



**Programa de las  
Naciones Unidas  
para el Medio Ambiente**

Distr.  
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/63  
29 de abril de 2024

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS



COMITÉ EJECUTIVO DEL  
FONDO MULTILATERAL PARA LA  
APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL

Nonagésima cuarta reunión  
Montreal, 27-31 de mayo de 2024  
Cuestión 13 de la orden del día provisional<sup>1</sup>

**DOCUMENTO SOBRE COMO PODRIAN CONTRIBUIR LAS ACTIVIDADES DE  
ELIMINACION DE HCFC Y REDUCCION DE HFC APOYADAS POR EL FONDO  
MULTILATERAL A LA REFRIGERACION SOSTENIBLE (DECISION 92/1 B)**

**Antecedentes**

1. En la 92<sup>a</sup> reunión, un miembro del Comité Ejecutivo presentó un proyecto de decisión en el que se solicitaba a la Secretaría que examinase algunos de los planes de acción nacionales sobre refrigeración desarrollados por los países y que elaborase un documento sobre cómo las actividades de eliminación de HCFC y reducción de HFC que financia el Fondo Multilateral (FML) podrían contribuir al enfriamiento sostenible y a la comodidad térmica. Ese miembro dijo que el requisito de refrigeración era un problema intersectorial y esencial para el crecimiento económico y presentaba tanto retos como oportunidades en términos de eficiencia energética y transición de refrigerantes. Gran parte de los requisitos de refrigeración intersectorial se habían logrado a través de tecnologías de refrigeración y aire acondicionado que utilizan refrigerantes con potencial de agotamiento del ozono (PAO) o potencial de calentamiento atmosférico (PCA). Por lo tanto, el importante papel que juega el FML en prestar apoyo a los países del artículo 5 para transitar hacia alternativas más compatibles con el clima es especialmente relevante. Tras las deliberaciones, el Comité Ejecutivo solicitó a la Secretaría que elaborase, para ser considerado por el Comité Ejecutivo durante la 94<sup>a</sup> reunión, un documento sobre la posible contribución al enfriamiento sostenible de las actividades de eliminación de HCFC y reducción de HFC que financia el Fondo Multilateral (decisión 92/1 b)).

2. Para la preparación del presente documento, la Secretaría consultó a expertos técnicos en tecnologías de refrigeración sostenibles en aplicaciones de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor (RACHP). Además, con el fin de analizar cómo la reducción de los HFC podría contribuir a las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) en los países del artículo 5<sup>2</sup>, la

<sup>1</sup>UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/1

<sup>2</sup> Las emisiones directas de GEI se calculan en función del consumo de HFC, tal como se hace en el marco del Protocolo de Montreal; las emisiones indirectas se calculan en función de los niveles de consumo energético de los distintos equipos y de la intensidad de carbono de la fuente de energía que suministra energía a estos equipos.

Los documentos previos al período de sesiones del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal no van en perjuicio de cualquier decisión que el Comité Ejecutivo pudiera adoptar después de la emisión de los mismos.

Secretaría analizó los datos del informe Vigilancia Mundial de la Refrigeración 2023 del PNUMA<sup>3</sup>; examinó los planes nacionales sobre refrigeración, incluido el resumen de los planes de acción nacionales de refrigeración (NCAP, por sus siglas en inglés) apoyados por el PNUD e informes similares a nivel de país sobre refrigeración; y consultó la evaluación de 2022 del Comité de Opciones Técnicas sobre Refrigeración, Aire Acondicionado y Bombas de Calor (RTOC - evaluación 2022). Por último, la Secretaría obtuvo aportaciones de organismos bilaterales y de ejecución.

3. Además de describir los aspectos de la refrigeración sostenible y los sectores relacionados cubiertos por la financiación del FML, en el presente documento se examinan los efectos de las actividades de eliminación de HCFC y reducción de HFC en el logro de la refrigeración sostenible, se analizan las emisiones directas e indirectas, así como las tendencias futuras derivadas de las necesidades de refrigeración, y se presenta lo que se podría hacer en relación con la refrigeración sostenible en el marco de los planes de gestión de la eliminación de los HCFC (PGEH) y los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali.

### **Aspectos relacionados con la refrigeración sostenible<sup>4</sup>**

4. La refrigeración sostenible se refiere al logro de un enfriamiento y una refrigeración confortables en la cadena de frío, con un mínimo de emisiones directas e indirectas de GEI y otros impactos ambientales adversos, utilizando tecnologías que sean asequibles, viables desde el punto de vista técnico y económico y escalables. En general, el mayor beneficio de implementar la refrigeración sostenible es reducir el consumo de energía necesario para alcanzar el mismo nivel de refrigeración, incluido el «dimensionamiento correcto» de las necesidades de refrigeración. La refrigeración sostenible también puede abarcar intervenciones que van más allá de la selección y el uso de tecnologías de refrigeración e incluir la eliminación responsable de refrigerantes. La refrigeración sostenible contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 y 12<sup>5</sup>.

### **Sectores cubiertos por la financiación del Fondo Multilateral en relación con el enfriamiento sostenible**

5. A lo largo de más de tres décadas, las actividades de eliminación de SAO para diferentes aplicaciones de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor (RACHP) se han abordado con el apoyo del FML. Entre ellas se incluyen los refrigeradores domésticos, la refrigeración comercial, industrial y del transporte, el aire acondicionado residencial, comercial, industrial y móvil, y los

---

<sup>3</sup>[Vigilancia Mundial de la Refrigeración 2023 | PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente](#). (“Mantener la cabeza fría: vías para responder a las necesidades de refrigeración reduciendo las emisiones contaminantes”)

<sup>4</sup>En el informe Vigilancia Mundial de la Refrigeración 2023, la refrigeración sostenible se define como tecnologías y enfoques de refrigeración que son accesibles, asequibles y escalables, pero que minimizan los impactos en las personas y el planeta, incluso mediante grandes reducciones de las emisiones de GEI. La refrigeración sostenible puede ir más allá de las emisiones directas de refrigerantes y del consumo de energía asociado al funcionamiento de los equipos de refrigeración. Esto puede incluir el uso mínimo de recursos naturales en la construcción de edificios, materiales de construcción sostenibles y otras intervenciones similares. A efectos del presente documento, tales intervenciones no se tienen más en cuenta debido a la falta de nexo con la aplicación del Protocolo de Montreal.

