



Distr. general  
3 de junio de 2021

Español  
Original: inglés



## Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

---

### Grupo de Trabajo de composición abierta de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono 43ª reunión

En línea, 22 y 24 de mayo y 14 a 17 de julio de 2021\*  
Tema 4 del programa provisional\*\*

**Emisiones inesperadas de triclorofluorometano (CFC-11)  
(decisión XXX/3, párr. 4; decisión XXXI/3, párr. 7)**

## Cuestiones que el Grupo de Trabajo de composición abierta de las Partes en el Protocolo de Montreal examinará en su 43ª reunión e información que se señala a su atención

### Adición

### Emisiones inesperadas de triclorofluorometano (CFC-11)

### Nota de la Secretaría

## I. Introducción

1. Habida cuenta de la persistencia de la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19) y de las consiguientes restricciones impuestas a los viajes, la 43ª reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta de las Partes en el Protocolo de Montreal no podrá celebrarse de manera presencial en Bangkok como estaba previsto. En su lugar, se ha dado prioridad a una serie de cuestiones del programa provisional (UNEP/OzL.Pro.WG.1/43/1) para tratarlas en línea. Estas son: a) reposición del Fondo Multilateral para el período 2021-2023 (tema 3 del programa); b) emisiones inesperadas de triclorofluorometano (CFC-11) (tema 4 del programa); c) propuestas de exenciones para usos críticos del bromuro de metilo para 2022 y 2023 (tema 7 a) del programa); y d) tecnologías dotadas de eficiencia energética y bajo potencial de calentamiento atmosférico (tema 12 del programa).

2. La labor en línea se verá facilitada por un foro en línea, creado en el sitio web de la Secretaría del Ozono para que las Partes examinen y publiquen observaciones sobre documentos concretos, y por una serie de reuniones en línea<sup>1</sup>.

---

\* Algunos temas del programa se abordarán en línea y otros quedarán aplazados.

\*\* UNEP/OzL.Pro.WG.1/43/1.

<sup>1</sup> Las reuniones versan sobre: a) orientaciones para el equipo de tareas del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica sobre la labor futura relativa a su evaluación de la financiación necesaria para la reposición del Fondo Multilateral para el período 2021-2023 (informe de reposición) (22 y 24 de mayo de 2021); b) emisiones inesperadas de CFC-11 (14 y 15 de julio de 2021); y c) tecnologías dotadas de eficiencia energética y bajo potencial de calentamiento atmosférico (16 y 17 de julio de 2021).

3. Los participantes en la reunión en línea sobre emisiones inesperadas de CFC-11 debatirán los aspectos técnicos de los dos informes siguientes:
  - a) El informe del Grupo de Evaluación Científica titulado “Informe sobre las emisiones inesperadas de CFC-11”, publicado en abril de 2021<sup>2</sup>;
  - b) El informe del equipo de tareas del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica sobre el CFC-11, contenido en el volumen 3 del informe del Grupo de 2021, titulado “Informe del equipo de tareas del GETE sobre las emisiones inesperadas de triclorofluorometano (CFC-11) preparado en respuesta a la decisión XXXI/3”, publicado en mayo de 2021<sup>3</sup>.
4. En la sección II de la presente nota figura información sobre la organización de la labor relativa a las emisiones inesperadas de CFC-11, mientras que en la sección III se ofrece información de antecedentes y cuestiones propuestas para su examen.

## II. Organización de los trabajos sobre las emisiones inesperadas de CFC-11

5. La Secretaría ha creado una pestaña específica para la cuestión de las emisiones inesperadas de CFC-11 en el foro en línea a que se hace referencia en el párrafo 2 de la presente nota<sup>4</sup>. La finalidad del foro sobre el CFC-11 es posibilitar que las Partes formulen preguntas y observaciones sobre los informes sobre el CFC-11 antes de la reunión técnica en línea en la que se abordará ese tema. Los grupos podrán tener en cuenta esas preguntas y observaciones a la hora de preparar sus presentaciones para la reunión. Asimismo, los representantes tal vez desearán plantear preguntas y formular más observaciones durante el segmento de preguntas y respuestas de la reunión. El foro estará abierto a la publicación de observaciones y preguntas del 31 de mayo al 21 de junio de 2021.
6. Los días 14 y 15 de julio se celebrará la reunión técnica en línea sobre el CFC-11, que constará de dos reuniones sustancialmente idénticas para facilitar la participación desde distintas zonas horarias. La primera se celebrará de las 9.00 a las 12.00 horas (hora de Nairobi (UTC + 3)) el 14 de julio, y la segunda de las 16.00 a las 19.00 horas (hora de Nairobi (UTC + 3)) el 15 de julio. Los grupos presentarán sus respectivos informes sobre las emisiones inesperadas de CFC-11 en cada una de las reuniones. Cada presentación irá seguida de una sesión de debate, que incluirá un segmento de preguntas y respuestas. También se podrán hacer declaraciones generales durante esa sesión. Se grabarán ambas sesiones y las grabaciones estarán disponibles en el foro en línea. La información relacionada con la reunión técnica en línea y los documentos de la reunión se publicarán en el portal de la 43<sup>a</sup> reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta<sup>5</sup> y en el foro en línea a medida que estén disponibles.
7. La reunión técnica en línea se celebrará en la plataforma Interprefy, con interpretación simultánea en los seis idiomas oficiales de las Naciones Unidas. Los datos de acceso se enviarán por correo electrónico a todos los participantes inscritos, junto con información sobre cómo acceder a la plataforma. Las sesiones de prueba para los participantes se celebrarán los días 8 y 9 de julio de 2021<sup>6</sup>.
8. A continuación, figura el programa provisional de la reunión técnica en línea sobre el CFC-11. Los Copresidentes lo presentarán para que las Partes lo examinen y lo aprueben al comienzo de la reunión.
  1. Apertura de la reunión.
  2. Cuestiones de organización:
    - a) Aprobación del programa;
    - b) Organización de los trabajos.
  3. Emisiones inesperadas de CFC-11:

<sup>2</sup> <https://ozone.unep.org/system/files/documents/SAP-April-2021-report-on-the-unexpected-emissions-of-CFC-11.pdf>.

