embargo, si se presenta en una concentración significativa, alguna impureza que se diluya en la matriz del componente principal del refrigerante puede interferir en el proceso.

Para fortalecer el control del comercio de sustancias controladas por el Protocolo en las aduanas del país, el Gobierno ha invertido en infraestructura, laboratorios y equipos de última tecnología para facilitar la identificación de SAO y HFC en las principales aduanas.

Figura 5.21. Cromatógrafo de gases usado para determinar la pureza de un gas refrigerante



Fuente: Boletín Ozono n.º 48, por Unidad Técnica Ozono, 2020.

5.7. RECOMENDACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SAO Y HFC DURANTE ACTIVIDADES DE CONTROL

Siempre que se vaya a trabajar con las sustancias controladas con el Protocolo de Montreal y, en general, con sustancias químicas se deben seguir los protocolo de seguridad y verificar la información disponible para tomar las medidas de seguridad pertinentes.

Toma de muestras para análisis: de conformidad con la Resolución 39 de 2021 de la DIAN, mediante la cual se modifica la Resolución 46 de 2019:

“La toma de muestras para análisis físico químico será procedente en cualquier momento del control aduanero para conocer, confirmar, cuantificar y, en general, para establecer las características fisicoquímicas de las mercancías, que son necesarias, entre otras, para la identificación o clasificación arancelaria de las mismas, y que solo pueden ser determinadas o comprobadas en el análisis del laboratorio mediante la aplicación de métodos de ensayo físicos, químicos, microbiológicos, o demás que sean necesarios”.

De acuerdo con lo anterior, la autoridad aduanera siempre debe tener en cuenta los lineamientos establecidos en los instructivos aduaneros desarrollados por la DIAN para la toma de muestras, las cuales deben enviarse al laboratorio de la respectiva Dirección Seccional de Aduanas que disponga de un laboratorio. Así mismo, siempre se deben tomar las medidas de seguridad para manipular este tipo de sustancias.

Seguridad durante actividades de inspección: Durante la inspección de equipos como compresores de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, es vital interrumpir el suministro de energía y seguir las normativas de seguridad para evitar accidentes.

Manipulación de recipientes a presión: Los envases que contienen SAO y HFC deben ser manipulados con precaución, asegurando que estén correctamente almacenados y etiquetados según las regulaciones locales. Todo contenedor presurizado debe asegurarse correctamente para evitar caídas y debe almacenarse adecuadamente. Los contenedores, asimismo, deben transportarse con las tapas de protección en su lugar y nunca deben ser rodados o arrastrados. Igualmente, si una válvula de cilindro no se puede abrir, nunca debe ser forzada.

Uso de equipos especializados: Solo personal capacitado debe usar herramientas como identificadores de refrigerantes y detectores de fugas, siguiendo las recomendaciones del fabricante y las normativas vigentes.

Recomendaciones: En la manipulación, transporte, almacenamiento e identificación de SAO y HFC se debe tener en cuenta:

- Cuando se manipulen refrigerantes se debe usar indumentaria de protección, incluyendo gafas ajustadas de seguridad y guantes aislantes del frío, ya que los refrigerantes pueden causar congelación y otros efectos perjudiciales para la piel y los ojos.
- Es conveniente verificar que las áreas de almacenamiento estén equipadas con los sistemas de extinción de incendios adecuados para reducir su riesgo. Es importante seguir las recomendaciones de la hoja de seguridad, ya que algunos refrigerantes HFC son inflamables; otros como los CFC y HCFC, aunque no son combustibles, si se queman producen humos irritantes o tóxicos.
- Se deben emplear los detectores electrónicos de fugas para inspeccionar las áreas de almacenamiento y las válvulas de acceso de los envases y los equipos.
- Se deben inspeccionar las válvulas de acceso para comprobar que la prensa estopa no presenta una fuga y que las juntas son efectivas. Las cofias protectoras previenen el deterioro de las válvulas.
- No se deben liberar las SAO y HFC a la atmósfera intencionalmente ni se debe disponer de ninguna sustancia controlada, a menos que se empleen los métodos de recuperación y reciclaje, de almacenamiento adecuado o de destrucción aprobados.

- No se deben manipular las sustancias y se debe solicitar que no se almacenen en espacios confinados que carezcan de ventilación ya que algunas se pueden acumular en dichos espacios. Esto aumenta el riesgo de inhalación y puede causar desmayo o sofocación. Por lo tanto, se debe usar una protección respiratoria de ser necesario.
- Los envases no se deben almacenar directamente al Sol ni cerca de superficies calientes. Un aumento en la temperatura causaría un aumento en la presión y, por consiguiente, llevaría a riesgos de explosión.
- Para reducir el peligro de incendio, no se deben usar llamas abiertas en las áreas de almacenamiento ni cerca de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. No se debe emplear el método del “soplete de halogenuro” o “prueba de la llama” para verificar pérdidas.

AUTOEVALUACIÓN: CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Módulo 5: Identificación de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

A partir de los conceptos vistos en el módulo 5 responda las siguientes preguntas que le permitirán evaluar su aprendizaje durante el módulo.

1. Se cuenta con una variedad de nombres y números para las SAO. Para diferenciarlos e identificarlos existen nombres químicos cortos o completos, nombres comerciales, números CAS, números NU y números ASHRAE, identifique a cuál corresponde.

_____ : Sirven como una indicación de la estructura molecular de una sustancia y el tipo, número y posición de los átomos contenidos.

_____ : Son aquellos empleados por las compañías para denominar a sus productos.

_____ : Es un número estándar internacional de cuatro dígitos que identifica una sustancia química específica o un grupo de sustancias químicas.

_____ : Es una designación sistemática que permite la determinación de la composición química de los productos, a partir del número asignado de acuerdo con lo establecido en la “Denominación numérica y clasificación y seguridad de los refrigerantes”.

_____ : Es un número asignado por el Chemical Abstracts Service de los Estados Unidos para identificar una sustancia química.

2. Enumere tres recomendaciones que se deben tener en cuenta cuando se manipulan SAO y HFC.

Recomendación 1	
Recomendación 2	
Recomendación 3	

3. Determinar las palabras perdidas del texto, que pueden ser las siguientes: [Protocolo de Montreal, bromo, sustancia agotadora de la capa de ozono, flúor, cloro, HFC].

La presencia de [_____], cloro o [_____] confiere las características de ser una [_____]; mientras que si contiene flúor y no [_____] o bromo puede ser una sustancia [HFC] controlada por el [_____].

4. Existen diferentes métodos para la identificación y el análisis de sustancias químicas que podrían ser SAO y HFC, por favor identifique y complete la que corresponde:

_____ : Indican la presencia de ciertos átomos en el aire (por ejemplo: átomos de cloro o de flúor), los cuales únicamente pueden detectarse si los envases tienen algún tipo de fuga, se utiliza generalmente para verificar recipientes que se han vuelto a llenar o han sido manipulados y uno de los métodos que se utiliza es la burbuja de jabón.

_____ : Se requiere de un manómetro y se utiliza para identificar refrigerantes puros excepto los pares CFC-12/HFC-134a, CFC-11/HCFC-123 y HCFC-141b/CFC-11.

_____ : Permite encontrar de forma ágil y sencilla la información fundamental relacionada con las SAO y HFC y con algunas sustancias sustitutas, a saber: nombres comerciales, nombres químicos, números NU, ASHRAE, CAS y códigos arancelarios tanto para sustancias que tienen prohibida la importación al país como aquellas que requieren control de importación.

_____ : Identifica la pureza de algunos refrigerantes (nuevos o regenerados).

_____ : Permiten identificar la pureza de los refrigerantes utilizados en refrigeración y aire acondicionado, analizan la composición de ciertas mezclas de refrigerantes (contenido de agua y pureza) y presencia de sustancias inflamables (como hidrocarburos) a través de unidad portátil.

5. Al identificar una sustancia controlada uno de los principales elementos es la etiqueta, a continuación, encuentra las características del etiquetado de las SAO y HFC, relacione el requerimiento de la etiqueta con las especificaciones requeridas, colocando el número que corresponde en la columna central:

Requisito de la etiqueta	Número	Especificaciones
Palabra de advertencia	()	Identificar productos peligrosos y se agrupan por riesgo químico o físico, riesgo para la salud y riesgo para el medio ambiente.
Identificación del producto	()	Información no armonizada que incluye el fabricante.

Requisito de la etiqueta	Número	Especificaciones
Indicaciones de peligros	()	Medidas recomendadas para reducir o prevenir los efectos nocivos de la exposición a un producto peligroso.
Consejos de prudencia y pictogramas de precaución	()	Sustancia: nombre químico de la sustancia y el número CAS. Mezcla: nombre comercial y el nombre de las sustancias que la clasifican como peligrosa. Debe seguir la hoja de seguridad.
Identificación del fabricante	()	Nombre, dirección y teléfono.
Pictogramas de peligro	()	Señala la existencia y gravedad de un peligro potencial (Peligro o atención).
Información complementaria	()	Describen la naturaleza de los peligros asociados al producto.

MÓDULO 6

PREVENCIÓN DEL COMERCIO ILEGAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Identificar elementos clave para prevenir y controlar el comercio ilegal de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal en Colombia.
- Conocer las causas del tráfico ilícito de estas sustancias, los esquemas de contrabando y precisar los controles aduaneros para la prevención del comercio ilegal de estas sustancias.

RESUMEN

El Protocolo de Montreal ha sido un éxito, ya que los cronogramas de reducción y eliminación de la producción y el consumo de las sustancias controladas se están cumpliendo efectivamente. No obstante, este éxito puede verse afectado por la creciente amenaza del comercio ilegal de las SAO y los HFC, un negocio lucrativo a nivel mundial que requiere de medidas de prevención y control tanto nacionales como internacionales. El comercio ilegal de estas sustancias está impulsado principalmente por el alto margen de ganancia resultado de la diferencia entre el bajo precio de estas sustancias en los mercados mundiales y sus elevados precios en los mercados nacionales donde hay restricciones de importación. Además, las sustancias alternativas suelen ser más costosas, lo que, combinado con la alta demanda, aumenta el riesgo de comercio ilegal. Este contrabando, también se debe a las restricciones comerciales entre los países parte del Protocolo de Montreal y aquellos que no lo son. En algunos países, las SAO y HFC se han convertido en uno de los productos comercializados ilegalmente más lucrativos, solo superado por las drogas ilegales. Por lo tanto, es importante estudiar cuáles son los procesos y estrategias utilizados en el comercio ilegal de estas sustancias para poder reducirlo o controlarlo mediante medidas preventivas eficaces.

6.1. GENERALIDADES SOBRE EL COMERCIO ILEGAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

El comercio ilegal de SAO y HFC sigue siendo un obstáculo importante para concretar los esfuerzos internacionales que buscan reducir el cambio climático y recuperar la capa de ozono. Desde la firma del Protocolo de Montreal, el comercio ilegal de las sustancias controladas ha ido constantemente en aumento. El contrabando de estas sustancias se ha incrementado como resultado de la reducción gradual de estos productos químicos, la obsolescencia de los equipos que contienen estas sustancias, el uso de ensamblajes propios o los costos de transición hacia refrigerantes más amigables con el ambiente. Como resultado, las aduanas y las autoridades competentes deben seguir trabajando en conjunto para realizar un control efectivo, prevenir y reducir el comercio ilegal de estas sustancias.

Uno de los principales retos del Protocolo de Montreal es buscar estrategias para la prevención del comercio ilegal de las SAO y los HFC, que surgió a mediados de la década de los noventa. En efecto, el contrabando de clorofluorocarbonos (CFC), particularmente para el mercado de refrigerantes, comenzó después de la primera etapa de eliminación de CFC y creció rápidamente a un volumen de 38000 toneladas al año en su punto máximo. Hasta el día

de hoy, dicho tráfico sigue en aumento, pues los bajos riesgos y las altas ganancias que genera lo hacen un negocio atractivo para las redes criminales. Este delito le cuesta a los gobiernos y a las empresas legítimas millones de dólares en ingresos perdidos y causa emisiones significativas de gases de efecto invernadero y/o sustancias que destruyen la capa ozono. Por consiguiente, se requiere una aplicación eficaz de los controles y regulaciones para desmotivar y prevenir este comercio ilegal (Environmental Investigation Agency, 2021).

El comercio ilegal de SAO y HFC es un delito ambiental definido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente como “la evasión deliberada de leyes y reglamentos ambientales por parte de personas y compañías en procura de beneficios financieros personales. Los casos en que estas actividades comprenden movimientos que traspasan las fronteras nacionales son catalogados como un ‘delito ambiental internacional’” (PNUMA, 1999). Si bien en el Protocolo de Montreal no se define el comercio ilegal de estas sustancias, sí se deja constancia de que el contrabando de estas sustancias es producto de la evasión de las leyes y los reglamentos nacionales introducidos por las Partes para cumplir las obligaciones que les impone el Protocolo. Por lo anterior, dentro de sus normativas se promueve la prevención del comercio ilegal de las sustancias controladas.

A nivel nacional, la evasión de leyes y reglamentos puede verse materializada principalmente en la importación, la exportación, la venta o el uso de las sustancias controladas sin aprobación; cuando no se pagan los impuestos o derechos de aduana; y cuando se produce etiquetados o descripciones falsas de los productos. Aquello permite el ingreso irregular de SAO y HFC al territorio nacional, lo cual conduce a potenciales incumplimientos de los compromisos adquiridos por el país ante el Protocolo de Montreal, además de generar emisiones a la atmósfera con el uso de sustancias que ya no se encuentran permitidas. Por ello, es importante que los países desarrollen e implementen una estructura regulatoria que permita prevenir y controlar la producción, el consumo y el comercio ilegal de las sustancias controladas por el Protocolo.

6.1.1. Causas del comercio ilegal de SAO y HFC

El comercio ilegal de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal se genera principalmente por las siguientes causas:

- Las SAO y HFC suelen ser más baratas en el mercado negro, lo que incentiva su comercio ilícito al generar altos beneficios económicos. Alto margen de beneficio, por ejemplo, el precio del refrigerante en los mercados locales de los países en desarrollo (USD\$/kg bajo), UE (más de 120 USD\$/kg R-404a).
- Las regulaciones impuestas por el Protocolo de Montreal aumentan la demanda de estas sustancias en mercados donde su uso sigue siendo prevalente.
- Falta de alternativas asequibles en algunos sectores. Las alternativas a las SAO y HFC pueden ser más caras o tecnológicamente menos accesibles.
- La reconversión de equipos es costosa por lo que algunos usuarios prefieren mantenerlos y conseguir las sustancias ya prohibidas.

- La oportunidad de evadir los impuestos sobre la importación de las sustancias controladas.
- La alta competencia entre las empresas, junto con la limitada disponibilidad de licencias y cupos de importación.
- La falta de recursos, capacitación y tecnología en las aduanas y agencias de control facilita el contrabando.
- La falta de aplicación de restricciones comerciales.
- Diferentes calendarios de eliminación, por ejemplo, eliminación de HCFC en la UE (2010), países desarrollados (2020) y países en desarrollo (2030).
- Demanda continua de las sustancias controladas, por ejemplo, la larga vida útil de los equipos y los altos costos de reemplazo o actualización y escasez de refrigerante reciclado.
- Bajo riesgo de ser procesado, por ejemplo, mediante una aplicación limitada, multas y sanciones reducidas.