<sup>5</sup>**ODS 2:** Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible; **ODS 3:** Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades; **ODS 4:** Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos; **ODS 8:** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos; **ODS 9:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación; **ODS 10:** Reducir la desigualdad en los países y entre ellos; **ODS 11:** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; **ODS 12:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

enfriadores. Los proyectos abordaron principalmente la conversión de refrigerantes y espumas aislantes a tecnologías alternativas.

6. Las aplicaciones basadas en HFC y el consumo de HFC en dichas aplicaciones han ido en aumento. Además, habrá nuevas aplicaciones que podrían suponer un crecimiento del consumo de HFC (p. ej., centros de datos, secadoras)<sup>6</sup>. Durante la reducción de los HFC, estas aplicaciones que consumen HFC se abordarán en función de la estructura industrial nacional y de las tendencias de consumo de HFC, así como de las políticas y directrices aprobadas por el Comité Ejecutivo. Se espera la conversión a tecnologías alternativas, y las intervenciones podrían incluir evitar el crecimiento del consumo de HFC en estas aplicaciones, así como el apoyo a la conversión a alternativas.

### **Impacto de las actividades de eliminación de HCFC y reducción de HFC en el logro de una refrigeración sostenible**

7. Durante más de tres décadas, el Fondo Multilateral ha apoyado intervenciones en los sectores de refrigeración y aire acondicionado (RAC) y de las espumas que han permitido la transición a tecnologías de refrigeración más respetuosas con el medio ambiente. Estas actividades no solo dieron lugar a la conversión de la industria a alternativas respetuosas con el ozono, sino que también ayudaron a la industria, en particular a las pequeñas y medianas empresas (pymes) y a las del sector de mantenimiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado, a gestionar su transición a las alternativas de forma segura y garantizando al mismo tiempo la continuidad del negocio. Además, las actividades de divulgación de información y concienciación dirigidas a los distintos interesados y apoyadas por el FML permitieron la adopción de tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

8. A continuación, se presenta un resumen de observaciones importantes basadas en la experiencia adquirida en la aplicación de los planes de gestión de la eliminación de los HCFC (PGEH).

#### Relacionados con la fabricación

- (a) En el marco de los PGEH y otros proyectos de eliminación de SAO, el enfoque se centró en alcanzar los objetivos de cumplimiento<sup>7</sup> definidos para dichas sustancias. Los planes de ejecución se desglosaron en objetivos anuales en diferentes plazos (p. ej., la etapa I de los PGEH para países que no son de bajo volumen de consumo se centró en alcanzar el objetivo de eliminación de 2015). Aunque los planes a largo plazo para conseguir la eliminación de los HCFC se tuvieron en cuenta al desarrollar la estrategia general de eliminación de un país, los objetivos de reducción del consumo y de cumplimiento para cada uno de los plazos especificados sirvieron de base para proporcionar apoyo financiero a los proyectos.
- (b) La esfera prioritaria durante la ejecución del PGEH, desde el punto de vista del contenido, fue la eliminación del HCFC-141b utilizado como disolvente y agente espumante. Esto se debió a que tenía un PAO más elevado en comparación con el HCFC-22 y a que había otros HCFC y alternativas de bajo PCA disponibles como alternativas al HCFC-141b en casi todas las aplicaciones. Menos del 1 % de los proyectos de eliminación de HCFC-141b se destinaron a la conversión a agentes espumantes de alto PCA.
- (c) Los fabricantes de aparatos de aire acondicionado eran uno de los mayores consumidores

<sup>6</sup> El crecimiento del consumo de HFC está sujeto a factores técnicos, de mercado y normativos; por lo tanto, el alcance del crecimiento no puede determinarse claramente en esta fase, aunque parece que el consumo en estas aplicaciones crecerá.

<sup>7</sup> En algunos casos, dependiendo de la estrategia nacional, el Comité Ejecutivo estudió y aprobó el apoyo a actividades que iban más allá de los objetivos de cumplimiento.

de HCFC-22. Inicialmente, el FML apoyaba las conversiones a R-410A, teniendo en cuenta la viabilidad técnica, la viabilidad económica y la estrategia del país en ese momento. Después de la 68ª reunión, con la creciente disponibilidad de alternativas de bajo y menor PCA, el Comité Ejecutivo dejó de financiar proyectos de conversión a R-410A en aplicaciones de aire acondicionado, dado el elevado PCA de la sustancia. Se cree que los fabricantes que no recibieron apoyo del FML para su conversión se han convertido en gran parte al R-410A, lo que dificulta una conversión completa a alternativas de bajo o menor PCA en estas aplicaciones. Dicho esto, en un gran país que opera al amparo del artículo 5, parece que la tecnología dominante ha sido sustituida por el HFC-32 a pesar de que el FML no prestó apoyo para dicha transición.