<sup>3</sup> [https://ozone.unep.org/system/files/documents/Final\\_TEAP-DecisionXXXI-3-TF-Unexpected-Emissions-of-CFC-11-may2021.pdf](https://ozone.unep.org/system/files/documents/Final_TEAP-DecisionXXXI-3-TF-Unexpected-Emissions-of-CFC-11-may2021.pdf).

<sup>4</sup> <https://online.ozone.unep.org/t/unexpected-emissions-of-cfc-11/93>.

<sup>5</sup> <https://ozone.unep.org/meetings/43rd-meeting-open-ended-working-group-parties-montreal-protocol>.

<sup>6</sup> Las horas concretas se anunciarán en la sección “Información sobre la reunión” del portal de la 43<sup>a</sup> reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta.

- a) Presentación del informe del Grupo de Evaluación Científica sobre las emisiones inesperadas de CFC-11;
  - b) Presentación del informe del equipo de tareas del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica sobre las emisiones inesperadas de CFC-11;
  - c) Sesión de debate.
4. Clausura de la reunión.

9. Durante la reunión técnica en línea, los participantes deberán utilizar la función virtual de “levantar la mano” de la plataforma de reuniones Interprefy para solicitar la palabra, o la función de chat en línea para enviar, en inglés, sus observaciones. Se alienta a los participantes a que hagan uso de la palabra en lugar de recurrir al chat, de modo que sus declaraciones puedan ser objeto de interpretación y queden incluidas en el resumen que figurará en el informe de la reunión.

### III. Emisiones inesperadas de CFC-11

#### A. Antecedentes

10. Tras la eliminación mundial de la producción y el consumo de CFC-11 en 2010, en virtud de las disposiciones del Protocolo de Montreal, se esperaba que las emisiones mundiales de CFC-11 y su concentración en la atmósfera disminuyeran de manera sostenida. Sin embargo, una investigación científica publicada a principios de 2018 aportó pruebas de un aumento inesperado de las emisiones mundiales de CFC-11 en el período 2014-2016. Esto llevó a las Partes a entablar amplios debates que dieron lugar a la adopción de las decisiones XXX/3 y XXXI/3 en 2018 y 2019, respectivamente.

11. En el párrafo 1 de la decisión XXX/3, se solicitó al Grupo de Evaluación Científica que presentase a las Partes, en su 32ª Reunión, en 2020, un informe resumido sobre el aumento inesperado de las emisiones de CFC-11, que complementaría la información facilitada en su evaluación cuatrienal de 2018, con inclusión de información adicional sobre la vigilancia de la atmósfera y la elaboración de modelos, incluidas las suposiciones subyacentes, con respecto a esas emisiones.

12. En el párrafo 2 de la misma decisión, se solicitó al Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica que proporcionase a las Partes información sobre las posibles fuentes de emisiones de CFC-11 y las sustancias controladas conexas a partir de producciones y usos posibles, así como de los bancos de sustancias, que pudiesen haber dado lugar a las cantidades inesperadas de emisiones de CFC-11 en las regiones pertinentes; y que presentase un informe preliminar a la 41ª reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta en 2019 y un informe final a la 31ª Reunión de las Partes en ese mismo año. El Grupo estableció un equipo de tareas sobre el CFC-11 y preparó sus informes según lo solicitado<sup>7</sup>.

13. Tras el examen de esta cuestión, la 31ª Reunión de las Partes, solicitó al Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica, en el párrafo 7 de la decisión XXXI/3, que proporcionase a las Partes una actualización de la información recibida de conformidad con el párrafo 2 de la decisión XXX/3 y que presentase un informe al respecto a la 32ª Reunión de las Partes. En particular, se pidió al Grupo de Evaluación que incluyera en el informe toda información nueva y convincente de que se dispusiera y que proporcionara información sobre lo siguiente: a) un análisis de los bancos de CFC-11; b) los vínculos entre el volumen de producción de fluoruro de hidrógeno anhidro y tetracloruro de carbono y las emisiones inesperadas de CFC-11; c) los tipos de productos que contienen CFC-11, la eliminación de esos productos y las posibilidades y los métodos para detectar esos productos, así como la posible recuperación del CFC-11 de que se trate; y d) la determinación de las posibles causas de la producción y el comercio ilícitos de CFC-11. El Grupo volvió a establecer su equipo de tareas sobre el CFC-11 para preparar el informe solicitado a tiempo para su examen por la 32ª Reunión de las Partes en noviembre de 2020.

14. Como consecuencia de la pandemia, la 32ª Reunión de las Partes, celebrada en noviembre de 2020 en combinación con la 12ª reunión (parte I) de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, se celebró en línea con un programa reducido. La cuestión del CFC-11 no se debatió y, por lo tanto, su examen fue aplazado hasta 2021. Además, la preparación del informe del Grupo de Evaluación Científica, cuya publicación estaba originalmente prevista para finales de 2020, conforme a lo dispuesto en la decisión XXX/3, se retrasó hasta principios de 2021 para permitir la inclusión de las mediciones y los análisis actualizados sobre

<sup>7</sup> [https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP\\_Task\\_Force\\_Dec\\_XXX-3\\_on\\_Unexpected\\_CFC-11\\_Emissions\\_May\\_2019.pdf](https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP_Task_Force_Dec_XXX-3_on_Unexpected_CFC-11_Emissions_May_2019.pdf); y [https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-3-unexpected\\_CFC11\\_emissions-september2019.pdf](https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-3-unexpected_CFC11_emissions-september2019.pdf).

el CFC-11 que figuraban en dos artículos científicos publicados en febrero de 2021. Del mismo modo, el informe del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica se retrasó hasta 2021 para que el equipo de tareas de dicho Grupo pudiera tener en cuenta las nuevas conclusiones del informe del Grupo de Evaluación Científica.

15. A la luz de lo anterior, el informe del Grupo de Evaluación Científica en respuesta a la decisión XXX/3 y el del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica en respuesta a la decisión XXXI/3 se estudiarán durante la correspondiente reunión técnica en línea organizada en el marco de la 43ª reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta. Si bien las cuestiones políticas conexas no se debatirán durante la reunión en línea, podrían examinarse en la 12ª reunión conjunta (parte II) de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y la 33ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal, que se celebrará más adelante este año.