Los interesados en el comercio ilegal de las sustancias controladas incluyen todos los involucrados que se relacionan con su compraventa, de la cual se pueden ver beneficiados de alguna manera. Por esto, muchos de ellos, aunque no estén necesariamente de acuerdo con el comercio ilegal de dichas sustancias, son quienes más participan en él:

- Productores de SAO y HFC.
- Industria manufacturera: refrigeración, aire acondicionado, electrónica, pinturas, espumas.
- Mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado (talleres y técnicos).
- Usuario final: técnicos- hogares-almacenes.
- Autoridades: ambientales-aduana-policía.
- Importadores, comercializadores, distribuidores.
- Gremios y asociaciones.

6.1.2. Antecedentes

Desde el inicio de la implementación del Protocolo de Montreal, se han registrado numerosos casos de comercio ilegal de SAO y HFC en todo el mundo. Tan pronto como se eliminaron los CFC y los halones en los países desarrollados a mediados de la década de 1990, el tráfico ilícito

de estas sustancias creció rápidamente, lo cual representó hasta un 15 % del comercio mundial de CFC. En su momento, el factor central en el comercio ilegal de estas sustancias fue la larga vida útil de los equipos de refrigeración, aire acondicionado y extinción de incendios y el costo de reequipamiento. En las últimas décadas, el volumen de comercio ilegal de CFC y halones ha disminuido. Sin embargo, el comercio ilegal ha ido enfocándose en el potencial de los HCFC y HFC en el mercado.

Por otra parte, la comercialización ilegal de las SAO puede deberse a los excedentes de producción, causando que las sustancias sigan en circulación y se continúen utilizando en equipos que funcionan con ellas. Cuando, en 2010, se eliminó el consumo y producción de los CFC (salvo en usos exentos) en los países en vías de desarrollo, las cantidades de CFC vírgenes todavía disponibles en el mercado disminuyeron rápidamente. Sin embargo, la demanda de estos productos químicos se ha mantenido relativamente alta.

Cuando los países comienzan a restringir o prohibir determinadas sustancias controladas, el mercado negro de estas sustancias suele crecer hasta que los precios de las sustancias alternativas y de la tecnología en los equipos disminuyan. En cuanto al equipamiento, para disminuir la demanda de las sustancias controladas ya eliminadas o en etapas de transición a sustancias alternativas, muchos países, entre ellos Colombia, prohíben la importación de equipos que utilizan o requieren alguna de las sustancias controladas para su operación.

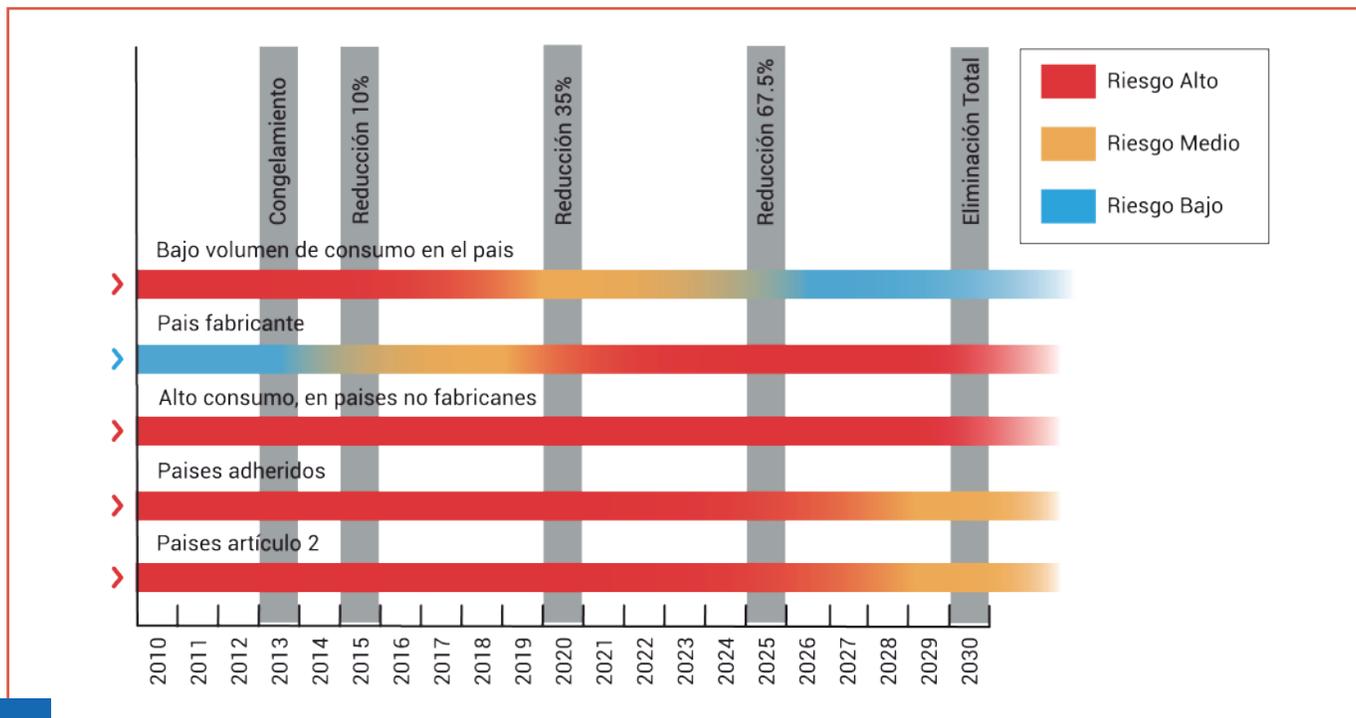
En cuanto a los HCFC, el cronograma de eliminación para los países amparados por el artículo 5 del Protocolo de Montreal podría hacer que la historia del comercio ilegal de las sustancias agotadoras de ozono se repita, ya que podría seguir el patrón del desarrollo del mercado negro de CFC, posterior a su eliminación.

Los niveles globales de producción de HCFC han superado los de los CFC en su momento. En la actualidad, el comercio mundial de los HCFC a granel asciende a más de 100.000 toneladas al año, incluidos los HCFC contenidos en mezclas. Así mismo, considerando la vida útil de los equipos actualmente en funcionamiento, es probable que la demanda de los HCFC continúe aún después de su eliminación y que ello resulte atractivo para el mercado negro.

Se han detectado casos de contrabando técnico, en los cuales se han ingresado sustancias controladas como productos químicos alternativos sin SAO o se han importado y exportado unidades de aire acondicionado que contienen HCFC-22 bajo esta modalidad. Desde que se establecieron las medidas de restricción a las importaciones de los HCFC a nivel mundial, se crearon los sistemas de cuotas o cupos para la importación de las sustancias, lo cual ha causado que algunos comerciantes deseen evitar la legislación y los controles para los HCFC.

Los métodos utilizados para el contrabando de HCFC no varían mucho de los métodos utilizados anteriormente para el contrabando de CFC. La figura 6.1 muestra la cronología del riesgo del comercio ilegal de HCFC. Allí se evidencia que para esta década los países fabricantes y aquellas naciones con alto consumo pero que no son fabricantes tienen más riesgo de desarrollar un comercio ilegal de estas sustancias. Sin embargo, el comercio ilegal trae consigo consecuencias críticas para cualquier país.

Figura 6.1. Cronología del riesgo del comercio ilegal de HCFC



Fuente: tomado de *Overview of illegal trade in Ozone Depleting Substances* (p. 31), por Dr. E. Clark, Ozon Action UN Environment, 2018. Disponible en: https://www.ozonactionmeetings.org/system/files/03_overview_of_current_illegal_trade_trends_ways_of_conducting_illegal_trade.pdf.

En general se puede analizar las siguientes evidencias de comercio ilegal:

- En la década de 1990, se estima que el contrabando de SAO alcanzó las 20 mil toneladas por año, equivalente a 150-300 mil dólares por año.
- En la década del 2000, se estima entre 7 y 14 mil toneladas por año y 25-60 millones de dólares por año.
- Entre 2006 y 2007 se realizó la operación Sky Hole Patching, la cual logró 27 incautaciones con 155 toneladas de sustancias controladas en Asia. Una segunda operación en 2010 logró 28 incautaciones para un total de 64 toneladas de SAO, 728 equipos incautados y la detección de SAO junto a tráfico ilegal de cocaína.
- En la última década se han observado disminuciones de concentraciones de sustancias prohibidas en la atmósfera. Esto evidencia la importancia de garantizar que la producción

y el comercio ilegal de las SAO se controlen y prevengan continuamente en todas las regiones del mundo, ya que sin estas medidas se podría retrasar significativamente la recuperación de la capa de ozono.

- Uno de los casos más preocupantes de comercio ilegal de estas sustancias es el relacionado con las emisiones inesperadas de CFC-11 (triclorofluorometano), cuya producción y consumo fue totalmente eliminado en el año 2010 en el marco del Protocolo de Montreal. Sin embargo, desde el 2012 se detectó un aumento en las emisiones de esta sustancia, lo cual ralentizó el descenso constante de las concentraciones atmosféricas que se había reportado anteriormente. Las investigaciones demostraron que entre el 40 y el 60 % del aumento en emisiones de CFC-11 provenían de fábricas chinas, lo cual sería el resultado de una nueva producción, comercialización y uso ilegal.

El tráfico ilegal de las sustancias controladas tiene varias consecuencias: i. Disminuye la inversión en investigación y desarrollo de nuevas sustancias amigables con el ambiente; ii. Reduce el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Protocolo de Montreal; iii. Implica pérdidas económicas por impuestos o derechos que se requieren por el uso de las sustancias; iv. Amenaza a los negocios y valores legítimos de la sociedad por el comercio ilegal; v. Genera mayores costos a la salud y la seguridad; vi. Causa daños en los equipos por usar sustancias inadecuadas; vii. Viola las regulaciones aduaneras; viii. Causa un retroceso en la recuperación de la capa de ozono con consecuencias principalmente para el ambiente y la salud humana, entre otros.

Más información sobre el comercio ilegal de refrigerantes puede consultarse en los siguientes enlaces:

Sobre la evaluación de riesgos del comercio ilícito de HCFC, consultar:

<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28217/7507RiskAssessment.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En relación con el comercio ilegal de sustancias destructoras del ozono, consultar:

<https://www.greencustoms.org/sites/default/files/public/files/3617-e-oansupplement6IllegalTrade.pdf>

Acerca del comercio ilegal de HFC, consultar:

<https://eia-international.org/climate/illegal-trade-in-refrigerants/>

En relación con el comercio ilegal de refrigerantes en Europa, consultar:

<https://www.stopillegalcooling.eu/es/story/cosa-possiamo-fare-per-eliminare-il-mercato-nero-degli-hfc/>

6.2. ESQUEMAS DE CONTRABANDO DE SAO Y HFC

El comercio ilegal de SAO y HFC implica el uso de diversos métodos de contrabando, cada uno diseñado para evadir las regulaciones y controles establecidos. Los contrabandistas

emplean una combinación de tácticas sofisticadas y métodos tradicionales, aprovechando las debilidades en los sistemas de control y la demanda continua de estas sustancias. A continuación, se describen algunos de los esquemas de contrabando más comunes y sus características.

6.2.1. Declaración falsa

Uno de los métodos más comunes es la declaración falsa, donde los contrabandistas declaran sustancias controladas como otros productos no regulados o menos regulados para evitar los controles y la detección. Por ejemplo:

- Declaración de productos químicos inofensivos: Los contrabandistas pueden declarar las SAO y HFC como productos químicos que no están bajo las mismas restricciones, como gases industriales comunes.
- Uso de códigos arancelarios incorrectos: Utilizar códigos arancelarios que no correspondan a las sustancias controladas, lo que puede evadir algunos controles o confundir a los inspectores aduaneros y permitir la entrada de las sustancias al país.
- Declaración de SAO o HFC vírgenes como sustancias recuperadas: Las importaciones de sustancias controladas recuperadas, recicladas o regeneradas no son consideradas en el consumo de los países, por lo cual las sustancias vírgenes podrían ser falsamente declaradas como sustancias recuperadas. Algunas veces se etiqueta un refrigerante recuperado, reciclado o regenerado como si fuera un refrigerante virgen que no se encuentre controlado.

6.2.2. Etiquetado falso

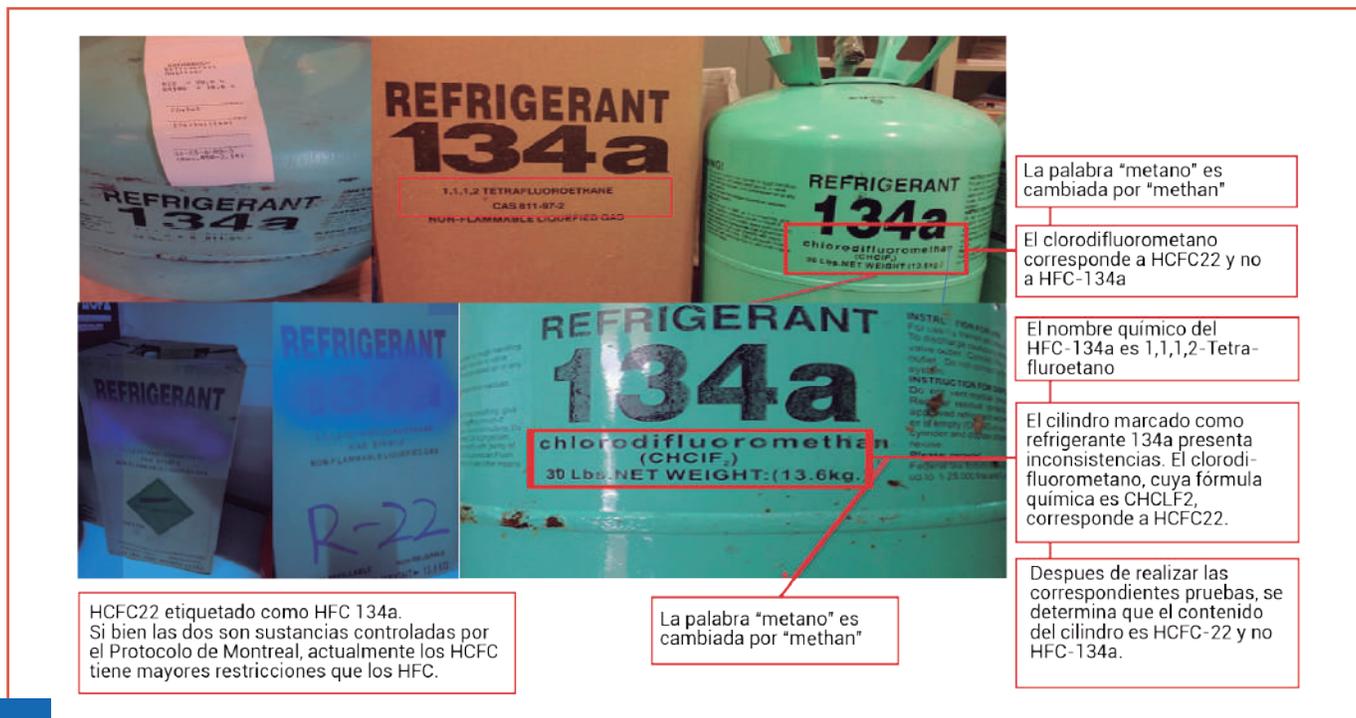
El etiquetado falso y el reenvase de sustancias controladas son tácticas utilizadas para disfrazar su verdadera identidad.

Las SAO y HFC se pueden comercializar de forma ilegal colocando etiquetas falsas que indican que el contenido es un producto no regulado o con menores restricciones. Por ejemplo: los CFC y HCFC podrían ser falsamente declarados y etiquetados como sustancias no controladas, para ello las etiquetas pueden aparecer con nombres químicos diferentes, con pequeñas modificaciones o incompletos, lo cual los hace pasar inadvertidos.