- (d) Aunque el Fondo Multilateral ha apoyado las conversiones de aire acondicionado (AC) a R-290, hasta la fecha la fabricación de estos equipos en las líneas convertidas ha sido limitada, sobre todo en el caso de las unidades de AC con una capacidad de refrigeración superior a 1 tonelada de refrigeración (TR). Si bien los diversos problemas (p. ej., la falta de disponibilidad de compresores, la ausencia de normativas para la adopción en el mercado de aires acondicionados con HC, el mayor tiempo necesario para la instalación de unidades divididas) pueden haber contribuido a la limitada fabricación, la competencia de productos que utilizan otros refrigerantes que se consideraban más favorables al mercado y más seguros fue probablemente un factor determinante.
- (e) Se aprobó un número limitado de proyectos para la conversión de HCFC-22 a alternativas en la fabricación de aplicaciones de refrigeración, principalmente aplicaciones de refrigeración comercial, ya que el consumo de HCFC-22 era relativamente bajo en la fabricación de equipos de refrigeración. También se sabía que la mayoría de las empresas que fabricaban equipos de refrigeración comercial utilizaban HFC de bajo coste (p. ej., R-404A, que tiene un PCA de 3922)<sup>8</sup>. Esto no se supervisó ni se notificó, ya que los HFC no estaban controlados en virtud del Protocolo de Montreal antes de la ratificación y aplicación de la Enmienda de Kigali y no había mecanismos disponibles para realizar una evaluación tecnológica sectorial holística durante la ejecución del proyecto.
- (f) Las pymes recibieron apoyo adicional para poner en marcha proyectos de conversión. Mediante las decisiones 60/44 y 74/509, se dispuso de financiación adicional para proyectos de conversión de pymes a tecnologías de refrigeración de bajo PCA. Además, se prestó asistencia técnica a las pymes para aumentar su conocimiento de las tecnologías de refrigerantes de bajo PCA y facilitar su adopción. Cabe señalar que las pymes, en particular las de fabricación y montaje de equipos de refrigeración comercial, necesitaron una asistencia especial para la conversión debido a su falta de capacidad técnica y financiera para adoptar las tecnologías de refrigerantes con bajo PCA.

#### Apoyo al sector de servicio y mantenimiento y creación de capacidad

- (g) El apoyo al sector de servicio y mantenimiento incluyó, entre otras cosas, la formación y certificación de técnicos de refrigeración en buenas prácticas de servicio y

---

<sup>8</sup> Las empresas fabricantes de equipos de refrigeración comercial que no estaban cubiertas por el PGEH debido a su inelegibilidad y otras razones siguieron operando y creciendo con refrigerantes a base de HFC; además, aunque de forma limitada, se utilizaron refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico como el R-290, el R-600a y el CO2 en un número limitado de empresas fabricantes.

<sup>9</sup> En virtud de estas decisiones, se proporcionó hasta un 25 % de financiación adicional para la conversión a alternativas de bajo PCA y, en el caso de las pymes que consumen menos de 20 tm anuales, hasta un 40 % de financiación adicional.

mantenimiento<sup>10</sup>; el suministro de herramientas y equipos básicos a los técnicos y a las instituciones técnicas que imparten formación a los técnicos; la ampliación de la certificación a las empresas de mantenimiento que participan en la instalación, el mantenimiento y el desmantelamiento de equipos de refrigeración; la prestación de apoyo normativo que promueva la certificación de técnicos, apoyo en el desarrollo y adopción de normas y códigos de prácticas para el sector de servicio y mantenimiento, fortalecimiento continuo de las asociaciones de equipos de refrigeración y aire acondicionado y su participación en la promoción o aplicación de actividades relacionadas con el Protocolo de Montreal; y establecimiento de planes de recuperación y reciclaje de refrigerantes, así como centros de regeneración, incluido el apoyo normativo para la recuperación y reciclaje de refrigerantes siempre que sea viable<sup>11</sup>.

- (h) Las actividades del sector de servicio y mantenimiento facilitaron las buenas prácticas de servicio y mantenimiento, incluida la promoción de la instalación y el mantenimiento adecuados de los diferentes equipos RACHP, la recuperación y reutilización del HCFC-22, las prácticas de mantenimiento seguras que utilizan alternativas, incluidos refrigerantes de bajo PCA, el apoyo a la infraestructura de las instituciones de formación, así como la creación de capacidad de las asociaciones de equipos RACHP para el apoyo a la formación continua, lo que indirectamente dio lugar a la adopción de tecnologías de bajo PCA en diferentes aplicaciones RACHP<sup>12</sup>.
- (i) Durante la ejecución de los PGEH, se informó de que en varios países que operan al amparo del artículo 5 se estaban utilizando hidrocarburos (HC) para modernizar, hacer funcionar y rellenar equipos con HCFC-22. Se plantearon inquietudes en relación con el uso seguro de refrigerantes inflamables en estos sistemas que están diseñados para refrigerantes no inflamables y los riesgos asociados para los técnicos y los usuarios finales. En respuesta a esta práctica, el Comité Ejecutivo observó que, si el país se dedicaba a adaptar los equipos de RAC con HCFC a refrigerantes inflamables o tóxicos y al servicio y mantenimiento asociados con asistencia del Fondo, lo hacía en el entendimiento de que asumía todas las responsabilidades y los riesgos asociados y que esa adaptación debía hacerse únicamente de conformidad con las normas y los protocolos pertinentes (decisiones 72/17 y 73/34)<sup>13</sup>.
- (j) En la 92.ª reunión, el Comité Ejecutivo examinó un informe sobre los planes de incentivos para usuarios finales financiados en el marco de los PGEH aprobados<sup>14</sup>. A raíz de sus deliberaciones sobre el informe, el Comité Ejecutivo, entre otras cosas, solicitó a los países del artículo 5 y a los organismos bilaterales y de ejecución que, a la hora de diseñar programas de incentivos para usuarios finales, tuvieran en cuenta los factores que contribuirían a la sostenibilidad y escalabilidad de la adopción de alternativas de bajo

---

<sup>10</sup> Esto incluye la contención de sustancias controladas a través del mantenimiento preventivo, la mejora de la calidad de la instalación, el mantenimiento/la mejora de la eficiencia energética de los equipos a través de los ajustes de control adecuados, la limpieza adecuada de los equipos, incluidos los intercambiadores de calor, la formación sobre la manipulación segura de refrigerantes inflamables y la formación especializada de destinatarios específicos, como por ejemplo sobre el uso de equipos basados en CO<sub>2</sub> en los supermercados.