16. Los principales mensajes y los resúmenes de los dos informes se reproducen en los anexos I y II de la presente nota, tal como fueron recibidos por la Secretaría, sin que hayan sido objeto de revisión editorial oficial en inglés. En las secciones B y C que siguen figura un resumen de la información proporcionada en los informes.

## **B. Informe del Grupo de Evaluación Científica sobre las emisiones inesperadas de CFC-11**

17. El informe del Grupo de Evaluación Científica fue elaborado por un equipo de expertos convocado por los Copresidentes y revisado por expertos independientes. De acuerdo con la petición de las Partes en la decisión XXX/3, el informe aborda las observaciones actuales y pasadas de las concentraciones de CFC-11 en la atmósfera; las emisiones y tendencias mundiales y regionales de CFC-11; las emisiones mundiales de CFC-12 y tetracloruro de carbono asociadas a la producción de CFC-11; las estimaciones de los bancos de CFC-11 (es decir, CFC-11 producido pero aún no emitido); los escenarios de emisiones futuras y concentraciones atmosféricas; y los efectos del inesperado aumento de las emisiones de CFC-11 en la capa de ozono estratosférica.

18. Las emisiones mundiales de CFC-11 pueden derivarse de las concentraciones en la atmósfera medidas en lugares remotos de todo el mundo, mientras que las emisiones regionales pueden derivarse de las observaciones en lugares situados inmediatamente a sotavento de las regiones fuente. El Grupo informa de que la tasa de disminución anual de las concentraciones de CFC-11 en la atmósfera en los últimos años evolucionó del 0,8 % en el período 2002-2012 al 0,5 % en 2014-2018 y luego al 0,7 % en 2018-2019. El análisis de las concentraciones observadas llevó a la conclusión científica de 2018 de que el valor medio derivado de las emisiones mundiales anuales para el período 2014-2016 ( $67 \pm 3$  kilotoneladas al año) era  $13 \pm 5$  kilotoneladas al año mayor que para el período 2002-2012, lo que indica un aumento mundial inesperado de las emisiones de CFC-11.

19. Aunque posteriormente se comprobó que las emisiones de 2018 ( $70 \pm 10$  kilotoneladas al año) eran similares a la media de 2014-2017, las emisiones mundiales de 2019 fueron  $18 \pm 6$  kilotoneladas al año inferiores a las del período 2014-2018. Este abrupto descenso en 2019 devolvió las emisiones mundiales de CFC-11 a un nivel comparable al de antes de 2013.

20. El informe indica que una gran parte del inesperado aumento mundial de las emisiones de CFC-11 ( $60 \% \pm 40 \%$ ) durante el período 2014-2017 se atribuye a la zona oriental de China continental, con múltiples indicios de la existencia de nueva producción y uso en esta región.

21. El Grupo señala que las emisiones actuales y futuras de CFC-11 dependen de las magnitudes del banco y de las tasas de liberación y reconoce que estas variables son difíciles de evaluar. No obstante, señala que los análisis descendentes y ascendentes indican que es poco probable que el aumento inesperado de las emisiones mundiales durante el período 2014-2018 se deba a las pérdidas de emisiones de los bancos preexistentes de CFC-11 en 2010. Se requiere una mejor comprensión de las emisiones del banco actual correspondientes a la producción anterior, y probablemente posterior, a 2010 para cuantificar con mayor precisión la magnitud de la producción de CFC-11 no declarada y su impacto en las emisiones durante el último decenio.

22. Para aportar más pruebas sobre la producción no declarada de CFC-11, en el informe también se exploran las emisiones mundiales de otras dos sustancias que agotan la capa de ozono y cuyos usos controlados también se eliminaron a nivel mundial en 2010: el CFC-12, que suele producirse (aunque no necesariamente) durante la fabricación del CFC-11; y el tetracloruro de carbono, utilizado sobre todo como materia prima química en la producción de CFC-11. Según el Grupo, las emisiones mundiales de CFC-12 han disminuido desde mediados del decenio de 1990, con una tendencia que muestra un descenso más lento en el período 2010-2017 que en el período 2000-2009 y un descenso

significativo después de 2017. También se detectó un repentino descenso de las emisiones regionales de CFC-12 en torno a 2016 en la zona oriental de China.

23. Las emisiones mundiales de tetracloruro de carbono no disminuyeron en el período 2010-2019. Las emisiones regionales del este de China, por otro lado, muestran un aumento después de 2012, seguido de un descenso durante el período 2017-2019. Sin embargo, el Grupo señala que no se comprenden del todo las razones de los elevados niveles de emisiones mundiales de tetracloruro de carbono, aunque una de las principales es la producción y el consumo continuos de tetracloruro de carbono para su uso como materia prima química y como agente de procesos. Si bien los estudios recientes han reducido la diferencia entre las estimaciones terrestres y atmosféricas de las emisiones de tetracloruro de carbono, persisten problemas seguimos sin comprender cabalmente el problema y, por tanto, parece poco probable que la producción de CFC-11 no declarada sea la causa principal del inesperadamente elevado nivel de las emisiones de tetracloruro.

24. Con respecto a los efectos de las recientes e inesperadas emisiones de CFC-11 en la recuperación prevista del ozono estratosférico a los niveles de 1980, el Grupo concluye que la recuperación no se retrasará sustancialmente, porque el aumento de las emisiones tuvo lugar solo durante un corto período de tiempo (2014-2019). Dado que las emisiones inesperadas acumuladas de CFC-11 son de 120 a 440 kilotoneladas en el período 2012-2019, se estima que el retraso en la recuperación es de 0,4 a 1,3 años para el ozono mundial y de 0,5 a 3,1 años para el agujero en la capa de ozono de la Antártida.