En cuanto al reenvase, consiste en transferir las sustancias controladas a envases que no levantan sospechas, como cilindros de gases industriales comunes o recipientes que no están bajo estricta vigilancia.

La figura 6.2 muestra ejemplos de etiquetas falsas en el tráfico ilegal de SAO y HFC.

Figura 6.2. Ejemplos de falsas etiquetas en el comercio ilegal



Fuente: tomado de *Overview of illegal trade in Ozone Depleting Substances* (p. 27), por Dr. E. Clark, Ozon Action UN Environment, 2018. Disponible en: https://www.ozonactionmeetings.org/system/files/03_overview_of_current_illegal_trade_trends_ways_of_conducting_illegal_trade.pdf

6.2.3. Evasión

El uso de rutas y puertos alternativos es otra estrategia empleada por los contrabandistas para evitar los puntos de control más estrictos.

- Rutas terrestres: Transportar SAO o HFC a través de fronteras terrestres menos vigiladas, las cuales a veces son parte de las rutas de contrabando tradicionalmente usadas para otro tipo de transporte ilegal como el tráfico de drogas.
- Puertos secundarios: Utilizar puertos más pequeños o menos congestionados que pueden tener controles menos rigurosos.
- Zonas francas o zonas de régimen aduanero especial: Las importaciones y exportaciones de SAO y HFC no están controlados por sistemas de licencias en las zonas de libre comercio de muchos países, ya que las mercancías no están técnicamente entrando o saliendo del

área de la aduana. En realidad, la experiencia ha demostrado que este tipo de zonas libres de impuestos son a menudo fuentes de comercio ilegal, por lo cual se deberían definir mecanismos para su control. En Colombia, la importación de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal debe cumplir con todas las medidas de control establecidas en la normatividad vigente. Esto también se aplica en las zonas de régimen aduanero especial.

Bajo esta modalidad también se movilizan las sustancias controladas con etiquetas y códigos arancelarios correctos, pero sin contar con los permisos requeridos para estas, o por el contrario se transportan presentando modificaciones en las descripciones de la mercancía, a través del contrabando técnico, evitando identificar el nombre químico, el nombre comercial o cualquier información que permita sospechar de la mercancía.

6.2.4. Fraude documental

El uso de documentos falsificados o alterados es otra estrategia para facilitar el contrabando de SAO y HFC.

- Certificados de origen falsos: Proveer documentos que indiquen un origen diferente del real, lo que puede influir en la aplicación de regulaciones.
- Licencias de importación/exportación falsificadas: Presentar licencias falsificadas para hacer pasar las sustancias a través de controles oficiales. Esto incluye declaraciones de importación adulteradas o presentación de licencias ambientales falsas.

6.2.5. Camuflaje

Otra técnica utilizada por los contrabandistas es la mezcla de SAO y HFC con otras sustancias para diluir su presencia y dificultar la detección o modificando las propiedades organolépticas para aparentar que son otras sustancias no controladas.

Por ejemplo, se han presentado casos en donde se ha agregado nitrógeno a los cilindros con el fin de elevar la temperatura interna de la sustancia controlada, o en donde al bromuro de metilo, le agregan volúmenes considerables de cloropicrina (tricloronitrometano), modificando su olor para presentarlo como un plaguicida.

Por otra parte, también se puede presentar la deliberada contaminación de la sustancia controlada virgen con sustancias como el agua o el aceite para que parezca material recuperado o reciclado (cómo en la modalidad de etiquetado falso). Las SAO y HFC usadas no están sujetas a las medidas de control del Protocolo de Montreal, salvo el requisito de declarar las cantidades comercializadas.

6.2.5. Ocultamiento

- Compartimientos ocultos: Las SAO y HFC pueden venir ocultas en los compartimientos naturales de las unidades de cargas o de transporte de mercancías, es decir, en lugares no convencionales de barcos, automóviles o camiones.
- Envíos con doble fondo: Se utilizan cajas o contenedores con doble fondo para ocultar las sustancias controladas. Es decir, se ocultan con otra carga para transportarse a través de las fronteras evadiendo las medidas de control. Algunos casos que se han presentado bajo esta modalidad son los siguientes:
 - Ingreso ilegal al país de cilindros de SAO y HFC escondidos en las bodegas de los barcos, en semirremolques o incluso en maleteros de vehículos.
 - Camuflaje de cilindros ilegales en cargas legítimas, por ejemplo, colocando una hilera de cilindros que contengan productos legítimos alrededor de los ilegales. De esta manera se crea una capa que oculta los refrigerantes ilegales localizados en el centro.
 - Compresores u otros equipos de refrigeración cargados con SAO ya prohibidas, al igual que cilindros aparentemente vacíos, pueden transportarse como productos supuestamente devueltos.
 - Se pueden ocultar latas pequeñas de refrigerantes en cajas marcadas como refrigerantes legales. A veces, se transporta la sustancia ilegal en envases de gas propano.
 - Otro método más avanzado consiste en construir cilindros con compartimientos ocultos y válvulas escondidas que contienen material ilegal e introducir material legal en un cilindro pequeño directamente por debajo de la válvula superior. De esta manera, se engaña a todo aquel que tome muestras exclusivamente de la válvula superior.

La figura 6.3 muestra ejemplos de esta modalidad de comercio ilegal de SAO y HFC.

6.2.6. Subfacturación

Sucede cuando los envíos están mal declarados y se presentan por valores inferiores al real. Este método se utiliza principalmente para evitar el pago de los impuestos. Un ejemplo es la declaración de una cantidad parcial en el envío de un isotanque, caso en el que los importadores podrían traer mercancía por encima de la cuota de importación asignada.

Figura 6.3. Ejemplos de ocultamiento o recubrimiento con capa doble



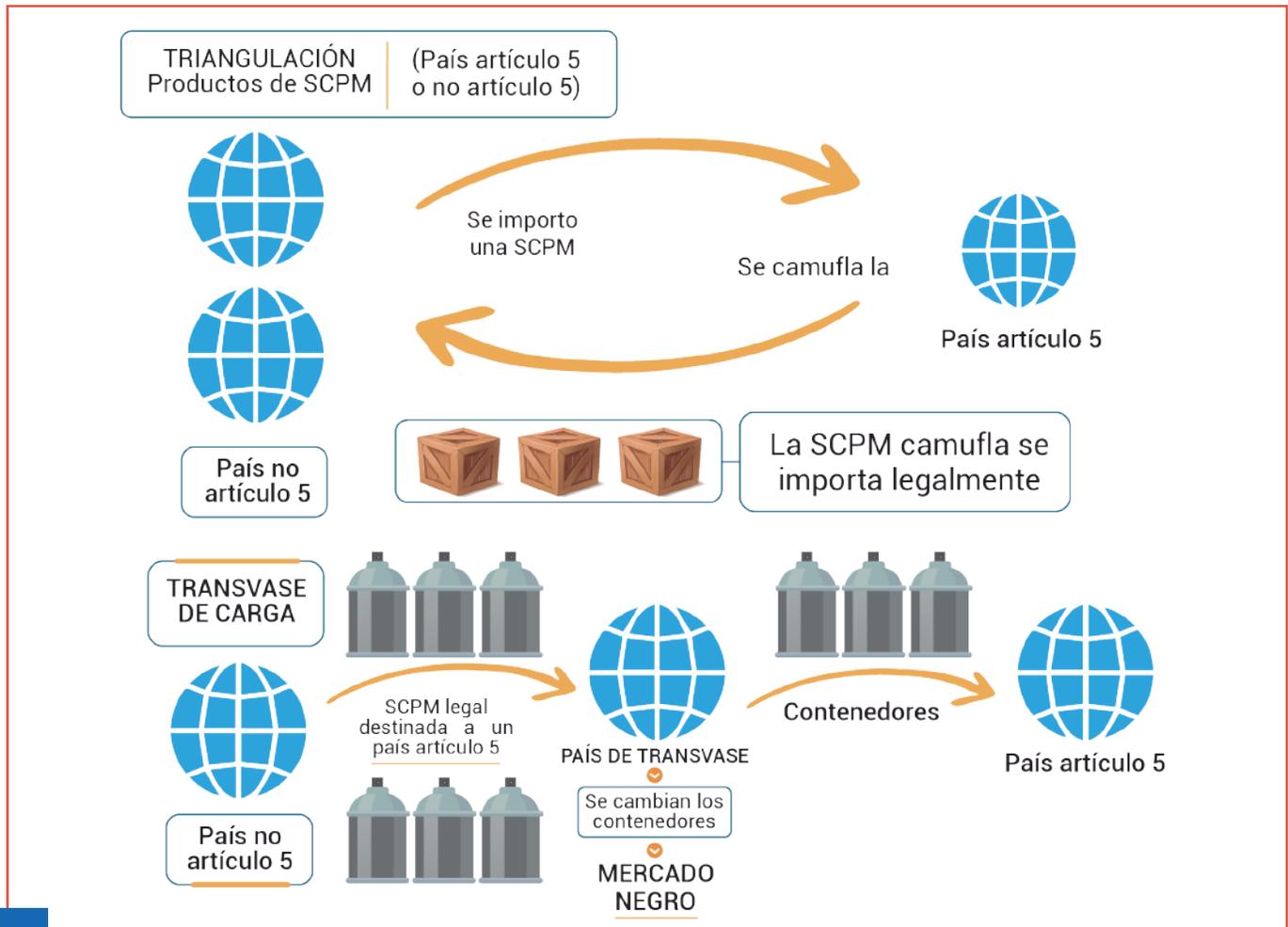
Fuente: tomado de *Overview of illegal trade in Ozone Depleting Substances* (p. 25), por Dr. E. Clark, Ozon Action UN Environment, 2018. Disponible en: https://www.ozonactionmeetings.org/system/files/03_overview_of_current_illegal_trade_trends_ways_of_conducting_illegal_trade.pdf

6.2.7. Desvío de SAO y HFC en los puertos de transbordo (mercancías en tránsito)

En los puertos de transbordo los recipientes de sustancias controladas pueden ser desviados y reemplazados por otros vacíos o su contenido puede ser extraído. Por lo anterior, los contenedores designados para el transbordo o para la exportación deben ser almacenados por separado en un área específicamente protegida para este propósito. Cualquier operación de transbordo de refrigerantes debería ser examinada y su contenido determinado con identificadores de refrigerantes.

Las SAO y HFC se exportan a mercados de países bajo el artículo 5 del Protocolo a través de países no incluidos en este. De esta manera se desvían a mercados internos del país de tránsito con documentación falsa. Igualmente, las sustancias producidas o importadas para su utilización como agentes en procesos químicos no se incluyen en la definición de producción o consumo del Protocolo. En consecuencia, los importadores y exportadores pueden efectuar declaraciones falsas en cuanto al uso final al que están destinados los productos. La figura 6.4 describe la triangulación y el transvase de la carga contenedora de SAO y HFC.

Figura 6.4. Triangulación y transvase de carga



Fuente: tomado de *Illegal Trade in Ozone Depleting Substances: Is there a hole in the Montreal Protocol?* (p.17), por United Nations Environment Programme, 2001. Disponible en: <https://www.greencustoms.org/sites/default/files/public/files/3617-e-oansupplement611legalTrade.pdf>

6.2.8. SAO y HFC declarada como equipo

Algunos equipos de refrigeración, compresores o piezas de automóviles son declarados sin considerar las sustancias controladas contenidas en su interior. A partir de esto, un método de contrabando más complejo se vale de declarar los bienes devueltos, cargando el equipo con SAO o HFC en los procesos de la exportación e importación de las reparaciones.

6.2.9. Mezclas contaminadas enviadas como SAO, HFC o sustitutos

En algunos países los refrigerantes recuperados (ya usados y extraídos de los equipos) que no se pueden regenerar, se almacenan en grandes cantidades, porque el envío de estos residuos para su destrucción requiere de mucho trabajo y es costoso. Por lo tanto, los dueños titulares de dichos refrigerantes contaminados pueden querer deshacerse de estos inapropiadamente. Esta situación puede incentivar a los contrabandistas a tomar la sustancia contaminada y depositarla en cilindros etiquetados como SAO o HFC, los cuales después son enviados a otros países con etiquetas falsas. Dicha práctica genera una gran preocupación no solo por su ilegalidad sino también por su peligrosidad; además, el equipo de RAC puede verse afectado cuando se carga con tales mezclas contaminadas.

Estos esquemas de contrabando subrayan la necesidad de una vigilancia constante y el fortalecimiento de las capacidades de control en las aduanas y otras entidades encargadas de la aplicación de las medidas de control establecidas. La capacitación continua, la cooperación internacional y el uso de tecnologías avanzadas son esenciales para combatir eficazmente el comercio ilegal de SAO y HFC.

6.3. INICIATIVAS INTERNACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DEL COMERCIO ILEGAL

Todos los países del mundo al hacer Parte del Protocolo de Montreal han desarrollado diferentes mecanismos para facilitar el monitoreo del comercio internacional de las sustancias controladas, entre otras acciones, las cuales se explican a continuación.

6.3.1. Decisiones del Protocolo de Montreal

Las Partes del Protocolo han acordado una serie de medidas y decisiones para analizar y prevenir el comercio ilegal de las sustancias controladas, incluyendo:

- **Decisión XIV/7 Párrafo 7:** Durante la catorceava Reunión de las Partes, se adoptó esta decisión, párrafo 7, por la cual se invita a las Partes del Protocolo de Montreal a informar a la Secretaría del Ozono los casos comprobados de comercio ilegal de SAO y HFC. Esto con el fin de facilitar la recopilación de información y difundirla entre las Partes, de tal manera que se puedan prevenir las actividades ilícitas relacionadas con las sustancias controladas.
- **Decisión XXXI/3 párrafo 5:** Adoptada en la trigésima primera Reunión de las Partes de 2019, esta decisión promueve la importancia de tomar medidas para identificar y prevenir la producción, importación, exportación y consumo ilegal de las sustancias controladas. Igualmente, exhorta a las Partes a que provean información a la Secretaría del Ozono sobre las medidas adoptadas al respecto para robustecer el intercambio de información.

6.3.2. iPIC – Mecanismo de consentimiento Fundamentado Previo Informal

Es un mecanismo voluntario e informal de intercambio de información sobre el comercio previsto entre países de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) e hidrofluorocarbonos (HFC), de mezclas y de equipos que los contienen. Funciona a través de una plataforma en línea, en el que interactúan los puntos focales o autoridades nacionales responsables de expedir licencias de importación y exportación.

Actualmente, iPIC es utilizada por más de cien países, cuyos gobiernos buscan fortalecer la implementación de las medidas de control para SAO y HFC. El acceso a la plataforma es limitado a las Unidades Nacionales de Ozono.

6.3.3. Aduanas Verdes

En el año 2004 surgió la iniciativa de Aduanas Verdes (Green Customs), la cual representa la asociación de entidades internacionales, que cooperan para tomar acciones en relación con el comercio ilegal de productos y sustancias de alto riesgo ambiental. Su objetivo es mejorar la capacidad de las aduanas y otros funcionarios de control fronterizo relevantes para monitorear y facilitar el comercio legal, al tiempo que se detecta y previene el comercio ilegal de productos básicos ambientalmente sensibles, los cuales son cubiertos por Acuerdos Ambientales Multilaterales (MEA) relacionados con el comercio y convenciones internacionales.