<sup>11</sup> En virtud de las decisiones 89/6 y 91/65, los países del artículo 5 disponen actualmente de apoyo adicional para la inclusión de actividades relacionadas con la eficiencia energética en los PGEH existentes y futuros para los países consumidores de bajo volumen y en el contexto de la reducción de HFC; el impacto de estas actividades se conocerá en los próximos años.

<sup>12</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/64

<sup>13</sup> La Secretaría es consciente de que los HC se utilizaron en aplicaciones de refrigeración doméstica durante más de dos décadas y que los refrigeradores domésticos con HFC pueden haber sido adaptados con HC; aunque no es una práctica segura, la pequeña carga de refrigerante probablemente limita el riesgo asociado con tales adaptaciones.

<sup>14</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/43

PCA por parte de los usuarios finales, tales como la potencial optimización de la eficiencia energética y las oportunidades para otras modalidades y fuentes de financiación, siempre que sea posible y voluntario (decisión 92/36 e)).

- (k) Las empresas dedicadas a la instalación y el montaje locales recibieron apoyo en el marco de los PGEH de conformidad con las directrices de política para el sector de servicio y mantenimiento. Dado que la cantidad de HCFC utilizada en estas aplicaciones no era elevada, se solicitó y, por consiguiente, se proporcionó un apoyo adicional limitado a estas empresas en el marco de los PGEH<sup>15</sup>.
- (l) La ejecución de los proyectos y la supervisión de las actividades se llevaron a cabo no solo para lograr la finalización rentable y oportuna de los proyectos, sino también para reducir el consumo de conformidad con los objetivos de cumplimiento. El efecto de las actividades de conversión en el crecimiento del consumo de HFC no se supervisó ni notificó en general, ya que, durante el período anterior a octubre de 2016, esas sustancias no estaban controladas en virtud del Protocolo de Montreal ni de la normativa nacional.

9. A pesar del apoyo prestado a los países del artículo 5 para la adopción de alternativas de bajo PCA a los HCFC en diferentes aplicaciones de RACHP y espumas, se produjo una considerable adopción de equipos y tecnologías con HFC en los países del artículo 5 debido, entre otras cosas, a los niveles de evolución tecnológica que afectaron a la disponibilidad en el mercado de tecnologías maduras a precios competitivos; a la cautela ejercida por la industria a la hora de adoptar tecnologías de bajo PCA; y a factores de mercado y normativos. Esto fue especialmente pronunciado en el sector del aire acondicionado residencial, en el que se adoptaron con frecuencia tecnologías energéticamente eficientes con HFC de alto PCA (p. ej., los AC con R-410A energéticamente eficientes), sobre todo al principio de la eliminación de los HCFC. Esa transición ayudó a los países a lograr la eliminación de los HCFC con mayor rapidez. Sin embargo, esto también aumentó las existencias de tecnologías con HFC en aplicaciones que antes utilizaban HCFC.

10. La adopción de la Enmienda de Kigali en 2016 ha dado lugar a un amplio aumento de los niveles de concienciación sobre el impacto climático del uso de tecnologías con HFC en aplicaciones de RACHP, y sobre la necesidad de reducir las tecnologías con HFC. Desde la 93.ª reunión, 106 países han recibido financiación para la preparación de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali, 24 países han recibido financiación para los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali y 14 países han aprobado proyectos de inversión independientes para la reducción de los HFC. Además, se prevé que en los próximos 24 meses se presenten los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali de otros países, incluidos los países del artículo 5 que se espera que ratifiquen la Enmienda de Kigali en un futuro próximo. Dado que los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali aprobados se encuentran en fases muy tempranas de aplicación, es difícil evaluar su impacto en la tasa de adopción de tecnologías de bajo PCA y en las tendencias de consumo de dichas tecnologías. Cabe señalar que varios de los fabricantes de equipos de refrigeración domésticos y comerciales autónomos que recibieron ayuda mediante proyectos de inversión en HFC han completado sus conversiones a alternativas de bajo PCA.

11. Tras la adopción de la Enmienda de Kigali, el Comité Ejecutivo sigue examinando diferentes aspectos políticos destinados a proporcionar apoyo para mantener o mejorar la eficiencia energética al tiempo que se adoptan tecnologías alternativas en el contexto de la eliminación de los HCFC y la reducción de los HFC.

12. En la actualidad, se dispone de apoyo para proyectos piloto relacionados con la eficiencia energética en el contexto de la reducción de los HFC (decisión 91/65) y para actividades relacionadas con

---

<sup>15</sup> Aplicaciones en las que operaban empresas locales de instalación y montaje utilizaban principalmente HFC, tanto en refrigeración como en aire acondicionado.

la eficiencia energética en el sector de servicio y mantenimiento para los países de bajo consumo cuando adoptan tecnologías de bajo PCA al tiempo que eliminan los HCFC (decisión 89/6). El Comité Ejecutivo prosigue sus consultas relativas a las actividades para mantener o mejorar la eficiencia energética durante la reducción de los HFC en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/61.

### **Análisis de las emisiones directas e indirectas y tendencias futuras derivadas de las necesidades de refrigeración**

13. El informe Vigilancia Mundial de la Refrigeración 2023 presenta información sobre las tendencias de las emisiones directas e indirectas hasta 2050, incluyendo diferentes escenarios en función de la tasa de adopción de tecnologías que podrían reducir las emisiones directas (p. ej., una reducción más rápida de los HFC en comparación con las metas de la Enmienda de Kigali) y las emisiones indirectas (p. ej., el impacto de un aumento de la eficiencia energética o la adopción de la refrigeración pasiva). Hay que señalar que el análisis de las conclusiones que se presenta a continuación no prejuzga ninguna decisión política relacionada con la refrigeración sostenible, sino que presenta un resumen de las diversas intervenciones posibles y los efectos de las mismas. Además, las estimaciones de las emisiones se basan en modelos de las emisiones directas e indirectas realizados con aportaciones de expertos sobre las tendencias tecnológicas en las distintas aplicaciones de refrigeración y en la generación de electricidad.