25. Además, se estima que las emisiones adicionales de CFC-12 y tetracloruro de carbono, posiblemente asociadas al aumento de las emisiones de CFC-11, tienen pequeños efectos adicionales en la recuperación del ozono. También pueden producirse más retrasos en la recuperación si cantidades sustanciales de la producción de CFC-11 no declarada se añadieran a los bancos de espuma después de 2010. Suponiendo que se cumpla el Protocolo de Montreal en el futuro, los escenarios de emisiones prevén un descenso continuado de la concentración de CFC-11 en la atmósfera.

### **C. Informe del equipo de tareas del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica sobre las emisiones inesperadas de CFC-11**

26. El informe del equipo de tareas del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica incluye los aspectos más destacados del informe del equipo de tareas de 2019 sobre el mismo asunto; los principales hallazgos científicos desde 2019, examinados en el informe del Grupo de Evaluación Científica sobre el CFC-11; una descripción exhaustiva de su trabajo de modelización realizado mediante un modelo perfeccionado basado en inventarios y construido a partir de los datos mundiales de la producción y el uso de CFC-11 que se han comunicado a lo largo de los años; y las respuestas a las solicitudes de las Partes establecidas en la decisión XXXI/3 (mencionadas en el párrafo 13 anterior).

27. El informe del equipo de tareas de 2019 había concluido que la probable causa principal del aumento de las emisiones después de 2012 era la reanudación del uso de CFC-11 de nueva producción en espumas de celda cerrada en algunas regiones, debido a la facilidad técnica y la ventaja económica de su uso. El equipo de tareas de 2021 se basó en el trabajo de modelización realizado en 2019, empleando el mismo modelo basado en inventarios, pero perfeccionándolo mediante el uso de la vida útil variable de los enfriadores y las espumas en lugar de la vida útil media utilizada en el modelo para el informe del equipo de tareas de 2019. Otros perfeccionamientos se relacionaron con la elaboración de modelos regionales y basados en productos, tanto para los bancos como para las emisiones, que se incorporaron al trabajo de modelización.

28. El equipo de tareas utilizó el modelo perfeccionado para conciliar las diferencias entre las emisiones estimadas basadas en inventarios y las derivadas de las concentraciones en la atmósfera, asumiendo que las emisiones de CFC-11 derivadas de las concentraciones atmosféricas estaban asociadas a la producción y el uso de espumas de celda cerrada (como se concluyó en el informe del equipo de tareas de 2019). De esta manera, el equipo de tareas estimó la producción adicional de CFC-11 que sería necesaria para alinear las emisiones previstas basadas en inventarios con las emisiones derivadas de las observaciones atmosféricas.

29. Los resultados del modelo coinciden con investigaciones anteriores que indican que las existencias en los bancos no son suficientes para explicar el aumento de las emisiones de CFC-11 observado de 2012 a 2018. Sin embargo, el equipo de tareas llega a una nueva conclusión, y es que la producción de CFC-11 no declarada parecería haberse dado ya en el período 2007-2012. En este sentido, estima que la producción total acumulada de CFC-11 no declarada en el período 2007-2019 fue de entre 320 y 700 kilotoneladas. Suponiendo el uso de CFC-11 en la producción de espumas de

celda cerrada, esta producción total acumulada y no declarada de CFC-11 llevaría a un aumento estimado de 300 kilotoneladas en la magnitud del banco de CFC-11 a finales de 2019.

30. El equipo de tareas también aborda la relación que existe entre el CFC-12 y el tetracloruro de carbono y el inesperado aumento de las emisiones de CFC-11. Con respecto al CFC-12, concluye que, a pesar de las importantes incertidumbres que existen, hay una serie de factores que parecen respaldar el hecho de que los cambios en las emisiones mundiales de CFC-12 están relacionados con la producción de CFC-11 no declarada, como los indicios de un aumento de las emisiones mundiales de CFC-12 en el período 2010-2017, la posterior reducción significativa en 2019 y el origen geográfico de estos cambios. En lo que respecta al tetracloruro de carbono, el equipo de tareas ha estimado las cantidades anuales necesarias para abastecer la producción anual de CFC-11 que supondría el aumento de las emisiones de CFC-11 en el período 2013-2018, y señala que se necesitaría una cantidad acumulada de al menos 360 kilotoneladas de tetracloruro de carbono para producir entre 320 y 700 kilotoneladas de CFC-11 en el período 2007-2019.

31. La información adicional proporcionada por el equipo de tareas en respuesta a las solicitudes formuladas por las Partes en la decisión XXXI/3 incluye las siguientes conclusiones:

a) La mayor parte de la producción mundial declarada de CFC-11 en espumas de celda cerrada se llevó a cabo en Partes que no operan al amparo del artículo 5, concretamente en América del Norte y Europa, y se utilizó principalmente para la construcción y la refrigeración; casi todas las espumas utilizadas en electrodomésticos han sido retiradas del mercado (depositadas en vertederos o destruidas).

b) El vínculo entre la producción de tetracloruro de carbono y las emisiones de CFC-11 no declaradas es más importante que el vínculo con la producción de fluoruro de hidrógeno anhidro.

c) El banco total de CFC-11 activo e inactivo (espumas, refrigerantes y almacenamiento)<sup>8</sup> en 2021 es de  $1.500 \pm 100$  kilotoneladas, de las cuales el banco total de CFC-11 activo es de  $800 \pm 50$  kilotoneladas (3,8 Gt CO<sub>2</sub>eq, en 2021). Las oportunidades de recuperar el CFC-11 de los productos que contienen esa sustancia se limitan a los bancos activos, principalmente de espumas aislantes, y en menor medida, a los enfriadores centrífugos. Ahora bien, la recuperación de las espumas de CFC-11 es un reto. Los mayores beneficios pueden obtenerse combinando residuos de espumas que contienen sustancias que agotan la capa de ozono e hidrofluorocarburos (HFC).

d) Una vez agotadas las oportunidades de reciclaje y recuperación/reutilización, uno de los subsectores más rentables para la recuperación y destrucción de las sustancias que agotan la capa de ozono y los HFC es el del aire acondicionado estacionario, incluidos los enfriadores centrífugos. En el caso de los bancos de espuma, la oportunidad de recuperar y destruir el CFC-11 reside en una mayor gestión de los bancos de espuma activos al final de su vida útil, con una posible desviación de los residuos de espuma hacia la destrucción en lugar de hacia los vertederos y el uso secundario emisivo.