Los productos básicos que incluye esta iniciativa son las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), los HFC, productos químicos tóxicos, desechos peligrosos, especies en peligro de extinción y ciertos organismos vivos modificados. A través de la sensibilización de los acuerdos internacionales relevantes, la iniciativa Aduanas Verdes busca proporcionar asistencia y herramientas a las aduanas, de tal manera que pueda prevenir y reducir el comercio ilegal que afecte al medioambiente. La iniciativa está diseñada para complementar y mejorar los esfuerzos existentes de capacitación aduanera en el marco de los acuerdos respectivos. Así pues, promueve las siguientes acciones:

- **Consulta mutua:** sobre políticas y asuntos de interés común con el propósito de facilitar sus objetivos, desarrollar mandatos y coordinar actividades conjuntas para monitorear y facilitar el comercio legal. Igualmente, busca detectar y prevenir el comercio ilegal de productos básicos ambientalmente sensibles.
- **Representación recíproca:** cada parte designará un funcionario para actuar como punto de contacto con miras a asegurar la puesta en marcha de las actividades programadas y el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

- **Cooperación técnica:** que permita la aplicación de decisiones, regulaciones, y reglas sobre la materia, suministrar informaciones sobre sus experiencias y generar canales de comunicación que permitan compartir avances tecnológicos.
- **Aplicación efectiva de las medidas:** que implica reconocer los grupos de interés, implementar la legislación nacional para abordar el comercio ilegal, recopilar datos sobre el comercio y el uso de SAO y HFC. Además, involucra establecer sistemas de monitoreo y cumplimiento, a la par que se generan equipos de primera línea efectivos que permitan detectar el comercio ilegal de estas sustancias.
- **Reconocimiento:** a los países y sus agentes de aduanas por su labor en la prevención del tráfico ilegal de SAO y HFC, los cuales son otorgados periódicamente a partir de los resultados obtenidos.

La División de Tecnología, Industria y Economía del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la División de Convenciones Ambientales trabajan estrechamente con la Organización Mundial de Aduanas. Como resultado del trabajo conjunto de estas organizaciones se espera preparar y distribuir materiales de capacitación y publicaciones, las cuales sean de ayuda para incrementar la conciencia ambiental de las autoridades responsables de combatir el tráfico ilegal de especies en vía de extinción y el tráfico de sustancias y productos peligrosos.

Más información al respecto puede consultarse en los siguientes enlaces:

<https://www.unep.org/explore-topics/environmental-governance/what-we-do/strengthening-institutions/green-customs> y <https://www.greencustoms.org>

6.4. INICIATIVAS NACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DEL COMERCIO ILEGAL

En Colombia, se han trabajado diferentes iniciativas para la prevención del comercio ilegal de las SAO y HFC, de acuerdo con los lineamientos del Protocolo de Montreal y con el apoyo del Fondo Multilateral. A continuación, se describen estas iniciativas:

6.4.1. Coordinación Institucional

Para alcanzar las metas de reducción y eliminación de SAO y HFC acordadas entre el gobierno nacional y el Protocolo de Montreal, es indispensable contar con la participación y apoyo de diferentes instituciones del orden nacional, las cuales son aliadas estratégicas. Así pues, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Unidad Técnica Ozono (UTO), ha trabajado en la articulación normativa y procedimental con las siguientes instituciones: el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), el cual provee lineamientos,

requerimientos y mecanismos para el comercio de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal; la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), que se encarga de controlar el comercio en las aduanas y su seguimiento posterior; la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA); el Ministerio de Salud y Protección Social; el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA); el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Interpol Colombia; entre otros. Poder trabajar con estas instituciones en diferentes procesos ha permitido desarrollar diferentes reglamentaciones para el comercio de las SAO y HFC y la prevención de actividades ilícitas relacionadas con estas sustancias.

6.4.2. Capacitación del personal de aduanas y otras entidades

Desde la UTO se llevan a cabo jornadas de sensibilización y capacitación técnica con las diferentes entidades y actores involucrados en las actividades de control de comercio. Esto con el objetivo de asegurar la comprensión de la problemática ambiental asociada a las SAO y HFC, y el entendimiento de las medidas de control establecidas en la legislación colombiana en el marco del Protocolo de Montreal.

Adicionalmente, a través del diseño de manuales, material de divulgación, cursos virtuales, talleres regionales, entre otras, se busca mantener actualizados los conocimientos en la materia y capacitar a nuevo personal. Todo ello ha permitido a través de la coordinación interinstitucional mejorar continuamente los controles implementados y las medidas de prevención en el comercio ilegal de las SAO y HFC.

6.4.3. Dotación de laboratorios y aduanas

La DIAN, a nivel central y en sus seccionales, ha venido fortaleciendo sus capacidades en control del comercio mediante la puesta en marcha de laboratorios con equipos de última tecnología, los cuales permiten identificar las sustancias controladas por el Protocolo por cromatografía. Asimismo, desde la UTO se han entregado a diferentes seccionales equipos identificadores portátiles de SAO y HFC que facilitan el control en la aduana.

6.4.4. Coordinación internacional

Colombia participa activamente en foros internacionales para intercambiar información sobre el comercio de SAO y HFC, reportar los casos de comercio ilegal y colaborar en estrategias de control. De la misma manera, participa en iniciativas como operaciones de interceptación de contrabando y en los espacios donde se discuten y adoptan medidas para fortalecer el control del comercio ilegal de las sustancias controladas.

6.4.5. Seguimiento al comercio local

La UTO realiza visitas a establecimientos que comercializan gases refrigerantes con el fin de realizar un seguimiento al comportamiento del mercado local. Así, es posible mantener un

monitoreo de las marcas comercializadas y los precios para alimentar una base de datos que permite analizar y evaluar diferentes aspectos y tendencias del comercio local de estas sustancias.

Las visitas, adicionalmente, tienen el propósito de socializar los avances en la implementación del Protocolo de Montreal y los calendarios de reducción y eliminación. Brindando información técnica sobre cómo identificar adecuadamente las diferentes sustancias controladas, como acceder a los diferentes espacios de capacitación y el manejo seguro de las sustancias controladas.

6.5. CASOS DE COMERCIO ILEGAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

La Secretaría del Ozono recopila y difunde información sobre casos de comercio ilegal reportados por las Partes del Protocolo de Montreal (ver numeral 6.3.1). Estos datos están disponibles en su página web: <https://ozone.unep.org/countries/additional-reported-information/illegal-trade>.

Casos de comercio ilegal de sustancias controladas en EE. UU.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos ha documentado algunos casos de personas condenadas por comprar o participar en procesos de contrabando de sustancias controladas como CFC/HCFC. Algunos de ellos son presentados a continuación:

- **Caso 1:** el presidente de una empresa de distribución de refrigerantes en Florida se declaró culpable de los cargos por importar ilegalmente más de 8 millones de libras de CFC a los EE. UU. bajo la modalidad de subfacturación y etiquetas falsas. Los procesos legales generaron los siguientes resultados: i. El presidente fue condenado a 37 meses de prisión y tres años de libertad supervisada, recibió una multa de USD\$375000 y la confiscación de alrededor de USD\$13 millones en activos; ii. La empresa fue sentenciada a pagar una multa de más de USD\$37 millones y se determinó su responsabilidad potencial en más de USD\$31 millones en impuestos atrasados ante la entidad correspondiente; iii. El contador de la empresa también fue multado; y iv. El director financiero de la empresa recibió una multa y una sentencia de prisión de 30 días.
- **Caso 2:** tres hombres fueron arrestados durante dos operaciones encubiertas cuando intentaron comprar CFC que se vendían como importaciones ilegales a través de subfacturación o camuflaje. Los resultados del proceso fueron los siguientes: i. Un hombre fue condenado bajo el cargo de realización de una declaración falsa al Servicio de Aduanas de los EE. UU., por lo cual fue sentenciado a seis meses de arresto domiciliario, tres años de libertad condicional, recibió una multa de USD\$10000, se le confiscaron USD\$112000, además de sus posesiones personales utilizadas en el crimen, incautadas

durante el arresto; ii. Las otras dos personas fueron condenados por cargos de conspiración y por violar la Ley del Aire Limpio. En el momento de su arresto, se incautaron y decomisaron USD\$125200 y un vehículo, estas personas fueron sentenciadas a tres años de libertad condicional y 240 horas de servicio comunitario. Uno de ellos fue multado con USD\$1500.

- **Caso 3:** el presidente de una empresa importadora de la Florida se declaró culpable por cargos de importación ilegal de HCFC-22 y por no cumplir con la Ley de Aire Limpio utilizando el mecanismo de subfacturación. Como resultado de ello: i. El presidente fue condenado a 30 meses de prisión y tres años de libertad supervisada; ii. Un segundo acusado, quien se declaró culpable de los cargos de hacer afirmaciones y declaraciones falsas en los formularios de entrada al país para enmascarar la mercancía ilegal que se estaba importando, fue sentenciado conjunta y solidariamente a pagar una multa de USD\$40000; iv. A la empresa se le ordenó entregar alrededor de USD\$1.3 millones al gobierno de los Estados Unidos.

Caso de comercio ilegal utilizando etiquetas falsas en contenedores a granel en Pakistán

A mediados de octubre de 2018, las autoridades aduaneras de Pakistán confiscaron 18000 kilogramos del refrigerante HCFC-22 de contrabando en el puerto de Karachi. El cargamento había sido importado como HFC-32. Sin embargo, cuando los agentes de aduana lo inspeccionaron, notaron inconsistencias que sugerían la posibilidad de que el tanque del contenedor a granel se hubiera reportado como una sustancia diferente a la de su contenido. Así pues, luego de determinarse que el cargamento podría estar identificado con etiquetas adhesivas falsas de HFC-32, los agentes escanearon el contenedor y encontraron que las lecturas de temperatura y presión en el tanque no correspondían al refrigerante HFC-32. Por ello, las autoridades tomaron y analizaron una muestra, que confirmó la presencia de HCFC-22. El oficial de aduanas que realizó la inspección había sido capacitado sobre comercio ilegal de las sustancias controladas por parte del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Ejemplo de las ganancias monetarias del comercio ilegal en España

La Guardia Civil española descubrió una empresa y un grupo del crimen organizado involucrados en la exportación ilegal de SAO y HFC con etiquetas falsas. La investigación reveló que dicha empresa, con su base de operaciones en Valencia, estuvo involucrada en el contrabando de diez toneladas de gas refrigerante R-22 sin una licencia legal. Se estima que la operación generó entre 500000 y 1 millón de euros en ganancias para la banda criminal.

La policía inició sus investigaciones en 2017 cuando se informó al Ministerio de Medio Ambiente de España sobre la presunta exportación ilegal de gas R-22 a Panamá. La investigación reveló que la empresa empacaba nuevamente líquidos refrigerantes R-22 que deberían haber sido clasificados como desechos peligrosos. Esto llevó a que alrededor de 10000 kg de gas R-22 se comercializaran ilegalmente como gas regenerado. De acuerdo con la indagación, las diez toneladas de gas exportado ilegalmente habrían liberado 17000 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Casos de comercio ilegal de SAO y HFC en Colombia

En Colombia, se han detectado varios casos de comercio ilegal, lo que ha ayudado a mejorar los controles. Algunos casos presentados en los últimos años son:

Durante una operación en carretera, la Policía Fiscal y Aduanera detuvo una camioneta de reparto que llevaba 52,3 toneladas de gas refrigerante HFC-134a en latas. El cargamento fue aprehendido porque no tenía los documentos que probaran que fue importado legalmente.

En otro caso, en una inspección de control posterior en comercios se encontró un cargamento de HFC-410A, la empresa que lo importaba no tenía los permisos previos establecidos en la normatividad colombiana: ni licencia ambiental, ni los tramites requeridos a través de la VUCE.

También se logró evitar la entrada ilegal de 4,6 toneladas de HCFC-22 gracias a la cooperación internacional en marco del Mecanismo del Consentimiento Fundamentado Previo Informal (iPIC). Una empresa intentó importar esta sustancia desde China usando documentos falsos (licencia ambiental adulterada) ante la Oficina Nacional de Gestión de Importación y Exportación de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono de China. Este caso sigue bajo investigación por las autoridades colombianas.

6.6. LECCIONES APRENDIDAS DEL COMERCIO ILEGAL DE LAS SAO Y HFC

Los principales retos para el control del comercio ilegal de las SAO y HFC son: i. El control del comercio ilegal de estas sustancias implica generar instrumentos y programas que promuevan la prevención y vigilancia de su comercio; ii. Promover un mayor seguimiento y prevención del comercio ilegal de estas sustancias; iii. Definir un sistema de multas o sanciones que desincentive el tráfico ilegal; v. Diseñar y aplicar lineamientos y requisitos para la recopilación precisa de datos de importación y exportación en un contexto complejo y en constante cambio (mezclas, ajustes, etc.), entre otros.

El trabajo conjunto entre las aduanas y diferentes instituciones, así como la cooperación internacional ha permitido evidenciar resultados positivos en el control del comercio ilegal de las sustancias reguladas. Iniciativas específicas como la operación DEMETER, operación liderada por la Organización Mundial de Aduanas (OMA), en 2022, contó con la participación de 90 administraciones de aduanas y consiguió interceptar 25 toneladas de SAO y HFC. Para ello se valió de indicadores de riesgo, los cuales permitieron concentrarse en rutas y puntos críticos pre-identificados. De tal manera, demostró que la cooperación entre organismos y países, junto al equipamiento y fortalecimiento de las aduanas, son fundamentales para en la lucha contra el comercio ilegal de las SAO y los HFC; sin este tipo de trabajo mancomunado es difícil mantener los resultados obtenidos por la implementación del Protocolo de Montreal.

Es indudable que el comercio ilícito en todas las SAO y HFC seguirá siendo motivo de preocupación para el país, en particular teniendo en cuenta las medidas de restricción actualmente establecidas para los HCFC y las que se establecerán para los HFC a partir de 2024. Existen mecanismos de prevención del comercio ilícito, pero su control resulta difícil y complejo, debido a las inversiones que se requieren en recursos y herramientas aduaneras, en capacitación, infraestructura, tecnología y equipos.

La capacitación al personal de las oficinas de aduana y la vigilancia en los cruces de frontera ha sido fundamental en la prevención y control del comercio ilegal de las SAO y HFC. Además, dotar a las agencias aduaneras de infraestructura, equipos y tecnologías es una buena estrategia para controlar efectivamente y detectar a tiempo las sustancias. Esto teniendo en cuenta que el comercio ilegal emplea mecanismos complejos, que son difíciles de detectar en muchos casos sino se cuenta con las competencias y conocimientos pertinentes.

Las oficinas nacionales de ozono en colaboración con las diferentes entidades involucradas en el control de comercio deben tomar las medidas necesarias para hacer frente a estos riesgos a través de las siguientes estrategias:

- Coordinar con los fabricantes de equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC) para proporcionar la información necesaria a sus distribuidores.
- Coordinar con los importadores y distribuidores de refrigerante para llevar a cabo controles periódicos de estos en el mercado y para informar a los clientes sobre el tema.
- Estar atentos al inspeccionar cilindros de refrigerantes y hacer uso de identificadores de refrigerantes u otros métodos de comprobación (véase el módulo 5 de este manual) para verificar su nivel de pureza.
- Coordinar con las asociaciones de técnicos de refrigeración para informar a sus miembros.
- Difundir la información a los medios de comunicación, en particular aquellos que participan en los sectores que emplean sustancias controladas por el Protocolo de Montreal con el alcance de la información a las partes interesadas.
- Fortalecer permanentemente las capacidades nacionales.

En Colombia se ha logrado una coordinación interinstitucional efectiva que ha permitido desarrollar diferentes mecanismos de acuerdo con el alcance de cada institución competente, a partir de la documentación, verificación y soporte de los procesos de importación y exportación de las SAO y HFC junto con los equipos que las contienen. Esto ha sido fundamental en el control preventivo del comercio ilegal de estas sustancias.