#### Demanda de refrigeración y emisiones de gases de efecto invernadero

14. Se espera que la demanda de refrigeración en términos de teravatios (TW) de capacidad de refrigeración instalada en los países del artículo 5 aumente de 10,1 TW en 2022 a 39,4 TW en 2050 basándose en un escenario tendencial (BaU). El escenario tendencial o BaU tiene en cuenta, entre otras cosas, las previsiones de población basadas en las estimaciones de crecimiento medio de la ONU; las previsiones de producto interior bruto basadas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – Trayectoria Socioeconómica Compartida 2 (SSP 2 de la CMNUCC) («Mitad de camino»);<sup>16</sup> y otros parámetros macroeconómicos como el acceso a la electricidad, el número de hogares y el número de vehículos.

15. En un escenario de acceso mejorado (AM) que considera equipamiento adicional (es decir, acceso a un refrigerador doméstico y a un pequeño aire acondicionado para los 1000 millones de hogares más pobres)<sup>17</sup>, la demanda de refrigeración en los países del artículo 5 en 2050 se estima en 43,2 TW. Esto se traduce en un crecimiento de la demanda de refrigeración per cápita de 1,5 kW en 2022 a 4,8 kW en 2050. Se espera que el multiplicador de crecimiento (es decir, la relación entre la demanda de refrigeración en 2050 (escenario BaU) y en 2022) sea el más alto de los países de África y de la región Asia-Pacífico, seguidos de las regiones de América Latina y el Caribe y de Europa oriental.

16. Se prevé que las emisiones anuales de GEI procedentes de los equipos de refrigeración utilizados en los países del artículo 5 aumenten de 2700 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-eq) en 2022 a 7470 millones de toneladas CO<sub>2</sub>-eq y 8150 millones de toneladas CO<sub>2</sub>-eq en 2050 en los escenarios de crecimiento BaU y AM, respectivamente.

#### Posibles intervenciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero

17. El informe Vigilancia Mundial de la Refrigeración 2023 incluye estimaciones del impacto de diferentes intervenciones sobre los niveles de emisiones de GEI en 2050 de todos los países. En el cuadro 1 se presenta información sobre las estimaciones del impacto sobre las emisiones de las diferentes políticas aplicadas a los países del artículo 5. Las estimaciones presentadas en el informe muestran que diversas intervenciones tienen el potencial de reducir las emisiones directas e indirectas de GEI

<sup>16</sup> SSP2 es un escenario con desafíos medianos para la mitigación y la adaptación.

<sup>17</sup> Este acceso de 1000 millones de hogares no está incluido en el escenario BaU explicado anteriormente.

relacionadas con la refrigeración en 2050 de 8150 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq a 2110 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq<sup>18</sup>.

**Cuadro 1. Impacto de las intervenciones en los países del artículo 5 para lograr una refrigeración sostenible en las emisiones directas e indirectas en 2050<sup>19</sup> en la hipótesis de crecimiento con AM**

Intervenciones	Emisiones totales en 2050	Emisiones de refrigerantes directas	Emisiones de energía indirectas
Miles de millones de toneladas CO <sub>2</sub> -eq			
Ninguna medida política	8150	1220	6930
Cumplimiento de la Enmienda de Kigali	7220	290	6930
Ganancia de eficiencia energética BaU <sup>20</sup>	5490	290	5200
Reducción de la carga <sup>21</sup>	4320	240	4080
Mejor aumento de la eficiencia energética <sup>22</sup>	2250	240	2010
Rápida reducción de los HFC <sup>23</sup>	2110	100	2010

Reducción de las emisiones directas en diferentes aplicaciones

18. En el cuadro 2 se presenta una evaluación de las emisiones directas acumuladas de la refrigeración (es decir, las emisiones de los refrigerantes utilizados en diferentes aplicaciones) en el «escenario de cumplimiento de Kigali» en seis grupos de aplicaciones, a saber, refrigeración de espacios residenciales, cadena de frío residencial, refrigeración de espacios no residenciales, cadena de frío no residencial, refrigeración de espacios de transporte y cadena de frío de transporte. También muestra la reducción de emisiones indirectas resultante de un menor consumo de energía, así como la correspondiente disminución de emisiones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en las hipótesis «BaU de mejoras de la eficiencia en el consumo energético» y «Mejor aumento de la eficiencia energética». La refrigeración de espacios residenciales, la refrigeración de espacios no residenciales, la cadena de frío no residencial y la refrigeración de espacios de transporte contribuyen a las mayores emisiones directas acumuladas de HFC estimadas. Los tres sectores de refrigeración espacial representan una proporción significativa de la capacidad de refrigeración instalada.

<sup>18</sup>El cuadro 1 no incluye ninguna reducción de emisiones vinculada a la descarbonización de la red eléctrica. La descarbonización de la electricidad proporcionará más reducciones de emisiones, pero en general no se verá influida por las partes interesadas del sector de la refrigeración.

<sup>19</sup>En el cuadro 1 cuadro 1 se presentan las estimaciones de las emisiones de GEI en 2050 y no el impacto acumulado a partir de 2024.

<sup>20</sup> Se estima un escenario tendencial o BaU de aumento de la eficiencia energética basado en los aumentos de eficiencia energética esperados que se lograrían en el escenario BaU para diferentes aplicaciones durante el periodo 2024-2040 con la suposición de que los fabricantes de equipos introducirán lentamente mejoras de eficiencia energética incluso sin medidas políticas adicionales, pero que este índice de mejora de la eficiencia es mucho más lento de lo que es técnicamente factible/viable con medidas políticas más fuertes.