e) Los costos de recuperación constituyen la mayor parte de los costos totales de recuperación y destrucción y dependen de varios factores, como el tipo de desechos del sector, la infraestructura, la logística y las distancias de transporte. Aunque los costos de inversión y funcionamiento de la recuperación y destrucción de residuos de sustancias que agotan la capa de ozono son relativamente elevados si se comparan con otras formas de eliminación más baratas (venteo y eliminación en vertederos), pueden sopesarse frente a los costos externalizados para la sociedad de los efectos sanitarios y ambientales futuros de las emisiones procedentes del venteo o la eliminación en vertederos. La evolución de los requisitos de carbono neto cero y las consideraciones relativas a la economía circular pueden mejorar las opciones de fin de la vida útil.

f) Hay una serie de factores que podrían fomentar la producción y el comercio ilegales de CFC-11, como la falta de disponibilidad y el precio más elevado del HCFC-141b a medida que se va eliminando a nivel mundial, los problemas técnicos relacionados con la eliminación del HCFC-141b en el sector de las espumas en aerosol y en las pequeñas y medianas empresas, los problemas con las alternativas y la facilidad técnica de la conversión a CFC-11.

32. Finalmente, el equipo de tareas indica que las Partes podrían considerar la posibilidad de examinar sus programas de cumplimiento y de formación conexas a fin de garantizar que no se pasen por alto las oportunidades de detectar CFC-11 (o cualquier sustancia controlada), e investigar los incentivos y las herramientas que fomentarían una mayor notificación por la industria de las posibles actividades ilegales o sospechosas a las autoridades.

<sup>8</sup> En el informe del equipo de tareas, un banco se caracteriza como activo si el producto sigue en uso y como inactivo si el producto ha sido vertido.

**D. Cuestiones que se han de examinar**

33. Como se menciona en el párrafo 3 de la presente nota, el objetivo de la reunión técnica en línea es examinar los aspectos técnicos de los informes preparados por los dos Grupos. Está previsto que las cuestiones relacionadas con las políticas se examinen en la 12ª reunión (parte II) de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Viena y la 33ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal, cuya reunión conjunta se espera que se celebre en octubre de 2021.

34. Después de debatir los aspectos técnicos de los informes, el Grupo de Trabajo de composición abierta podría sugerir un camino a seguir.

## **Anexo I**

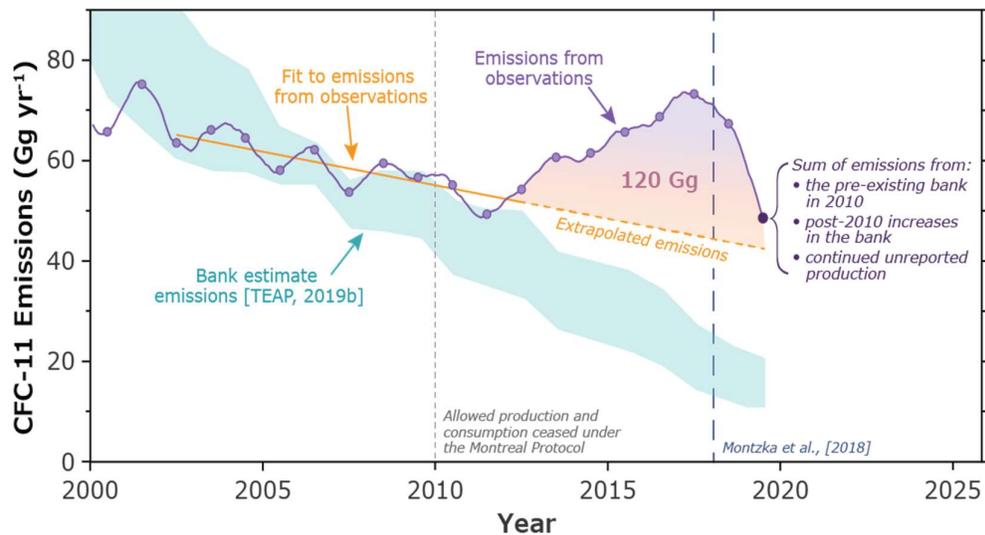
### **Informe del Grupo de Evaluación Científica**

#### **Informe sobre las emisiones inesperadas de CFC-11**

##### **Resumen**

Se esperaba que las emisiones mundiales de CFC-11 disminuyeran de forma constante después de 2010 debido a la eliminación total de la producción y el consumo de esa sustancia (véase el gráfico ES.1, sombreado en azul). Sorprendentemente, las emisiones de CFC-11 aumentaron a partir de 2013 y se situaron en niveles elevados en el período 2014-2018 (gráfico ES.1, color morado). Tras la publicación en 2018 de este aumento de las emisiones, sus niveles fueron sustancialmente menores en 2019. Una gran parte del aumento se atribuyó al este de China, sobre la base de las estimaciones de las emisiones regionales. De 2017 a 2019 estas emisiones regionales también disminuyeron sustancialmente. El aumento de las emisiones mundiales de CFC-11 no fue consecuencia del aumento de las liberaciones procedentes de los bancos. Las cantidades de CFC-11 en bancos y las tasas de liberación de estos bancos siguen siendo muy inciertas (véase el gráfico ES.1, rango sombreado en azul). Los aumentos de las emisiones observados hasta la fecha son lo suficientemente pequeños como para que no tengan un impacto importante en la concentración de CFC-11 en la atmósfera y, por lo tanto, no repercutan de forma grave en la esperada recuperación del ozono estratosférico. Sin embargo, los aumentos de los bancos y la forma en que podrían aumentar las emisiones futuras siguen siendo muy limitados.