Los mecanismos de seguimiento y control establecidos en el país han facilitado identificar y cerrar rutas de contrabando en operaciones que han permitido acceder a información sobre los precios en este mercado. Además, las visitas periódicas a los grupos involucrados en el comercio de SAO y HFC como usuarios e importadores de estas sustancias ha permitido conocer sus procesos de operación y establecer mecanismos para prevenir el comercio ilegal.

Finalmente, se puede afirmar que Colombia ha logrado canales de comunicación efectivos a nivel internacional, mediante los cuales contribuye al intercambio de información y a identificar oportunidades de mejora para trabajar conjuntamente en estrategias que permitan fortalecer sus capacidades. Esto es evidencia de su compromiso por cumplir los acuerdos establecidos en el Protocolo de Montreal.

AUTOEVALUACIÓN: CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Módulo 6: Prevención del comercio ilegal de las Sustancias Controladas por el Protocolo de Montreal

A partir de los conceptos vistos en el módulo 6 responda las siguientes preguntas que le permitirán evaluar su aprendizaje durante el módulo.

1. Enumere tres sustancias que se comercializan ilegalmente, explicando sus características.

Sustancia	Características

2. Enumere tres consecuencias del comercio ilegal de las SAO y HFC.

3. Indique tres acciones que promueven las aduanas verdes.

4. Describa un caso de comercio ilegal de una SAO o HFC indicando que lecciones aprendidas genera esta situación.

4. Existen diferentes esquemas de comercio ilegal de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal, por favor identifique y complete la que corresponde:

_____ : Las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal se pueden comercializar de forma ilegal poniendo en los envases etiquetas que utilizan otros nombres, o con modificaciones que pueden pasar inadvertidas, identificando los envases o embalajes con otras etiquetas, o alterando las reales.

_____ : Cuando se movilizan SAO a través de fronteras sin control aduanero, las cuales son parte de las rutas de contrabando tradicionalmente usadas para otro tipo de transporte ilegal como el tráfico de drogas, o cuando las sustancias se movilizan con etiquetas y códigos aduaneros correctos, a pesar de no contar con los permisos requeridos para estas.

_____ : Consiste en modificar las propiedades organolépticas de las SAO y HFC para aparentar que son otras sustancias no controladas. En algunos casos se ha agregado nitrógeno a los cilindros con el fin de elevar la temperatura interna de una sustancia ilegal, de tal manera que llegue al nivel de una SAO o HFC.

_____ : Los refrigerantes con o sin sustancias controladas por el Protocolo de Montreal tomados de los equipos están a menudo tan contaminados que su reciclaje o recuperación es imposible. Este es el caso específico de los refrigerantes recuperados que resultan ser una mezcla de composición desconocida cuando se aplican procesos de drop-in a los equipos durante su mantenimiento.

_____ : Las SAO y HFC pueden venir en los compartimientos naturales de las unidades de cargas o de transporte de mercancías, es decir, en lugares no convencionales de barcos, automóviles o camiones. Además, se disfrazan como sustancias no reguladas.

REFERENCIAS

- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., y Van Dorland, R. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. (pp. 130-234) in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis *et al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

- Hegglin, M., Fahey, D., McFarland, S., Montzka y Nash, E. (2015). *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

- National Research Council (US) Subcommittee on Exposure Guidance Levels for Selected Hydrofluorocarbons. (2000). *Submarine Exposure Guidance Levels for Selected Hydrofluorocarbons: HFC-236fa, HFC-23, and HFC-404a*. National Academies Press (US). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25077266/>

- ONUDI (2021). The Montreal Protocol evolves to fight climate change. (n.d.). Recuperado el 24/03/2021 de <https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-implementation-multilateral-environmental-agreements-montreal-protocol/montreal-protocol-evolves-fight-climate-change>

- Salawitch, R., Fahey, D., Hegglin, M., McBride, L., Tribett, W. y Doherty, S. (2018). *Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2018 Update, Scientific Assessment of Ozone Depletion*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2019.

- Woolf, A. (1993). Interconversion of ASHRAE Refrigerant Numbers and Chemical Compositions. *Journal of Chemical Education*, 70, 1-35.

- Young, P. J., Harper, A. B. y Huntingford, C. *et al.* (2021). The Montreal Protocol protects the terrestrial carbon sink. *Nature* 596, 384–388.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

- **Anexo 1** Sustancias controladas por el Protocolo de Montreal y sus identificadores
- **Anexo 2** Mezclas que contienen SAO y HFC y su composición
- **Anexo 3** Herramienta rápida para detectar SAO y HFC
- **Anexo 4** Tabla de relación de presión y temperatura de gases refrigerantes
- **Anexo 5** Guía de operación del equipo analizador de gases refrigerantes

Anexo 1. SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y SUS IDENTIFICADORES

ANEXO Y GRUPO / NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NOMBRE QUÍMICO	NO. ASHRAE	PAO - POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO*	PCA - POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO
Anexo A Grupo I				
CFC-11	Triclorofluorometano	R-11	1.0	4750
CFC-12	Diclorodifluorometano	R-12	1.0	10900
CFC-113	Triclorotrifluoroetanos	R-113	0.8	6130
CFC-113a	Clorofluorocarburos	R-113a	0.8	3750
CFC-114	Diclorotetrafluoroetanos	R-114	1.0	10000
CFC-114a	Clorofluorocarburos	R-114a	1.0	6670
CFC-115	Cloropentafluoroetano	R-115	0.6	7370
Anexo A Grupo II				
Halon-1011	Bromoclorometano	R-1011	0.12	4.7
Halon-1211	Bromoclorodifluorometano	R-12B1	3	1750
Halon-1301	Bromotrifluorometano	R-13B1	10	6670
Halon-2402	Dibromotetrafluoroetano	R-114B2	6	2030
Anexo B Grupo I				
CFC-13	Clorotrifluorometano	R-13	1.0	13900
CFC-111	Pentaclorofluoroetano	R-111	1.0	
CFC-112	Tetraclorodifluoroetano	R-112	1.0	4370
CFC-112A	1,1,1,2-Tetracloro-2,2-difluoroetano	R-112a	1.0	3455
CFC-211	Heptaclorofluoropropano	R-211	1.0	
CFC-212	Hexaclorodifluoropropano	R-212	1.0	
CFC-213	Pentaclorotrifluoropropano	R-213	1.0	
CFC-214	Tetraclorotetrafluoropropano	R-214	1.0	
CFC-215	Tricloropentafluoropropano	R-215	1.0	
CFC-216	Diclorohexafluoropropano	R-216	1.0	
CFC-217	Cloroheptafluoropropano	R-217	1.0	

ANEXO Y GRUPO / NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NOMBRE QUÍMICO	NO. ASHRAE	PAO - POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO*	PCA - POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO
Anexo B Grupo II				
CTC	Tetracloruro de carbono		1.1	2110
Anexo B Grupo III				
1,1,1-Tricloroetano	1,1,1-Tricloroetano	R-140a	0.1	153
Anexo C Grupo I				
HCFC-21	Diclorofluorometano	R-21	0.04	151
HCFC-22	Clorodifluorometano	R-22	0.055	1810
HCFC-31	Clorofluorometano	R-31	0.02	65
HCFC-121	Tetraclorofluoroetano	R-121	0.04	65
HCFC-122	Triclorodifluoroetanos	R-122	0.08	60
HCFC-123	Diclorotrifluoroetanos	R-123	0.02	60
HCFC-123	2,2-dicloro-1,1,1- trifluoroetano	R-123	0.02	77
HCFC-124	Clorotetrafluoroetanos	R-124	0.022	609
HCFC-124	2-cloro-1,1,1,2- tetrafluoroetano	R-124	0.022	
HCFC-131	Triclorofluoroetanos	R-131	0.05	30
HCFC-132	Diclorodifluoroetanos	R-132	0.05	120
HCFC-133	Clorotrifluoroetanos	R-133	0.06	275
HCFC-141	Diclorofluoroetanos	R-141	0.07	725
HCFC-141b	1,1-dicloro-1-fluoroetano	R-141b	0.11	725
HCFC-142	Clorodifluoroetanos	R-142	0.07	2310
HCFC-142b	1-cloro-1,1-difluoroetano	R-142b	0.065	2310
HCFC-151	Clorofluoroetanos	R-151	0.005	10
HCFC-221	Hexaclorofluoropropanos	R-221	0.07	38-180
HCFC-222	Pentaclorodifluoropropanos	R-222	0.09	56-500
HCFC-223	Tetraclorotrifluoropropanos	R-223	0.08	56-695
HCFC-224	Triclorotetrafluoropropanos	R-224	0.09	89-1010
HCFC-225	Dicloropentafluoropropanos	R-225	0.07	127-1560

ANEXO 1

SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y SUS IDENTIFICADORES

ANEXO Y GRUPO / NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NOMBRE QUÍMICO	NO. ASHRAE	PAO - POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO*	PCA - POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO
HCFC- 225ca	1,1-dicloro-2,2,3,3,3- pentafluoropropano	R-225ca	0.025	122
HCFC- 225cb	1,3-dicloro-1,2,2,3,3- pentafluoropropano	R-225cb	0.033	595
HCFC-226	Clorohexafluoropropanos	R-226	0.1	465-2455
HCFC-231	Pentaclorofluoropropanos	R-231	0.09	19-350
HCFC-232	Tetraclorodifluoropropanos	R-232	0.1	95-2255
HCFC-233	Triclorotrifluoropropanos	R-233	0.23	38-1495
HCFC-234	Diclorotetrafluoropropanos	R-234	0.28	55-3490
HCFC-235	Cloropentafluoropropanos	R-235	0.52	375-5320
HCFC-241	Tetraclorofluoropropanos	R-241	0.09	10-450
HCFC-242	Triclorodifluoropropanos	R-242	0.13	29-1025
HCFC-243	Diclorotrifluoropropanos	R-243	0.12	34-2060
HCFC-244	Clorotetrafluoropropanos	R-244	0.14	125-3360
HCFC-251	Triclorotetrafluoropropanos	R-251	0.01	
HCFC-252	Diclorodifluoropropanos	R-252	0.04	24-275
HCFC-253	Clorotrifluoropropanos	R-253	0.03	56-665
HCFC-261	Diclorofluoropropanos	R-261	0.02	84
HCFC-262	Clorodifluoropropanos	R-262	0.02	28-227
HCFC-271	Clorofluoropropanos	R-271	0.03	5-340
Anexo C Grupo II				
	CHFBr2	R-21B2	1.00	
	CHF2Br	R-22B1	0.74	
	CH2FBr	R-31B1	0.73	
	C2HFBr4		0.3-0.8	
	C2HF2Br3		0.5-1.8	
	C2HF3Br2		0.4-1.6	
	C2HF4Br		0.7-1.2	
	C2H2FBr3		0.1-1.1	

ANEXO Y GRUPO / NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NOMBRE QUÍMICO	NO. ASHRAE	PAO - POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO*	PCA - POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO
	C2H2F2Br2		0.2-1.5	
	C2H2F3Br		0.7-1.6	
	C2H3FBr2		0.1-1.7	
	C2H3F2Br		0.2-1.1	
	C2H4FBr		0.07-0.1	
	C3HFBr6		0.3-1.5	
	C3HF2Br5		0.2-1.9	
	C3HF3Br4		0.3-1.8	
	C3HF4Br3		0.5-2.2	
	C3HF5Br2		0.9-2.0	
	C3HF6Br		0.7-3.3	
	C3H2FBr5		0.1-1.9	
	C3H2F2Br4		0.2-2.1	
	C3H2F3Br3		0.2-5.6	
	C3H2F4Br2		0.3-7.5	
	C3H2F5Br		0.9-14.0	
	C3H3FBr4		0.08-1.9	
	C3H3F2Br3		0.1-3.1	
	C3H3F3Br2		0.1-2.5	
	C3H3F4Br		0.3-4.4	
	C3H4FBr3		0.03-0.3	
	C3H4F2Br2		0.1-1.0	
	C3H4F3Br		0.07-0.8	
	C3H5FBr2		0.04-0.4	
	C3H5F2Br		0.07-0.8	
	C3H6FBr		0.02-0.7	

ANEXO 1

SUSTANCIAS CONTROLADAS POR EL PROTOCOLO DE MONTREAL Y SUS IDENTIFICADORES

ANEXO Y GRUPO / NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NOMBRE QUÍMICO	NO. ASHRAE	PAO - POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO*	PCA - POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO
Anexo C Grupo III				
Clorobromuro de metileno	Bromoclorometano		0.12	
Anexo E Grupo I				
Bromuro de metilo	Bromuro de metilo/metilbromuro		0.6	5
Anexo F Grupo I				
HFC-134	1,1,2,2-Tetrafluoroetano	R-134	0	1100
HFC-134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	R-134a	0	1260
HFC-143	1,1,2-Trifluoroetano	R-143	0	353
HFC-245fa	1,1,1,3,3-Pentafluoropropano	R-245fa	0	1030
HFC-365mfc	1,1,1,3,3-Pentafluorobutano	R-365mfc	0	794
HFC-227ea	1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropano	R-227ea	0	3220
HFC-236cb	1,1,1,2,2,3-hexafluoropropano	R-236cb	0	1340
HFC-236ea	1,1,1,2,3,3-hexafluoropropano	R-236ea	0	1370
HFC-236fa	1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano	R-236fa	0	9810
HFC-245ca	1,1,2,2,3-pentafluoropropano	R-245ca	0	693
HFC-43-10mee	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-decafluoropentano	R-43-10mee	0	1640
HFC-32	Difluorometano	R-32	0	675
HFC-125	Pentafluoroetano	R-125	0	3500
HFC-143a	1,1,1-trifluoroetano	R-143a	0	4470
HFC-41	Fluorometano	R-41	0	92
HFC-152	1,2 -difluoroetano	R-152	0	53
Anexo F Grupo II				
HFC-23	Trifluorometano	R-23	0	14800

Esta lista contiene las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal, fue recopilada empleando el “Manual de los Tratados Internacionales para la Protección de la Capa de Ozono” del PNUMA, la “Norma ASHRAE 34-1997” con su última actualización sobre designación de número y clasificación de los refrigerantes de acuerdo con la seguridad; entre otras fuentes.

Los diferentes datos informativos que aparecen en las etiquetas, como por ejemplo fórmulas, números ASHRAE para refrigerantes, números CAS, números NU, códigos SA, asignación de colores AHRI para recipientes de refrigerantes y grupo de seguridad ASHRAE, se pueden consultar en el anexo 6.

Notas:

- * Para los efectos del Protocolo se utilizará el valor más alto una gama PAO indicada. Los PAO enumerados como un valor único se determinaron a partir de cálculos basados en mediciones de laboratorio. Los enumerados como una gama se basan en estimaciones y, por consiguiente, tienen un grado mayor de incertidumbre. La gama comprende un grupo isomérico. El valor superior es la estimación del PAO del isómero con el PAO más elevado y el valor inferior es la estimación del PAO del isómero con el PAO más bajo.
- *** En el caso de las sustancias para las que no se indica el PCA, se aplicará por defecto el valor 0 hasta cuando se incluya un valor de PCA mediante el procedimiento previsto en el párrafo 9 a) ii) del artículo 2 del Protocolo de Montreal.