<sup>21</sup> Medidas de refrigeración pasiva que darían lugar a una reducción de la carga de alrededor del 25 % en 2050.

<sup>22</sup> Un mejor escenario de aumento de la eficiencia energética se refiere a la rápida introducción de tecnologías eficientes desde el punto de vista energético, con la hipótesis de una rápida adopción de los equipos de alta eficiencia disponibles en la actualidad y mejoras continuas de la eficiencia basadas en nuevos avances técnicos.

<sup>23</sup> En el escenario de reducción rápida de los HFC, se evita el uso de los HFC de muy alto PCA tan pronto como sea posible (*leapfrogging*). Cuando ya se dispone ampliamente de una opción de muy bajo PCA (como los HC para equipos pequeños y sellados y el HFO-1234yf para el aire acondicionado de los coches), estas opciones se crean como modelo. Cuando la elección tecnológica a largo plazo es menos clara (como el aire acondicionado dividido), se introducen opciones de «PCA más bajo», con una transición a alternativas de bajo PCA durante la década de 2030.



**Cuadro 2. Emisiones directas acumuladas por refrigeración de 2024 a 2050**

Particulares <sup>24</sup>	Conformidad con Kigali		Consumo de energía acumulado, 2024 a 2050 (en miles de TWh)		Emisiones indirectas acumuladas, 2024 a 2050 (millones de toneladas CO <sub>2</sub> -eq)	
	Miles de millones de toneladas CO <sub>2</sub> -eq	Porcentaje del total (%)	Escenario de aumento de la eficiencia energética BaU	Mejor escenario de aumento de la eficiencia energética	Escenario de aumento de la eficiencia energética BaU	Mejor escenario de aumento de la eficiencia energética
Refrigeración de espacios residenciales	8310	32,1	68 635	39 345	41 540	20 620
Cadena de frío residencial	150	0,6	14 816	8992	7530	4460
Refrigeración de espacios no residenciales	4980	19,2	24 411	15 306	14 830	7810
Cadena de frío no residencial	8850	34,2	32 002	20 683	18 030	10320
Refrigeración del espacio de transporte	3360	13,0	24 616	17 768	8270	4920
Cadena de frío de transporte	250	1,0	3349	2108	990	530
<b>Total</b>	<b>25 900</b>	<b>100,0</b>	<b>167 829</b>	<b>104 202</b>	<b>91 200</b>	<b>48 660</b>

#### Reducción de la demanda máxima de energía

19. El Modelo mundial de emisiones de refrigeración de las perspectivas de los HFC proporciona estimaciones del consumo de electricidad en teravatios-hora (TWh) al año. La demanda media anual de teravatios (TW) puede calcularse dividiendo la cifra de TWh por 8760 (el número de horas del año). Sin embargo, esta media está muy por debajo de la demanda máxima, que sería mayor debido a la carga coincidente de los equipos de aire acondicionado o, por ejemplo, de los coches eléctricos que se están cargando. En vista de lo anterior, en el cuadro 3 se presentan las estimaciones de la demanda máxima en teravatios utilizando un «factor de demanda máxima»<sup>25</sup> de 2,3.

**Cuadro 3. Consumo de electricidad y demanda máxima en escenarios “BaU de aumento de la eficiencia energética” y “Mejor aumento de la eficiencia energética”**

Particulares	2022	2030	2040	2050
	<b>TWh al año</b>			
Aumento de la eficiencia BaU	3024	4290	6477	10 042
Gran aumento de la eficiencia	2930	2979	3168	3864
	<b>Demanda media anual de TW (usando 8760 horas)</b>			
Aumento de la eficiencia BaU	0,35	0,49	0,74	1,15
Gran aumento de la eficiencia	0,33	0,34	0,36	0,44
	<b>Demanda máxima TW, Factor demanda máxima 2,3</b>			
Aumento de la eficiencia BaU	0,79	1,13	1,70	2,64
Gran aumento de la eficiencia	0,77	0,78	0,83	1,01

Nota: 1 TW equivale a 1 millón de MW; con un coste de inversión estimado de 2 millones de dólares por MW para la generación de electricidad, el ahorro derivado de evitar inversiones en centrales eléctricas es significativo.

<sup>24</sup> La refrigeración de espacios residenciales se refiere a los acondicionadores de aire residenciales; la cadena de frío residencial se refiere a la refrigeración doméstica; la refrigeración de espacios no residenciales se refiere al aire acondicionado comercial e industrial; la cadena de frío no residencial se refiere a la refrigeración comercial e industrial; la refrigeración de espacios de transporte se refiere al aire acondicionado de transporte, incluido el aire acondicionado móvil; y la cadena de frío de transporte se refiere a la refrigeración de transporte.

<sup>25</sup> Debido a la naturaleza compleja de la evaluación de la demanda máxima de energía, se utiliza un «factor de demanda máxima» para realizar estimaciones de la demanda máxima de energía; el factor podría variar en función de las condiciones locales.

20. El aumento de la eficiencia energética se traduce en un ahorro de las inversiones de capital en infraestructura de equipo para la generación, transmisión y distribución de energía, y también puede contribuir a un ahorro directo del gasto público cuando se subvenciona el consumo de energía.

21. Se puede lograr una reducción significativa del consumo de energía mediante la reducción de la carga, que puede conseguirse a través de medidas de refrigeración pasiva; una carga de refrigeración a los niveles actuales de 43,2 TW puede reducirse a unos 33 TW en 2050 a través de tales medidas. En el caso de los edificios, medidas como las superficies reflectantes, el sombreado y la mejora del aislamiento pueden reducir significativamente las cargas de refrigeración. En el caso de las aplicaciones de refrigeración, medidas como puertas en los escaparates, iluminación de alta eficiencia en las cámaras frigoríficas y ventiladores de evaporadores de velocidad variable pueden contribuir a una reducción significativa de la carga de refrigeración. Estas técnicas de reducción de la carga de refrigeración son más rentables en los sistemas nuevos, pero muchas de ellas pueden aplicarse también a los sistemas existentes.