**Gráfico ES.1. Promedio anual de las emisiones mundiales de CFC-11 derivadas de las observaciones de la NOAA y del AGAGE (línea y puntos morados). Emisiones previstas de los bancos a partir de una serie de análisis ascendentes de inventarios de usos anteriores, ventas y funciones de liberación de emisiones (sombreado azul). Ajuste lineal de las emisiones a las observaciones durante el período 2002-2012 (línea continua naranja). Extrapolación de este ajuste lineal al período 2013-2019 (línea discontinua naranja). El área sombreada de color morado-naranja entre las observaciones (morado) y la extrapolación (naranja discontinua) muestra el límite inferior de las emisiones totales de 120 Gg (gigagramos) durante el período 2012-2019. Las estimaciones más amplias para las emisiones inesperadas sumadas durante 2012-2019 (440 Gg) se derivan de la comparación de las emisiones observadas con las expectativas del GETE a partir de las emisiones relacionadas con los bancos (sombreado azul). Véase la sección 3 del texto principal para más detalles.**



CFC-11 Emissions (Gg yr<sup>-1</sup>)

Emisiones de CFC-11 (Gg año<sup>-1</sup>)

Year

Año

Fit to emissions from observations

Ajuste de emisiones según observaciones

Extrapolación de emisiones

Bank estimate emissions [TEAP, 2019b]

Emisiones estimadas de los bancos

Emissions from observations

Emisiones a partir de observaciones

Allowed production and consumption ceased under the Montreal Protocol

Cese de la producción y el consumo permitidos en virtud del Protocolo de Montreal

Sum of emissions from:

Suma de las emisiones procedentes de:

the pre-existing bank in 2010

el banco preexistente en 2010

Post-2010 increases in the bank

aumentos posteriores a 2010 en el banco

Continued unreported production

producción no declarada continua

Montzka et al. [2018]

Montzka y otros [2018]

## ES.1 PRINCIPALES CONCLUSIONES

### ES.1.1 Emisiones de CFC-11

- **El inesperado aumento de las emisiones mundiales de CFC-11 se observó por primera vez en 2013 y persistió hasta 2018; en 2019 se redujo a niveles anteriores a 2013 (gráfico ES.1).** Estos cambios en las emisiones se derivan de observaciones atmosféricas que permiten estimar la concentración media mundial y sus cambios interanuales. Los datos proceden del Experimento Mundial Avanzado sobre Gases en la Atmósfera (AGAGE) y de las redes mundiales de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), que

vigilan continuamente la concentración atmosférica de CFC-11 y otras sustancias que agotan la capa de ozono en lugares remotos de todo el mundo. (Véase la sección 3)

- El inesperado aumento de las emisiones mundiales de CFC-11 comenzó en 2013 y se comunicó públicamente por primera vez en 2018. En 2019, las emisiones habían disminuido hasta valores coherentes con los observados durante el período 2008-2012. (Véase la sección 3)
- Las emisiones inesperadas se detectaron por primera vez como una ralentización del descenso a largo plazo de la concentración mundial de CFC-11, que pasó del 0,8 % año<sup>-1</sup> (2002-2012) al 0,5 % año<sup>-1</sup> (2014-2018), y un aumento simultáneo de la diferencia de concentración hemisférica. (Véanse las secciones 2 y 3)
- Las emisiones mundiales de CFC-11 derivadas anualmente de las observaciones ponen de manifiesto los importantes cambios que se han producido en el último decenio (véase el gráfico ES.1, sección 3):
  - ◆ En la publicación inicial en la que se anunciaban las emisiones inesperadas, se estimó que el valor medio para 2014-2016 ( $67 \pm 3$  Gg año<sup>-1</sup>) era  $13 \pm 5$  Gg año<sup>-1</sup> mayor que para 2002-2012. (Gg = gigagramo, 1 Gg = 1 kilotonelada =  $10^9$  g).
  - ◆ Las emisiones del año siguiente, 2018, de  $70 \pm 10$  Gg año<sup>-1</sup> fueron similares a la media de 2014-2017.
  - ◆ Las emisiones disminuyeron notablemente en 2019 en  $18 \pm 6$  Gg año<sup>-1</sup>, lo que supone un  $26 \pm 9$  % menos que los valores medios de 2018 y 2014-2017.
- Las observaciones de las diferencias interhemisféricas en las concentraciones de CFC-11 indican claramente que las fuentes de emisiones inesperadas de 2012 a 2018 se situaban predominantemente en el hemisferio norte. (Véase la sección 2)
- La concentración de CFC-11 en la atmósfera disminuyó a un ritmo del -0,8 % año<sup>-1</sup> (2002-2012), se ralentizó hasta aproximadamente un -0,5 % año<sup>-1</sup> (2014-2018), y luego volvieron a disminuir con más fuerza a un -0,7 % año<sup>-1</sup> (2018-2019). (Véase la sección 2)
- **La fuente regional de una gran fracción del aumento inesperado de las emisiones mundiales de CFC-11 durante 2014-2017 se atribuye al este de China continental. Estas emisiones disminuyeron sustancialmente desde 2014-2017 hasta 2019.** Las emisiones regionales de gases traza pueden derivarse de las observaciones realizadas en lugares situados inmediatamente a sotavento de las regiones fuente. La distribución y la magnitud de las fuentes se derivan de los aumentos de concentración medidos en los penachos de contaminación. Son relativamente pocas las regiones del mundo cuyas emisiones se caracterizan actualmente de esta manera. (Véase la sección 4)
  - Las emisiones regionales de CFC-11 estimadas de este modo muestran un aumento significativo de las emisiones del este de China continental (un aumento de  $7 \pm 4$  Gg año<sup>-1</sup> entre los períodos 2008-2012 y 2014-2017). Este incremento explica el  $60 \pm 40$  % del aumento mundial de las emisiones de CFC-11 entre estos períodos. (Véase la sección 4)
  - Las emisiones de CFC-11 del este de China disminuyeron en  $10 \pm 3$  Gg año<sup>-1</sup> entre los años 2014-2017 y 2019. Esta disminución representa el  $60 \pm 30$  % del descenso mundial durante este mismo período de tiempo. (Véase la sección 4)
  - Múltiples indicios sugieren que el aumento de las emisiones de CFC-11 del este de China continental se debió a la nueva producción y uso, no a un aumento de las emisiones de los bancos de CFC-11 preexistentes. (Véanse las secciones 3 y 5, GETE [2019b])