Anexo 2. MEZCLAS QUE CONTIENEN SAO Y HFC Y SU COMPOSICIÓN

REFRIGERANTE (NOMBRE COMERCIAL O ASHRAE)	COMPONENTE 1		COMPONENTE 2		COMPONENTE 3		COMPONENTE 4		COMPONENTE 5		PAO	PCA
R401a (MP 39)	HCFC-22	53,0%	HFC-152a	13,0%	HCFC-124	34,0%					0.03663	1182.48
R401b (MP 66)	HCFC-22	61,0%	HFC-152a	11,0%	HCFC-124	28,0%					0.03971	1288.26
R401c (MP 52)	HCFC-22	33,0%	HFC-152a	15,0%	HCFC-124	52,0%					0.02959	932.58
R402a (HP 80)	HFC-125	60,0%	HC-290	2,0%	HCFC-22	38,0%					0.0209	2787.82
R402b (HP 81)	HFC-125	38,0%	HC-290	2,0%	HCFC-22	60,0%					0.033	2416.02
R403a (69S)	HC-290	5,0%	HCFC-22	75,0%	FC-218	20,0%					0.04125	3137.55
R403b (69L)	HC-290	5,0%	HCFC-22	56,0%	FC-218	39,0%					0.0308	4484.65
R-404A	R-125	44,0%	HFC-143a	52,0%	R-134a	4,0%					0	3921.6
R405a (G2015)	HCFC-22	45,0%	HFC-152b	5,5%	R-152a	7,0%	PFC-C318	43%			0.0286	5004.73
R406a (GHG-12)	HCFC-22	55,0%	HC-600a	4,0%	HCFC-142b	41,0%					0.0569	1942.64
R406B	HCFC-22	65,0%	HC-600a	4,0%	HCFC-142b	31,0%					0.05745	1892.64
R-407A	R-32	20,0%	R-125	40,0%	R-134a	40,0%					0	2107
R-407B	R-32	10,0%	R-125	70,0%	R-134a	20,0%					0	2803.5
R-407C	R-32	23,0%	R-125	25,0%	R-134a	52,0%					0	1773.85
R-407D	R-32	15,0%	R-125	15,0%	R-134a	70,0%					0	1627.25
R-407E	R-32	25,0%	R-125	15,0%	R-134a	60,0%					0	1551.75
R-407F	R-32	30,0%	R-125	30,0%	R-134a	40,0%					0	1824.5
R-407G	R-32	2,5%	R-125	2,5%	R-134a	95,0%					0	1462875
R-407H	R-32	32,5%	R-125	15,0%	R-134a	52,5%					0	1495125
R-407I	R-32	19,5%	R-125	8,5%	R-134a	72,0%					0	1458725
R408a (FX55)	R-125	7,0%	HFC-143a	46,0%	HCFC-22	47,0%					0.02585	3151.9
R409a (FX56)	HCFC-22	60,0%	HCFC-124	25,0%	HCFC-142b	15,0%					0.04825	1584.75
R409b (FX 57)	HCFC-22	65,0%	HCFC-124	25,0%	HCFC-142b	10,0%					0.04775	1559.75
R-410A	R-32	50,0%	R-125	50,0%							0	2087.5
R-410B	R-32	45,0%	R-125	55,0%							0	2228.75
R411a (G2018A)	HC-1270	1,5%	HCFC-22	87,5%	HFC-152a	11,0%					0.048125	15974.05
R411b (G2018B)	HC-1270	3,0%	HCFC-22	94,0%	HFC-152a	3,0%					0.0517	1705.15
R411C	HC-1270	3,0%	HCFC-22	95,5%	HFC-152a	1,5%					0.052525	1730.44
R412a (TP5R)	HCFC-22	70,0%	FC-218	5,0%	HCFC-142b	25,0%					0.05475	2289.5
R-413A	R218	9,0%	R-134a	88,0%	R-600a	3,0%					0	2059.43
R414A	HCFC-22	51,0%	HCFC-124	28,5%	HCFC-142b	16,5%	HC-600a	4%			0.045045	1477855
R414b (Hotshot)	HCFC-22	50,0%	HCFC-124	39,0%	HCFC-142b	9,5%	HC-600a	2%			0.042255	1361975

FORTALECIMIENTO AL CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS LISTADAS EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL
DOCUMENTO TÉCNICO DIRIGIDO A SERVIDORES PÚBLICOS DE ADUANAS Y OTRAS AUTORIDADES DE CONTROL

REFRIGERANTE (NOMBRE COMERCIAL O ASHRAE)	COMPONENTE 1		COMPONENTE 2		COMPONENTE 3		COMPONENTE 4		COMPONENTE 5		PAO	PCA
R-415A	R-22	82,0%	R-152a	18,0%							0,0451	1506,52
R-415B	R-22	25,0%	R-152a	75,0%							0,01375	545,5
R-416A	R-134a	59,0%	R-124	39,5%	R-600	1,5%					0,00869	1084,27
R-417A	R-125	46,6%	R-134a	50,0%	R-600	3,4%					0	2346034
R-417B	R-125	79,0%	R-134a	18,3%	R-600	2,7%					0	3026717
R-417C	R-125	19,5%	R-134a	78,8%	R-600	1,7%					0	1809357
R-418A	R-290	1,5%	R-22	96,0%	R-152a	2,5%					0,0528	1740715
R-419A	R-125	77,0%	R-134a	19,0%	R-E170	4,0%					0	2966,74
R-419B	R-125	48,5%	R-134a	48,0%	R-E170	3,5%					0	2383935
R-420A	R-134a	88,0%	R-142b	12,0%							0,0078	1535,6
R-421A	R-125	58,0%	R-134a	42,0%							0	2630,6
R-421B	R-125	85,0%	R-134a	15,0%							0	3189,5
R-422A	R-125	85,1%	R-134a	11,5%	R-600a	3,4%					0	3142,984
R-422B	R-125	55,0%	R-134a	42,0%	R-600a	3,0%					0	2525,63
R-422C	R-125	82,0%	R-134a	15,0%	R-600a	3,0%					0	3084,53
R-422D	R-125	65,1%	R-134a	31,5%	R-600a	3,4%					0	2728984
R-422E	R-125	58,0%	R-134a	39,3%	R-600a	2,7%					0	2592017
R-423A	134a	52,5%	R-227ea	47,5%							0	2280,25
R-424A	R-125	50,5%	R-134a	47,0%	R-600a	0,9%	R-600	1,0%	R-601a	0,6%	0	2439,6
R-425A	R-32	18,5%	R-134a	69,5%	R-227ea	12,0%					0	1505,125
R-426A	R-125	5,1%	R-134a	93,0%	R-60	1,3%	R-601a	0,6%			0	1508419
R-427A	R-32	15,0%	R-125	25,0%	HFC-143a	10,0%	R-134a	50,0%			0	2138,25
R-428A	R-125	77,5%	HFC-143a	20,0%	R-290	0,6%	R-600a	1,9%			0	3606525
R-429A	R-E170	60,0%	R-152a	10,0%	R-600a	30,0%					0	13,3
R-430A	R-152a	76,0%	R-600a	24,0%							0	94,48
R-431A	R-290	71,0%	R-152a	29,0%							0	36,67
R-434A	R-125	63,2%	HFC-143a	18,0%	R-134a	16,0%	R-600a	2,8%			0	3245428
R-437A	R-125	19,5%	HFC-143a	78,5%	R-600	1,4%	R-601	0,6%			0	1805,07
R-437D	R-600a	1,0%	R-125	19,0%	R-134a	80,0%					0	1809,01
R-438A	R-32	8,5%	R-125	45,0%	R-134a	44,2%	R-600	1,7%	R-601a	0,6%	0	2264,458
R-439A	R-32	50,0%	R-125	47,0%	R-600a	3,0%					0	1982,53
R-440A	R-290	0,6%	R-134a	1,6%	R-152a	97,8%					0	144158
R-442A	R-32	31,0%	R-125	31,0%	R-134a	30,0%	R-152a	3,0%	R-227ea	5,0%	0	1887,97
R-444A	R-32	12,0%	R-152a	5,0%	R-1234ze(E)	83,0%					0	88,03
R-444B	R-32	41,5%	R-1234ze(E)	48,5%	R-152a	10,0%					0	293,01

ANEXO 2
MEZCLAS QUE CONTIENEN SAO Y HFC Y SU COMPOSICIÓN

REFRIGERANTE (NOMBRE COMERCIAL O ASHRAE)	COMPONENTE 1		COMPONENTE 2		COMPONENTE 3		COMPONENTE 4		COMPONENTE 5		PAO	PCA
R-445A	R-744	6,0%	R-134a	9,0%	R-1234ze(E)	85,0%					0	129.61
R-446A	R-32	68,0%	R-1234ze(E)	29,0%	R-600	3,0%					0	459.32
R-447A	R-32	68,0%	R-125	3,5%	R-1234ze(E)	28,5%					0	581.785
R-447B	R-32	68,0%	R-125	8,0%	R-1234ze(E)	24,0%					0	739.24
R-448A	R-32	26,0%	R-125	26,0%	R-1234yf	20,0%	R-134a	21,0%	R-1234ze(E)	7,0%	0	1386.07
R-449A	R-32	24,3%	R-125	24,7%	R-1234yf	25,3%	R-134a	25,7%			0	1396.288
R-449B	R-32	25,2%	R-125	24,3%	R-1234yf	23,2%	R-134a	27,3%			0	1411.222
R-449C	R-32	20,0%	R-125	20,0%	R-1234yf	31,0%	R-134a	29,0%			0	1250.01
R-450A	R-1234ze(E)	58,0%	R-134a	42,0%							0	601.18
R-451A	R-1234ze(E)	89,8%	R-134a	10,2%							0	146.758
R-451B	R-1234ze(E)	88,8%	R-134a	11,2%							0	161.048
R-452A	R-1234yf	30,0%	R-32	11,0%	R-125	59,0%					0	2139.55
R-452B	R-32	67,0%	R-125	7,0%	R-1234yf	26,0%					0	697.51
R-452C	R-32	12,5%	R-125	61,0%	R-1234yf	26,5%					0	2219.64
R-454A	R-32	35,0%	R-1234yf	65,0%							0	236.9
R-454B	R-32	68,9%	R-1234yf	31,1%							0	465.386
R-454C	R-32	21,5%	R-1234yf	78,5%							0	145.91
R-455A	R-744	3,0%	R-32	21,5%	R-1234yf	75,5%					0	145.91
R-456A	R-32	6,0%	R-134a	45,0%	R-1234ze(E)	49,0%					0	684.49
R-457A	R-32	18,0%	R-1234yf	70,0%	R-152a	12,0%					0	137.08
R-457B	R-32	35,0%	R-1234yf	55,0%	R-152a	10,0%					0	249.2
R-458A	R-32	20,5%	R-124	4,0%	R-134a	61,4%	R-227ea	13,5%	R-236fa	0,6%	0	1649.955
R-459A	R-32	68,0%	R-1234yf	26,0%	R-1234ze(E)	6,0%					0	459.32
R-459B	R-32	21,0%	R-1234yf	69,0%	R-1234ze(E)	10,0%					0	142.54
R-460A	R-32	12,0%	R-125	52,0%	R-134a	14,0%	R-1234ze(E)	22,0%			0	2101.42
R-460B	R-32	28,0%	R-125	25,0%	R-134a	20,0%	R-1234ze(E)	27,0%			0	1350.27
R-460C	R-32	2,5%	R-125	2,5%	R-134a	46,0%	R-1234ze(E)	49,0%			0	762.665
R-461A	R-125	55,0%	HFC-143a	5,0%	R-134a	32,0%	R-227ea	5,0%	R-600a	3,0%	0	2767.13
R-462A	R-32	9,0%	R-125	42,0%	HFC-143a	2,0%	R-134a	44,0%	R-600	3,0%	0	2249.38
R-463A	R-744	6,0%	R-32	36,0%	R-125	30,0%	R-1234yf	14,0%	R-134a	14,0%	0	1493.4
R-464A	R-32	27,0%	R-125	27,0%	R-1234ze(E)	40,0%	R-227ea	6,0%			0	1320.85
R-465A	R-32	21,0%	R-290	7,9%	R-1234yf	71,1%					0	142.54
R-466A	R-32	49,0%	R-125	11,5%	R-131i	39,5%						733.41
R-467A	R-32	22,0%	R-125	5,0%	R-134a	72,4%	R-600a	0,6%			0	1358.826
R-468A	R-1132a	305,0%	R-32	21,5%	R-1234yf	75,0%					0	145.91
R-469A	R-744	35,0%	R-32	32,5%	R-125	32,5%					0	1357.225
R-471A	R-1234ze	78,7%	R-227ea	4,3%	R-1336mzz	17,0%					0	141.967

Mezclas azeotrópicas

NÚMERO DE REFRIGERANTE	COMPONENTE 1		COMPONENTE 2		COMPONENTE 3		PAO	PCA
R-500	CFC12	73,8%	HFC152a	26,2%			0.738	8.076.688
R-501	HCFC22	75,0%	CFC12	25,0%			0.29125	4082.5
R-502	HCFC22	48,8%	CFC115	51,2%			0.33404	4656.72
R-503	HFC23	40,1%	CFC13	59,9%			0.599	14260.9
R-504	HFC32	48,2%	CFC115	51,8%			0.3108	4143.01
R-505	CFC12	78,0%	HCFC31	22,0%			0.7844	8516.3
R-506	HCFC31	55,0%	CFC114	45,0%			0.461	4535.75
R-507A	HCFC124	50,0%	HFC-143A	50,0%				3985
R-508A	R-23	39,0%	R-116	61,0%			0	12543
R-508B	R-23	46,0%	R-116	54,0%			0	12802
R-509	HCFC22	46,0%	FC218	54,0%			0.0253	5638.6
R-509A	HCFC22	44,0%	FC218	56,0%			0.0242	5780.4
R-511A	R-290	95,0%	E170	5,0%			0	1
R-512A	R-134a	5,0%	R-152a	95,0%			0	189.3
R-513A	R-1234yf	56,0%	R-134a	44,0%			0	629.76
R-513B	R-1234yf	58,5%	R-134a	41,5%			0	594035
R-515A	R-1234ze(E)	88,0%	R-227ea	12,0%			0	387.28
R-515B	R-227ea	8,9%	R-1234ze(E)	91,9%			0	287491
R-516A	R-1234yf	77,5%	R-134a	8,5%	R-152a	14,0%	0	139685

ANEXO 3. HERRAMIENTA RÁPIDA PARA DETECTAR SAO Y HFC

Herramienta rápida para detectar sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

Sustancias controladas por el Protocolo de Montreal de prohibida importación en Colombia

Nombre / Grupo	Nombre químico	Nombres comerciales
Anexo A, Grupo I, (CFC)		
CFC-11	Triclorofluorometano	R-11
CFC-12	Diclorodifluorometano	R-12
CFC-113	1,1,2-Tricloro-1,2,2-trifluoroetano	R-113
CFC-114	1,2-Dicloro-1,1,2,2-tetrafluoroetano	R-114
CFC-115	Cloropentafluoroetano	R-115
Anexo A, Grupo II (Halones)		
Halón-1211	Bromoclorodifluorometano	R-12B1
Halón-1301	Bromotrifluoroetano	R-13B1
Halón-2402	1,2-Dibromotetrafluoroetano	R-114B2
Anexo B, Grupo I (Otros CFC)		
CFC-13	Clorotrifluorometano	R-13
Anexo B, Grupo II		
TCC	Tetracloruro de carbono/tetracloruro de carbono	
Anexo B, Grupo III		
1,1,1-Tricloroetano	1,1,1-Tricloroetano o metilcloroformo	
Anexo C, Grupo I (HCFC)		
HCFC-141	Diclorodifluoroetano	
HCFC-141b	1,1-dicloro-1-fluoroetano	R-141b / Freon 141b / Freon 141b / Solkane 141b
HCFC-142	Clorodifluoroetano	R-142
HCFC-225	Dicloropentafluoroetano	R-225 / Asistilán AK-225 / HCFC-225 Daitón
Anexo C, Grupo II (HFCs)		
HFBC-22B1	Bromodifluorometano	R-22B1
Anexo C, Grupo III		
Halón-1011	Bromocloroetano	R-1011
Anexo E, Grupo I		
Bromuro de metilo o Bromometano		
Mecclas que contienen SAO (Refrigerantes)		
R-500, R-502, R-401A, R-408A, R-409A, R-415B, R-418A		