### **Qué podría hacerse en relación con la refrigeración sostenible en el futuro en el marco de los planes de gestión de la eliminación de los HCFC y los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali relativos a los HFC**

22. Las actividades financiadas por el FML desempeñan un papel clave en la promoción de la adopción de tecnologías de refrigeración sostenibles en las aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado. El análisis anterior muestra el considerable impacto que pueden tener en la refrigeración sostenible las actividades de reducción de los HFC en virtud de la Enmienda de Kigali, la transición a equipos de alta eficiencia energética que utilizan tecnología de refrigerantes de bajo PCA y el funcionamiento eficiente de los equipos de refrigeración. Los países se beneficiarán tanto en un escenario BaU en términos de acceso de la población a la electricidad como en un escenario de mayor acceso a los equipos.

23. Además, el FML se encuentra en una posición única para seguir llevando a cabo actividades encaminadas a conseguir una refrigeración sostenible a través de: los compromisos nacionales vinculantes para el cumplimiento de los objetivos del Protocolo de Montreal; la creación de redes de dependencias nacionales del ozono (DNO) con la industria; un enfoque impulsado por los países para adoptar tecnologías sostenibles; un enfoque equilibrado que evite el desajuste entre la oferta y la demanda; y el refuerzo institucional. Además, el FML podría trabajar en enfoques y proyectos de refrigeración sostenible en colaboración con otras instituciones.

#### Refuerzo de la recopilación de datos sobre refrigeración sostenible

24. *Es necesario reforzar la recopilación de datos sobre la infraestructura de refrigeración en relación con el consumo de HFC y la eficiencia energética, junto con los patrones y las tendencias, a fin de comprender los obstáculos y las intervenciones para lograr una refrigeración sostenible.* Una evaluación de la estructura del sector/industria y de las tendencias tecnológicas relacionadas con la refrigeración de confort y las cadenas de frío es fundamental para definir planes de acción específicos que promuevan la refrigeración sostenible<sup>26</sup>. Esto requeriría enfoques específicos de cada país para la recopilación y el análisis de datos relativos a las aplicaciones de refrigeración. La preparación y ejecución de las actividades de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali puede servir para

---

<sup>26</sup> Los procesos de recopilación de datos estarían impulsados por los principales objetivos de la recopilación. En el caso de las intervenciones que vayan más allá de la ejecución de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali, es posible que la recopilación de datos (por ejemplo, cómo se utilizan las tecnologías de refrigeración en las explotaciones agrícolas y en las operaciones posteriores a la cosecha antes de la transformación, los problemas que se plantean en el contexto del acceso a la refrigeración, la necesidad de intervenciones para modificar el comportamiento de los consumidores) deba ser llevada a cabo por otras partes interesadas con aportaciones de la DNO.

recopilar información e implicar a las partes interesadas que se ocupan de las aplicaciones de refrigeración o las utilizan cuando diseñan medidas e intervenciones políticas para reducir la dependencia de los equipos con HFC. Además, las actividades con apoyo de fuentes de financiación ajenas al MLF podrían utilizarse para recopilar información que podría incluir datos sectoriales.

25. *La información sobre las tecnologías de agentes espumantes y otras soluciones de aislamiento desempeñan un papel importante en la reducción de la pérdida de refrigeración y, por lo tanto, deben ser objeto de un seguimiento continuo para reforzar la adopción de tecnologías de refrigeración sostenibles.* La adopción de la refrigeración sostenible en diferentes aplicaciones (p. ej., el aislamiento de edificios, el aislamiento de la infraestructura de la cadena de frío para minimizar la pérdida de refrigeración) debe incluir la adopción de tecnologías de aislamiento sostenibles de bajo PCA, con especial atención a las pymes dedicadas a la fabricación de productos de espuma aislante. Los datos relativos a la espuma aislante utilizada en aplicaciones RACHP deben recopilarse y analizarse continuamente con el fin de garantizar un funcionamiento energéticamente eficiente de los equipos.

Programas específicos en el marco de los planes de gestión de la eliminación de los HCFC y los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali relativos a los HFC para promover la refrigeración sostenible

26. *Podrían llevarse a cabo actividades en el marco de los PGEH para la eliminación final de los HCFC para evitar la adopción de tecnologías de sustitución basadas en HFC con alto PCA.* La ejecución de las actividades restantes del PGEH requeriría un enfoque holístico con las actividades de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali existentes y previstas que se están iniciando, para evitar la adopción de tecnologías de sustitución basadas en HFC de alto PCA y promover la adopción de tecnologías de refrigerantes de bajo PCA energéticamente eficientes.

27. *Como parte de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali, se podría considerar una estrategia a nivel sectorial o de aplicación para la eliminación completa de los HFC junto con la adopción de tecnologías sostenibles energéticamente eficientes.* Esto puede incluir sectores individuales o múltiples sectores dependiendo de la estructura industrial nacional para lograr soluciones de refrigeración sostenibles. Durante la ejecución de los PGEH, algunos planes de ejecución incluyeron estrategias sectoriales que ayudaron a reducir el consumo de HCFC entre todos los usuarios de HCFC del sector y dieron lugar a un paquete integral de políticas y normativas para mantener la eliminación de los HCFC. Como parte de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali, por ejemplo, una eliminación más rápida de los HFC-134a y R-404A en la fabricación de equipos autónomos de refrigeración comercial a nivel sectorial puede dar lugar a la reducción de la demanda a largo plazo de HFC en estas aplicaciones. Las estrategias sectoriales en la adopción de ciertos tipos de tecnologías (por ejemplo, el uso seguro de refrigerantes inflamables de bajo PCA) pueden tener efectos indirectos en otras aplicaciones/sectores pertinentes y, por tanto, maximizar los beneficios de este enfoque.