#### ES.1.2 Bancos

- **Las emisiones actuales y futuras de CFC-11 dependen de las magnitudes de los bancos y de las tasas de liberación. Las estimaciones de las magnitudes de los bancos de CFC-11 son muy inciertas y las tasas de liberación de estos bancos, y su variación en el tiempo, son difíciles de evaluar.** Se esperaba que las emisiones mundiales de CFC-11 del banco existente disminuyeran continuamente después de 2010 con el cumplimiento de las medidas de control del Protocolo de Montreal. El incumplimiento, unido a una producción no declarada

desde 2010, provocó tanto nuevas emisiones directas a la atmósfera como un probable aumento del banco. Aunque en la actualidad no es posible cuantificar con precisión el aumento de los bancos, se han realizado algunas estimaciones. (Véanse las secciones 3 y 5)

- Un análisis ascendente estima que la magnitud del banco mundial de CFC-11 alcanza los 1475 Gg en 2018, mientras que un análisis que utiliza información descendente y ascendente muestra un rango de banco de 900 a 2300 Gg en 2018 (ambos análisis se realizaron sin tener en cuenta la producción no declarada). Los dos análisis también sugieren que es poco probable que las elevadas emisiones registradas durante el período 2014-2018 se deban a un aumento de las pérdidas emisivas del banco preexistente de 2010. (Véase la sección 5)
- Las estimaciones basadas en las emisiones regionales descendentes sugieren que el aumento neto del tamaño del banco en 2019 para el este de China alcanzó una magnitud de 112 Gg (intervalo de incertidumbre superior del 95 %) debido a la nueva producción registrada entre 2013 y 2018. (Véase la sección 4)
- **Para cuantificar con mayor precisión la magnitud de la producción de CFC-11 no declarada en el último decenio y su futuro impacto en las emisiones, es necesario conocer mejor las emisiones actuales de los bancos de la producción anterior a 2010 y el probable aumento de la producción no declarada desde 2010.**
  - El grado en que las emisiones en 2019 (gráfico ES.1, color morado) siguen siendo elevadas por encima de las emisiones previstas en el banco de 2010 (gráfico ES.1, sombreado azul) es muy incierto (1 a 50 Gg año<sup>-1</sup>). Este valor está poco delimitado debido a las grandes incertidumbres sobre las emisiones relacionadas con la producción anterior a 2010 y a cómo podrían haber cambiado los bancos de 2010 a 2019 (gráfico ES.1). (Véase la sección 3)
  - En relación con el descenso de las emisiones mundiales previsto por la disminución proyectada del banco mundial de CFC-11 después de 2010, se estima un aumento acumulado de las emisiones mundiales de 120 a 440 Gg hasta 2019 debido a la producción no declarada (véase el gráfico ES.1). (Véase la sección 3)

#### ES.1.3 EMISIONES DE CFC-12 Y TETRACLORURO DE CARBONO

- **Las emisiones mundiales de CFC-12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) han disminuido desde mediados del decenio de 1990, pero el ritmo de descenso fue más lento en el período 2010-2017 en comparación con el período 2000-2009. Hubo una reducción significativa de las emisiones después de 2017.** Las emisiones inesperadas de CFC-12 eran una posibilidad junto con el aumento inesperado de las emisiones de CFC-11, ya que el CFC-12 se suele producir (aunque no necesariamente) durante la fabricación del CFC-11. Al igual que el CFC-11, el CFC-12 es una de las principales sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) y un potente gas de efecto invernadero (GEI). La producción declarada de CFC-12 cesó en 2010 en virtud del Protocolo de Montreal, salvo las exenciones de pequeñas cantidades esenciales para la fabricación de inhaladores de dosis medidas (que además se redujeron en 2015). (Véase la sección 3)
  - Mientras que las emisiones mundiales de CFC-12 disminuyeron a un ritmo del 12 % ± 2 % año<sup>-1</sup> durante el período 2000-2009, el descenso medio se redujo a solo un 5 % ± 2 % año<sup>-1</sup> aproximadamente durante el período 2010-2017. (Véase la sección 3)
  - Las emisiones mundiales de CFC-12 en 2019 fueron de 21 ± 7 Gg año<sup>-1</sup>, lo que supone un 38 ± 15 % menos que lo estimado para 2018, lo que indica una reducción significativa de las emisiones mundiales de CFC-12, que es similar al momento de la disminución de las emisiones mundiales de CFC-11. (Véase la sección 3)
  - Las emisiones regionales de CFC-12 disminuyeron repentinamente en torno a 2016 en el este de China. (Véase la sección 4)
- **Las emisiones mundiales de tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>) no han disminuido en el período 2010-2019. El análisis inverso indica que las emisiones de CCl<sub>4</sub> del este de China aumentaron después de 2012 y posteriormente disminuyeron alrededor de 2017.** El CCl<sub>4</sub>, el CFC-11 y el CFC-12 pueden emitirse de manera conjunta durante la producción de CFC-11, ya que el CCl<sub>4</sub> es una materia prima para el CFC-11 y el CFC-12. (Véase la sección 3)
  - Las emisiones mundiales de CCl<sub>4</sub> no disminuyeron significativamente durante el período 2010-2019 (0,1 ± 0,2 Gg año<sup>-1</sup>); lo que contrasta con el descenso constante en

el período 2000-2009 ( $1,6 \pm 0,3$  Gg año<sup>-1</sup>). Las incertidumbres relacionadas con las estimaciones anuales y los cambios interanuales, así como la amplia actividad mundial de producción de CCl<sub>4</sub>, los Estados Unidos y sus emisiones asociadas, impiden cualquier evaluación sólida de los cambios de las emisiones mundiales concurrentes con el CFC-11. Las emisiones mundiales de CCl<sub>4</sub> se han mantenido elevadas por encima de las expectativas durante muchos años. (Véase la sección 3)

- Las emisiones regionales de CCl<sub>4</sub> del este de China aumentaron de  $6,0 \pm 1,4$  Gg año<sup>-1</sup> durante 2011-2012 a  $10 \pm 2$  Gg año<sup>-1</sup> durante 2014-2017, antes de disminuir durante 2017-2019 a valores coherentes con la media de 2011-2012. (Véase la sección 4)