NOTAS
 No. CAS: Número Servicio Compañía Química
 No. UN: Número para algunas Químicas de Naciones Unidas
 *Sustancias que necesitan Licencia Ambiental, Copo y Visto Bueno
 **Sustancias que requieren Licencia Ambiental y Visto Bueno
 ***Sustancias que requieren Copo de Importación a partir del año 2024
 ****El número CAS para mezclas se combina con el número CAS de sus componentes (por ejemplo: el No. CAS para R507A es: 354-33-6/420-45-2 cuyo número CAS para ambos es HFC-125 & HFC-134a)

Dato importante: A partir del año 2020 se prohíbe el consumo de HFC

ASHRAE Grupos de Seguridad (ASHRAE: American Society for Heating Refrigeration & Air-conditioning Engineers):

Grupo	Descripción
A1	Baja toxicidad / No inflamable
A2L	Baja toxicidad / Baja inflamabilidad
A2	Alta toxicidad / Baja inflamabilidad
B2	Baja toxicidad / Medía inflamabilidad
B3	Alta toxicidad / Alta inflamabilidad

Sustancias listadas en el Protocolo de Montreal que requieren control de importación

Nombre / Grupo	Nombre químico	Fórmula química	No. ASHRAE, solo para refrigerantes	Grupo de seguridad de ASHRAE	No. CAS	No. NU	Código SA	Color
Anexo G, Grupo I (HFCs)								
HFC-22*	Clorodifluorometano	CHClF2	R-22	A1	75-45-6	1018	2903.71.00.00	Verde claro
HFC-132*	Diclorodifluoroetano	CH2ClCF2	R-132	B1	505-83-2		2903.72.00.00	Azul-gris claro
HFC-134*	Clorotetrafluoroetano	CH2ClF2	R-134	A1	2837-59-0	1021	2903.79.12.00	Verde profundo
HFC-143b*	1,1-dicloro-1,1-difluoroetano	CHCl2CF2	R-143b	A2	75-68-3	2517	2903.74.03.00	
Anexo F, Grupo I, Hidrofluorocarbonos (HFC) ***								
HFC-32**	Difluorometano	CH2F2	R-32	A2L	75-10-5		2903.42.00.00	Azul-verde claro
HFC-125**	Pentafluoroetano	CHF2CF3	R-125	A1	384-33-6	3220	2903.44.00.00	Marrón medio
HFC-134a**	1,1,1,2-tetrafluoroetano	CHF3CF3	R-134a	A1	811-97-2	3159	2903.45.00.00	Azul claro (blanco)
HFC-152a**	1,1-difluoroetano	CH3CF3	R-152a	A2L	420-46-2	2035	2903.44.00.00	
HFC-152a**	1,1-difluoroetano	CH3CF3	R-152a	A2	75-37-6	1009	2903.44.00.00	
HFC-227ea**	1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano	CFC3H2F7	R-227ea	A1	431-89-0		2903.46.00.00	
HFC-245fa**	1,1,1,3,3-Pentafluoropropano	CFC3H2CHF2	R-245fa	B1	460-73-1		2903.47.00.00	Granate
Anexo F, Grupo II, Hidrofluorocarbonos (HFC) ***								
HFC-23**	Trifluorometano	CHF3	R-23	A1	75-46-7	1984	2903.41.00.00	Azul-gris claro
Mecclas de hidrofluorocarbonos (mezclas con HFC)***								
Nombre	Nombres comerciales	Componentes	No. ASHRAE, solo para refrigerantes	Grupo de seguridad de ASHRAE	No. CAS	No. NU	Código SA	Color
R-404A**	Daiton R404A, HP-62, FX-70, Genetron 404A	R125/R134a/R134a	R-404A	A1	****	3337	3827.63.00.00	Naranja
R-407A**	Klea 60*	R-32/R125/R134a	R-407A	A1	****	3338	3827.63.00.00	Verde lima
R-407C**	Daiton R407C, Klea 66, AC9000, Genetron 407C	R-32/R125/R134a	R-407C	A1	****	3340	3827.64.00.00	Marrón medio
R-407F**	Genetron Performax LT*	R-32/R125/R134a	R-407F	A1	****		3827.64.00.00	Verde-amarillo-blanco
R-410A**	Suva 410A, Forene 410A, Puron, EcoFluor R410, Genetron R410A, AZ-20, Daiton R410A, Suva 9100	R-32/R125	R-410A	A1	****		3827.63.00.00	Procelado
R-413A**	ISCEON 49	PFC-218 / R134a / HC-600a	R-413A	A2	****		3827.64.00.00	Azul profundo
R-417A**	ISCEON 69, NU-22*	R125/R134a/HC600	R-417A	A1	****		3827.63.00.00	Verde
R-422A**	ISCEON M078, Freon M078, ISCEON 79*	R125/R134a/HC600a	R-422A	A1	****	1078	3827.62.00.00	Amarillo naranja
R-422D**	ISCEON M029	R125/R134a/HC600a	R-422D	A1	****		3827.62.00.00	Verde amarillo
R-427A**	Forene 427A	R-32/R125/R134a/R134a	R-427A	A1	****		3827.64.00.00	Verde-azul
R-437A**	KD15, ISCEON M099*	R125/R134a/HC600/HC001	R-437A	A1	****		3827.63.00.00	Azul real
R-448A**	Opteon XP40	R-32/R125/HFO1234a/R134a	R-448A	A1	****		3827.65.00.00	Azul iridiscente
R-449C**	Opteon XP20	R32/R125/HFO-1234a/R134a	R-449C	A1	****		3827.65.00.00	Azul iridiscente
R-452B**	Solstice 452A	HFO-1234a/R-32/R-125	R-452B	A2L	****		3827.66.00.00	Azul iridiscente
R-452B**	Opteon XL55, Solstice L41Y	R32 / R125 HFC-1234a	R-452B	A1	****		3827.65.00.00	
R-454B**	Opteon XL41, Solstice 454B	R32 / R125 HFC-1234a	R-454B	A2L	****		3827.65.00.00	
R-466A**	Solstice N41	R32 / R125/R-134a	R-466A	A1	****		3827.65.00.00	
R-467A**	Solstice N71	HFO-1234a(R)/R227ea/HFO-1336mzee	R-467A	A2L	****		3827.64.00.00	
R-471A**	Freon-507, AZ-50, Genetron 507A	R-125/R143a	R-507A	A1	****	3163	3827.61.00.00	Azul verde
R-508B**	Suva 96	R-23/PFC-116	R-508B	A1	****		3827.51.00.00	Azul marino
R-513A**	XP10, DR11, Solstice 518A	HFO-1234a/R134a	R-513A	A1	****		3827.66.00.00	Azul pálido
R-515B**	Solstice N15	HFC-227ea/HFO-1234a	R-515B	A1	****		3827.66.00.00	
R-516A**	Solkane 365/227, Forane 365mfc/227ea	HFC 365mfc / HFC 227ea	R-516A	A1	****		3827.66.00.00	
R-514A**	Opteon™ XP99	HFO-1336mzee/HFO-1130k	R-514A	B1	****		3827.90.00.00	
Refrigerantes libres de halógenos								
Nombre	Nombre químico	Fórmula química	No. ASHRAE, solo para refrigerantes	Grupo de seguridad de ASHRAE	No. CAS	No. NU	Código SA	
R-717	Amoníaco	NH3	R-717	B2L	7664-41-7	1005	2814.10.00.00	
R-744	Dióxido de carbono	CO2	R-744	A1	124-38-9	1013	2811.21.00.00	
HC-600	Butano	CH3CH2CH2CH3	R-600	A3	106-97-8	1011	2711.29.00.19 / 2711.13.00.00 / 2901.10.00.90	
HC-600a	Isobutano	CH10	R-600a	A3	75-28-5*	1969	2901.10.00.10	
HC-290	Propano	C3H8	R-290	A3	74-98-6	1978	2711.12.00.00 / 2711.29.00.11	



Anexo 4. TABLA DE RELACIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DE GASES REFRIGERANTES

Temperatura °C	R-22	R-453A		R-407C		R-410A	R-32	R-470A		R-404A	R-507	R-442A		R-470B	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor			Líquido	Vapor			Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
-50	-0,36	-0,31	-0,54	-0,26	-0,5	0,12	0,1	0,8	-0,53	-0,14	-0,12	-0,16	-0,42	0,71	-0,62
-48	-0,29	-0,24	-0,48	-0,19	-0,44	0,23	0,22	0,96	-0,47	-0,05	-0,03	-0,07	-0,35	0,86	-0,58
-46	-0,21	-0,16	-0,42	-0,1	-0,38	0,36	0,34	1,13	-0,41	0,04	0,07	-0,03	-0,27	1,02	-0,53
-44	-0,13	-0,07	-0,36	-0,01	-0,31	0,49	0,47	1,31	-0,34	0,14	0,17	0,13	-0,19	1,19	-0,47
-42	-0,04	0,02	-0,29	0,09	-0,23	0,63	0,62	1,5	-0,27	0,25	0,28	0,24	-0,1	1,37	-0,41
-40	0,05	0,13	-0,21	0,19	-0,15	0,79	0,77	1,71	-0,19	0,37	0,4	0,36	-0,01	1,56	-0,34
-38	0,15	0,23	-0,13	0,31	-0,06	0,95	0,94	1,92	-0,1	0,5	0,53	0,49	0,09	1,77	-0,27
-36	0,26	0,35	-0,04	0,43	0,03	1,13	1,12	2,15	-0,01	0,63	0,67	0,63	0,21	1,98	-0,19
-34	0,38	0,48	0,06	0,56	0,13	1,32	1,31	2,39	0,09	0,78	0,82	0,78	0,33	2,21	-0,11
-32	0,51	0,61	0,17	0,7	0,25	1,52	1,52	2,65	0,21	0,93	0,98	0,94	0,46	2,44	-0,01
-30	0,63	0,75	0,28	0,85	0,36	1,74	1,73	2,91	0,32	1,1	1,15	1,11	0,6	2,69	0,08
-28	0,78	0,91	0,4	1,01	0,49	1,96	1,97	3,2	0,45	1,27	1,33	1,3	0,75	2,96	0,19
-26	0,93	1,07	0,54	1,18	0,63	2,21	2,22	3,49	0,59	1,46	1,52	1,5	0,91	3,24	0,31
-24	1,09	1,24	0,68	1,36	0,78	2,47	2,48	3,81	0,74	1,66	1,66	1,7	1,09	3,53	0,43
-22	1,26	1,43	0,83	1,56	0,94	2,74	2,76	4,13	0,9	1,87	1,87	1,92	1,27	3,83	0,57
-20	1,45	1,63	0,99	1,75	1,11	3,03	3,06	4,48	1,07	2,09	2,16	2,15	1,47	4,15	0,71
-18	1,64	1,84	1,16	1,98	1,29	3,34	3,37	4,84	1,25	2,33	2,41	2,4	1,68	4,49	0,86
-16	1,85	2,06	1,34	2,21	1,48	3,66	3,71	5,22	1,45	2,58	2,66	2,66	1,9	4,84	1,03
-14	2,07	2,29	1,54	2,46	1,68	4,01	4,06	5,61	1,66	2,84	2,93	2,94	2,14	5,21	1,2
-12	2,31	2,54	1,75	2,71	1,9	4,37	4,43	6,03	1,88	3,12	3,22	3,24	2,4	5,59	1,39
-10	2,54	2,8	1,97	2,99	2,13	4,75	4,83	6,46	2,11	3,41	3,52	3,55	2,65	5,99	1,58
-8	2,8	3,08	2,2	3,28	2,38	5,15	5,24	6,91	2,36	3,72	3,83	3,87	2,94	6,41	1,8
-6	3,07	3,37	2,45	3,58	2,64	5,58	5,68	7,38	2,63	4,04	4,16	4,22	3,24	6,84	2,02
-4	3,36	3,68	2,71	3,9	2,91	6,02	6,14	7,87	2,91	4,39	4,51	4,58	3,55	7,3	2,26
-2	3,66	4	2,99	4,24	3,2	6,49	6,62	8,38	3,21	4,74	4,88	4,96	3,89	7,77	2,51
0	3,97	4,34	3,28	4,6	3,51	6,98	7,13	8,91	3,52	5,12	5,26	5,36	4,24	8,26	2,78
2	4,31	4,7	3,59	4,97	3,84	7,49	7,66	9,46	3,85	5,52	5,67	5,78	4,64	8,77	3,06
4	4,66	5,07	3,92	5,36	4,18	8,03	8,22	10,03	4,21	5,93	6,09	6,22	5	9,29	3,36
6	5,02	5,47	4,26	5,77	4,54	8,61	8,81	10,62	4,58	6,36	6,53	6,68	5,42	9,84	3,68
8	5,4	5,88	4,62	6,2	4,92	9,18	9,43	11,24	4,97	6,82	6,99	7,17	5,85	10,41	4,01
10	5,8	6,31	5	6,66	5,32	9,81	10,07	11,88	5,38	7,29	7,48	7,68	6,3	11	4,36
12	6,22	6,76	5,4	7,13	5,74	10,44	10,74	12,54	5,81	7,78	7,98	8,2	6,78	11,6	4,73
14	6,66	7,23	5,82	7,62	6,18	11,12	11,45	13,23	6,27	8,3	8,51	8,75	7,28	12,23	5,12
16	7,12	7,72	6,26	8,14	6,65	11,82	12,18	13,94	6,75	8,84	9,06	9,66	7,8	12,88	5,53

ANEXO 4

TABLA DE RELACIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DE GASES REFRIGERANTES

Temperatura °C	R-22	R-453A		R-407C		R-410A	R-32	R-470A		R-404A	R-507	R-442A		R-470B	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor			Líquido	Vapor			Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
18	7,6	8,24	6,72	8,67	7,13	12,55	12,95	14,67	7,25	9,4	9,63	9,93	8,36	13,56	5,96
20	8,1	8,78	7,2	9,24	7,64	13,31	13,75	15,43	7,78	9,98	10,23	10,56	8,93	14,25	6,41
22	8,62	9,34	7,71	9,82	8,17	14,11	14,58	16,21	8,33	10,59	10,85	11,21	9,53	14,97	6,89
24	9,16	9,92	8,24	10,43	8,73	14,92	15,45	17,02	8,91	11,23	11,5	11,9	10,16	15,71	7,38
26	9,72	10,53	8,79	11,06	9,31	15,78	16,35	17,85	9,52	11,88	12,17	12,6	10,81	16,47	7,9
28	10,31	11,16	9,37	11,72	9,92	16,67	17,3	18,71	10,16	12,57	12,87	13,34	11,5	17,25	8,45
30	10,92	11,81	9,97	12,41	10,56	17,59	18,28	19,6	10,82	13,28	13,59	14,1	12,22	18,06	9,02
32	11,55	12,5	10,6	13,12	11,23	18,55	19,29	20,51	11,52	14,03	14,34	14,6	12,97	18,9	9,62
34	12,21	13,21	11,26	13,86	11,92	19,55	20,35	21,45	12,25	14,78	15,12	15,73	13,74	19,75	10,25
36	12,89	13,94	11,94	14,63	12,64	20,58	21,45	22,42	13,01	15,58	15,93	16,58	14,55	20,63	10,9
38	13,6	14,71	12,65	15,43	13,39	21,65	22,6	23,42	13,8	16,4	16,77	17,47	15,39	21,54	11,58
40	14,33	15,5	13,4	16,26	14,18	22,76	23,78	24,44	14,63	17,25	17,64	18,4	16,27	22,47	12,3
42	15,09	16,32	14,17	17,11	15	23,91	25,01	25,49	15,5	18,13	18,54	19,35	17,18	23,42	13,04
44	15,88	17,17	14,97	18,01	15,84	25,09	26,29	26,57	16,4	19,05	19,47	20,34	18,13	24,4	13,82
46	16,7	18,06	15,81	18,92	16,73	26,32	27,62	27,68	17,34	19,99	20,43	21,36	19,12	25,4	14,63
48	17,54	18,97	16,68	19,87	17,65	27,58	28,99	28,81	18,32	20,97	21,43	22,43	20,14	26,43	15,48