28. Las siguientes intervenciones pueden considerarse durante la ejecución de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali para lograr una refrigeración sostenible, teniendo en cuenta que no son mutuamente excluyentes.

- (a) *Implementar intervenciones relacionadas con la eficiencia energética al tiempo que se convierte la fabricación de HFC a alternativas.* Este enfoque integrado de la conversión de refrigerantes y la incorporación de la eficiencia energética en el diseño de los equipos sería una solución rentable para maximizar el impacto climático positivo.
- (b) *Programas para la adopción acelerada de equipos RACHP basados en refrigerantes de bajo PCA.* Esto se traduciría en un menor consumo de energía de los equipos RACHP tanto en los países que fabrican como en los que importan estos equipos y sería beneficioso para los consumidores y los gobiernos, ya que se produciría un ahorro en el consumo de energía y en las necesidades energéticas derivadas de los equipos RACHP.

Este enfoque debe incluir la minimización de la demanda de refrigeración en las diferentes aplicaciones de los usuarios finales; el dimensionamiento adecuado de los equipos RACHP en términos de diseño e instalación; la garantía de prácticas buenas y seguras para la instalación, el mantenimiento y la revisión de los equipos, incluyendo la recuperación y reutilización de refrigerantes; y la realización de una gestión responsable del final de su vida útil. Estas actividades deberían complementarse con programas específicos de concienciación y divulgación adecuados, el desarrollo de las capacidades de las instituciones nacionales pertinentes y la promoción de una financiación innovadora para la adopción de equipos RACHP energéticamente eficientes y basados en refrigerantes de bajo PCA.

- (c) *Programas de apoyo al usuario final para reducir la dependencia de los equipos con HFC.* Una menor dependencia de los equipos con HFC reducirá la demanda de HFC para la carga inicial y la recarga y acelerará la adopción de alternativas a los equipos con HFC. Esto, a su vez, proporcionará a los proveedores de equipos las señales de mercado necesarias para promover esas tecnologías alternativas. Aunque se presta apoyo a proyectos que entrañan la demostración de tecnologías de bajo PCA y de incentivos a los usuarios finales, su tamaño es limitado y la escalabilidad de las tecnologías demostradas también es limitada.
- (d) *Gestión eficiente del final de la vida útil de los equipos que utilizan HFC.* Esto requeriría una combinación de concienciación y divulgación de información, formación sobre la recuperación de refrigerantes y la eliminación segura de los equipos al final de su vida útil, y la actualización de los códigos de prácticas/reglamentos conexos sobre la gestión segura del final de su vida útil. Los refrigerantes recuperados que no puedan reutilizarse deben eliminarse de forma segura, y es necesario desarrollar enfoques innovadores para gestionar la logística y la financiación de la eliminación y destrucción. Esto puede implicar un enfoque holístico de la gestión de los residuos peligrosos, incluidos los residuos de refrigerantes. Además, dado el alto nivel de inversión y los procesos logísticos implicados, puede ser útil crear centros regionales que puedan recuperar refrigerantes y gestionar las instalaciones de destrucción.
- (e) *Definir mecanismos para lograr una evaluación holística del consumo de HFC en diferentes aplicaciones.* Esto es fundamental para aplicar políticas y normativas que reduzcan el uso de sustancias controladas (p. ej., enfoque sectorial para lograr resultados) que serán aplicables tanto a las empresas que reúnan los requisitos del FML como a las que no reúnan los requisitos para recibir financiación.
- (f) *Enfoque integrado con una fuerte coordinación institucional para la ejecución de actividades de refrigeración sostenible.* La refrigeración sostenible requiere la adopción de tecnologías energéticamente eficientes basadas en refrigerantes de bajo PCA, lo que exige un enfoque integrado que incluya proyectos financiados por el FML con otras intervenciones pertinentes relacionadas con la energía. Si bien la adopción de tecnología de refrigerantes de bajo PCA se aborda principalmente a través de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali y otros proyectos financiados por el FML, los aspectos relacionados con la eficiencia energética deben abordarse a través de sólidos mecanismos de coordinación institucional con las autoridades competentes en materia de eficiencia energética. Dado que los planes nacionales de acción en materia de refrigeración proporcionan un plan holístico para abordar las necesidades de refrigeración a nivel nacional y se preparan con la participación de múltiples partes interesadas, la integración de los planes de aplicación de la Enmienda de Kigali con los componentes pertinentes de los programas nacionales de acción en materia de refrigeración que abordan las aplicaciones de la cadena de frío y la refrigeración de confort puede

desempeñar un papel importante en el apoyo a la adopción de tecnologías de refrigeración sostenibles. Los países podrían considerar la posibilidad de reforzar la coordinación de las DNO con las diferentes partes interesadas y mecanismos institucionales implicados en el desarrollo y la aplicación de los planes nacionales de acción en materia de refrigeración (por ejemplo, participando en reuniones de coordinación, realizando aportaciones a la planificación de las actividades de los planes nacionales de acción para la refrigeración con el fin de maximizar los enfoques complementarios en la adopción de tecnologías de refrigeración sostenibles y realizando aportaciones durante la revisión de los objetivos de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del país). Con el tiempo, dependiendo de la evolución de los planes nacionales de acción en materia de refrigeración, podría ajustarse el papel específico de la DNO en el proceso. Podrían adoptarse enfoques similares en relación con otros planes sectoriales que impliquen aplicaciones de RACHP a nivel nacional (p. ej. planes de desarrollo del sector turístico, refuerzo de la infraestructura de la cadena de frío).

### **RECOMENDACIÓN**

29. El Comité Ejecutivo tal vez desee tomar nota de la información contenida en el documento UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/63 sobre la forma en que las actividades de eliminación gradual de HCFC y HFC apoyadas por el Fondo Multilateral podrían contribuir a la refrigeración sostenible.

---