Temperatura °C	R-426A (RS-24)		R-417A		R-422A		R427-A		R438-A		R-290	R-600a	R-717	R-744
	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor				
-50	-0,66	-0,74	0,6	0,4	0,7	0,6	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,2	0,4	6,8
-48	-0,62	-0,71	0,7	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8	0,5	0,8	0,2	0,5	7,4
-46	-0,57	-0,67	0,7	0,6	0,9	0,7	0,9	0,6	0,8	0,6	0,9	0,2	0,5	8
-44	-0,53	-0,63	0,8	0,6	1	0,8	1	0,7	0,9	0,7	0,9	0,2	0,6	8,6
-42	-0,47	-0,59	0,9	0,7	1,1	0,8	1,1	0,8	1	0,8	1	0,3	0,6	9,3
-40	-0,42	-0,54	1	0,8	1,2	0,9	1,2	0,8	1,1	0,8	1,1	0,3	0,7	10
-38	-0,35	-0,49	1,1	0,8	1,3	1	1,3	0,9	1,2	0,9	1,2	0,3	0,8	10,8
-36	-0,29	-0,43	1,2	0,9	1,4	1,1	1,4	1	1,4	1	1,3	0,4	0,9	11,6
-34	-0,21	-0,37	1,3	1	1,5	1,2	1,5	1,1	1,5	1,1	1,4	0,4	1	12,5
-32	-0,14	-0,3	1,4	1,1	1,7	1,4	1,7	1,2	1,6	1,2	1,6	0,4	1,1	13,3
-30	-0,05	-0,23	1,5	1,2	1,8	1,5	1,8	1,4	1,8	1,4	1,7	0,5	1,2	14,3
-28	0,04	-0,15	1,7	1,3	2	1,6	2	1,5	1,9	1,5	1,8	0,5	1,3	15,3
-26	0,14	-0,07	1,8	1,5	2,1	1,8	2,1	1,6	2,1	1,6	2	0,6	1,4	16,3
-24	0,24	0,02	1,9	1,6	2,3	1,9	2,3	1,8	2,3	1,8	2,1	0,6	1,6	17,4
-22	0,35	0,12	2,1	1,7	2,5	2,1	2,5	1,9	2,4	1,9	2,3	0,7	1,7	18,5
-20	0,47	0,23	2,3	1,9	2,7	2,3	2,7	2,1	2,6	2,1	2,4	0,7	1,9	19,7

FORTALECIMIENTO AL CONTROL DEL COMERCIO DE LAS SUSTANCIAS LISTADAS EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL
DOCUMENTO TÉCNICO DIRIGIDO A SERVIDORES PÚBLICOS DE ADUANAS Y OTRAS AUTORIDADES DE CONTROL

Temperatura °C	R-426A (RS-24)		R-417A		R-422A		R427-A		R438-A		R-290	R-600a	R-717	R-744
	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor				
-18	0,6	0,34	2,5	2,1	2,9	2,5	2,9	2,3	2,8	2,3	2,6	0,8	2,1	20,9
-16	0,74	0,46	2,7	2,2	3,1	2,7	3,1	2,5	3,1	2,5	2,8	0,9	2,3	22,2
-14	0,88	0,59	2,9	2,4	3,4	2,9	3,4	2,7	3,3	2,7	3	0,9	2,5	23,6
-12	1,04	0,72	3,1	2,6	3,6	3,1	3,6	2,9	3,5	2,9	3,2	1	2,7	25
-10	1,2	0,87	3,3	2,8	3,9	3,4	3,9	3,1	3,8	3,1	3,5	1,1	2,9	26,5
-8	1,37	1,03	3,6	3	4,2	3,6	4,2	3,4	4,1	3,3	3,7	1,2	3,2	28
-6	1,56	1,19	3,8	3,3	4,5	3,9	4,5	3,6	4,4	3,6	3,9	1,3	3,4	29,6
-4	1,75	1,37	4,1	3,5	4,8	4,2	4,8	3,9	4,7	3,9	4,2	1,4	3,7	31,3
-2	1,96	1,56	4,4	3,8	5,1	4,5	5,1	4,2	5	4,2	4,5	1,5	4	33
0	2,18	1,75	4,7	4,1	5,4	4,8	5,5	4,5	5,3	4,5	4,7	1,6	4,3	34,9
2	2,41	1,96	5	4,4	5,8	5,2	5,8	4,8	5,7	4,8	5	1,7	4,6	36,7
4	2,65	2,19	5,3	4,7	6,2	5,5	6,2	5,2	6,1	5,1	5,4	1,8	5	38,7
6	2,91	2,42	5,6	5	6,6	5,9	6,6	5,5	6,5	5,5	5,7	1,9	5,3	40,7
8	3,18	2,67	6	5,3	7	6,3	7	5,9	6,9	5,8	6	2,1	5,7	42,8
10	3,46	2,93	6,4	5,7	7,4	6,7	7,5	6,3	7,3	6,2	6,4	2,2	6,2	45
12	3,76	3,2	6,8	6,1	7,8	7,1	7,9	6,7	7,7	6,6	6,7	2,4	6,6	47,3
14	4,07	3,49	7,2	6,5	8,3	7,6	8,4	7,1	8,2	7,1	7,1	2,5	7	49,7
16	4,4	3,8	7,6	6,9	8,8	8	8,9	7,6	8,7	7,5	7,5	2,7	7,5	52,1
18	4,74	4,12	8,1	7,3	9,3	8,5	9,4	8,1	9,2	8	7,9	2,8	8	54,7
20	5,1	4,45	8,6	7,7	9,8	9	10	8,6	9,7	8,5	8,4	3	8,6	57,3
22	5,48	4,81	9,1	8,2	10,4	9,6	10,5	9,1	10,3	9	8,8	3,2	9,1	60
24	5,87	5,18	9,6	8,7	11	10,1	11,1	9,6	10,9	9,5	9,3	3,4	9,7	62,9
26	6,28	5,56	10,1	9,2	11,6	10,7	11,7	10,2	11,5	10,1	9,8	3,6	10,3	65,8
28	6,71	5,97	10,7	9,8	12,2	11,3	12,4	10,8	12,1	10,7	10,3	3,8	11	68,9
30	7,16	6,39	11,2	10,3	12,9	12	13	11,4	12,8	11,3	10,8	4	11,7	72,1
32	7,63	6,84	11,9	10,9	13,5	12,6	13,7	12,1	13,4	11,9	11,3	4,3	12,4	
34	8,11	7,3	12,5	11,5	14,2	13,3	14,5	12,8	14,1	12,6	11,9	4,5	13,1	
36	8,62	7,78	13,1	12,2	15	14	15,2	13,5	14,9	13,3	12,5	4,8	13,9	
38	9,15	8,29	13,8	12,8	15,7	14,8	16	14,2	15,6	14	13,1	5	14,7	
40	9,7	8,81	14,5	13,5	16,5	15,6	16,8	15	16,4	14,8	13,7	5,3	15,6	
42	10,27	9,36	15,2	14,2	17,3	16,4	17,6	15,8	17,2	15,5	14,3	5,6	16,4	
44	10,87	9,93	16	15	18,2	17,2	18,5	16,6	18,1	16,4	15	5,9	17,4	
46	11,48	10,52	16,8	15,7	19	18,1	19,4	17,4	18,9	17,2	15,7	6,2	18,3	
48	12,12	11,14	17,6	16,5	20	19	20,3	18,3	19,8	18,1	16,4	6,5	19,3	

Anexo 5. GUÍA DE OPERACIÓN DEL EQUIPO ANALIZADOR DE GASES REFRIGERANTES

En este anexo se presentan los elementos básicos y generales que se deben tener en cuenta al utilizar el equipo analizador de gases refrigerantes y es importante que antes de iniciar el proceso se revise cuidadosamente el manual de operación del equipo que se va a utilizar o consultar con el personal capacitado para el manejo de estos equipos. A continuación, se presentan los procedimientos de operación que se deben tener en cuenta en el uso de estos equipos:

Antes de usar el analizador por primera vez, cargue la batería con la fuente de alimentación. El analizador funcionará y cargará la batería mientras que la fuente de alimentación está conectada.

Energización del analizador

A

Pulse o presione el botón de encendido que se encuentra a la izquierda del panel de control. Si se desea ajustar la configuración de fábrica, presione SET. Si usted no desea ajustar la configuración, espere el pantallazo o a que despliegue la información.

Conecte la manguera de muestreo y espere aproximadamente 30 segundos. Una vez el analizador caliente, el equipo estará listo para ser calibrado.

Calibración

B

Para llevar a cabo una calibración adecuada, se necesita conectar la manguera de muestreo al equipo analizador. Antes de calibrar, verifique que la manguera de muestreo esté conectada al analizador y asegurarse de que la manguera esté desconectada de cualquier fuente de refrigerante.

Para la primera calibración, el analizador necesita aire o estar en un ambiente abierto. Las calibraciones adicionales se realizarán periódicamente.

La calibración requiere que la manguera de muestreo esté desconectada del cilindro de almacenamiento de refrigerante o del sistema de refrigeración y aire acondicionado. Asimismo, se requiere que la manguera de muestreo permanezca conectada al analizador.

NOTA: Compruebe si en el ambiente existe ventilación de aire y no hay algún tipo gas que esté cerca de la entrada de aire. Una vez que haya verificado ambos parámetros, pulse 'RETRY' para completar otra calibración.

C

Muestreo en fase vapor

La toma de la muestra en fase de vapor es el método más utilizado para la identificación de los refrigerantes. El operario tendrá que seguir los siguientes pasos:

1. Conectar la configuración de manguera de muestreo vapor, al puerto de baja del sistema de refrigeración y aire acondicionado, o a la válvula de vapor del cilindro de almacenamiento.
2. Abrir la válvula inferior del cilindro y pulse 'TEST'.
3. Cuando la prueba se haya completado, cierre la válvula del lado de baja del sistema o la válvula de vapor del cilindro y desconecte la manguera.
4. Desconectar la manguera del analizador.

D

Muestreo en fase líquida

La toma de la muestra en fase líquida es una opción exclusiva de la última generación de analizadores tipo infrarrojo. Para utilizar el muestreo en fase líquida, el operario tendrá que seguir los siguientes pasos:

1. Conectar la configuración de manguera de muestreo líquido, al puerto de alta del sistema de refrigeración y aire acondicionado, o a la válvula de líquido del cilindro de almacenamiento. Verifique que el émbolo de la jeringa esté completamente deprimido.
2. Conectar al analizador el extremo correspondiente al acoplamiento para el puerto de entrada del instrumento y fije la jeringa de forma vertical utilizando el imán.
3. Abrir la válvula del lado de alta del cilindro o del sistema de refrigeración y aire acondicionado. La muestra líquida saldrá del cilindro o sistema, e ingresará al émbolo de la jeringa.
4. Espere que el émbolo se mueva debido a la expansión o cambio de fase del gas refrigerante de líquido a vapor. Este dispositivo se moverá hasta llegar al orificio de salida de vapor del émbolo de la jeringa. De esta manera, el gas refrigerante se alimentará en fase vapor al equipo analizador.
5. Pulse 'TEST' en el analizador.
6. Una vez finalizada la prueba, cierre la válvula del sistema o del cilindro de almacenamiento, posteriormente, desconecte la manguera de la entrada de la jeringa y la manguera de la salida. Presione el émbolo para expulsar el aceite atrapado.
7. Inspeccione la manguera en busca de signos de aceite y reemplace el dispositivo restrictor si es necesario.
8. Desconectar la manguera del analizador.

Visualización de los resultados de la prueba

A

Identificación de refrigerantes primarios

Definir que tipos de gases refrigerantes identifica el analizador.

Si el analizador identifica que el refrigerante primario (el tipo de refrigerante) en el sistema o cilindro es el refrigerante medido con sus detalles. Por otra parte, si no se reconoce el refrigerante, se indicará por parte del equipo.

B

Tipos de refrigerantes que se pueden identificar

La última generación de analizadores tiene la capacidad de identificar los siguientes refrigerantes: R12, R1234yf, R408A, R409A, R417A, R421A, R421B, R422A, R422B, R422C, R427A y los hidrocarburos (HC). Todos los refrigerantes identificados se mostrarán en la pantalla con el mensaje "PUREZA DESCONOCIDA", debido a que el analizador no puede proporcionar información adicional con respecto a la composición de este.

El instrumento también puede identificar y analizar el contenido de componente puro de R134a, R22, HC (hidrocarburos), R404A, R407C y R410A. El análisis realizado por el identificador a refrigerantes de mezclas puras producirá datos adicionales con respecto a la composición de la muestra de refrigerante.

C

Mezclas puras con relaciones de componentes incorrectos

El analizador tiene la capacidad de detectar la relación entre los componentes que conforman la mezcla y que han sido alterados por la contaminación.

D

Medición de aire

El analizador ofrece la posibilidad de medir la presencia de aire durante cada prueba. El sensor de oxígeno indicará el porcentaje de aire en todos los refrigerantes que están siendo identificados o analizados en un sistema o cilindro.

NOTA: La cantidad de aire medido es independientemente al refrigerante identificado. Se puede tener el 100 % de refrigerante puro con un porcentaje de aire en el sistema o cilindro.

E

Impresión de los resultados de la prueba y datos de canal

Para aquellos equipos que vienen equipados con el sistema de impresión, los resultados de la prueba se pueden imprimir después de completar los análisis.

F

Modelación de datos analizados

La modelación de datos analizados es una característica única de la Última ID Pro TM (Analizador). Permite al usuario probar refrigerantes que para el analizador son desconocidos en relación con su pureza y con el tipo de refrigerante. Asimismo, permite generar resultados tipo GUÍA o HUELLA para la identificación de estos refrigerantes en particular.

Esta nueva característica permite al usuario desarrollar un modelo de resultado tipo "huella" para analizar refrigerantes que el equipo no puede identificar en relación con su pureza y composición.

NOTA: *Esto no es un método garantizado para la identificación de refrigerantes. Los resultados pueden variar y algunos refrigerantes pueden crear datos inconsistentes.*

REFERENCIA

Test Equipment Depot. (2010). Model RI-700H, HVAC/R Refrigerant Analyzer Operation Manual. Neutronics Inc. [Archivo PDF]. Disponible en http://www.testequipmentdepot.com/yellow-jacket/pdfs/68940_manual.pdf

FORTALECIMIENTO
AL CONTROL DEL
COMERCIO DE LAS
SUSTANCIAS LISTADAS
EN EL PROTOCOLO
DE MONTREAL

ISBN: 978-628-7598-40-9



9 786287 598409