#### ES.1.4 Efectos de las emisiones recientes de CFC-11

- **La recuperación prevista de la reducción del ozono estratosférico no se retrasará sustancialmente por este aumento de las emisiones de CFC-11, ya que solo se elevaron significativamente durante un breve período (2014-2019).** Si las emisiones elevadas hubieran persistido, podrían retrasar significativamente la recuperación del agujero en la ozonósfera de la Antártida y el retorno de las concentraciones de cloro (Cl) estratosférico a los valores de 1980. A la luz de los nuevos resultados para 2019, ahora no se espera un impacto sustancial sobre el ozono, asumiendo el cumplimiento futuro de la eliminación de la producción de CFC-11 en virtud del Protocolo de Montreal. (Véase la sección 6)
  - Las emisiones inesperadas acumuladas de CFC-11 durante 2012-2019 fueron de 120 a 440 Gg, lo que aumentará la carga de cloro estratosférico en los años futuros en 15 a 57 partes por billón de Cl y solo tendrá una pequeña repercusión en el ozono estratosférico. La máxima disminución futura de la media mundial del ozono de la columna de aire es inferior a 0,3 Unidades Dobson (DU) o al 0,1 % y la pérdida adicional de ozono antártico en septiembre es inferior a 2,5 DU (1 %). La recuperación del ozono, medida como la vuelta a los niveles de 1980, se retrasa solo entre 0,4 y 1,3 años a nivel mundial y entre 0,5 y 3,1 años en el caso del agujero en la capa ozono de la Antártida. (Véase la sección 6)
  - Las emisiones adicionales de CFC-12 y CCl<sub>4</sub>, posiblemente asociadas al aumento de la producción de CFC-11, repercutirán también en pequeña medida en la disminución del ozono, el retraso de su recuperación y en un mayor forzamiento del clima en el futuro. (Véanse las secciones 5 y 6)
- **También pueden producirse retrasos adicionales en la recuperación del ozono estratosférico si cantidades sustanciales de la producción de CFC-11 no declarada se añadieran a los bancos de espuma después de 2010.** Los análisis del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (GETE) concluyen que el uso más probable de la producción de CFC-11 no declarada fue la fabricación de espumas aislantes. De ser cierto, ello daría lugar a un CFC-11 adicional en los bancos de espuma que seguiría aumentando las futuras emisiones de CFC-11 por encima de las expectativas. (Véanse las secciones 5 y 6)
  - La incertidumbre en las estimaciones de los bancos y en las futuras emisiones de CFC-11 (y potencialmente de CFC-12) procedentes de estos bancos conduce a una falta de precisión en las estimaciones de la futura disminución del ozono asociada a las emisiones inesperadas de CFC-11. (Véase la sección 5)
  - Si las emisiones de CFC-11 se hubiesen mantenido en los niveles elevados de 2014-2017, se habría producido una pérdida adicional de ozono estratosférico, con el consiguiente retraso en la recuperación del ozono. Los efectos varían en función de la región y la escala según el total de las emisiones adicionales de CFC-11. A nivel mundial, el ozono de la columna de aire disminuye entre 0,4 y 0,7 DU y las fechas de retorno de 1980 se retrasan 3 años por cada 1000 Gg de emisiones acumuladas de CFC-11. En el caso de la Antártida, los modelos muestran una disminución casi lineal de 5 DU en el ozono de la columna de aire en primavera y un retraso de 4 a 7 años para las fechas de retorno de septiembre de 1980 por cada 1000 Gg de emisiones acumuladas de CFC-11. (Véase la sección 6)
- **Se prevé que la concentración de CFC-11 en la atmósfera siga disminuyendo en los escenarios de emisiones que suponen que el Protocolo de Montreal se seguirá cumpliendo en el futuro.** Estos escenarios también suponen la disminución de las emisiones de CFC-11 de los bancos. (Véase la sección 5)

- Las emisiones mundiales acumuladas de CFC-11 previstas para el período 2020-2060 son de 580 a 780 Gg (3 a 4 Gt acumuladas de CO<sub>2</sub> equivalente), basadas en los escenarios de CFC-11 de evaluaciones anteriores. Se prevé que las emisiones inesperadas de CFC-11 después de 2012 añadan unas emisiones adicionales de 60 a 200 Gg (0,3 a 1,0 Gt acumuladas de CO<sub>2</sub> equivalente) para 2020-2060, dependiendo de la tasa de liberación supuesta de los bancos. (Gt = gigatonelada, 1 Gt = 10<sup>9</sup> toneladas = 10<sup>15</sup> g). (Véase la sección 5)

## Anexo II

### Informe del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (mayo de 2021), volumen 3

#### Informe del equipo de tareas sobre las emisiones inesperadas de triclorofluorometano (CFC-11) en respuesta a la decisión XXXI/3

#### Mensajes clave

- Sobre la base de una modelización perfeccionada basada en inventarios mundiales y regionales de la producción y el uso de CFC-11, y una comparación de las emisiones resultantes con las emisiones derivadas de CFC-11, el equipo de tareas de 2021 ha confirmado los resultados del equipo de tareas de 2019 y ha llegado a nuevos resultados, como se indica a continuación.
- El análisis del equipo de tareas de 2021 muestra una diferencia entre la estimación del modelo basado en inventarios de las emisiones previstas de CFC-11 y las emisiones de CFC-11 derivadas de las observaciones atmosféricas. Esta diferencia es indicativa de la producción y el uso de CFC-11 no declarados, ya que las emisiones de los bancos de CFC-11 no pueden explicar por sí solas el inesperado aumento de las emisiones de CFC-11 entre 2013 y 2018.
- Una nueva conclusión a la que arriba el equipo de tareas de 2021 es que la producción de CFC-11 no declarada parecería haberse dado ya en el período 2007-2012. Esta producción no declarada es necesaria para explicar la diferencia entre las emisiones previstas basadas en inventarios y las emisiones derivadas de CFC-11 durante este período anterior<sup>1</sup>.
- Sobre la base de las estimaciones de la producción adicional de CFC-11 necesaria para que las emisiones previstas basadas en inventarios coincidan con las emisiones derivadas, se puede estimar que la producción de CFC-11 no declarada es:
  - De 10 a 40 kilotoneladas al año entre 2007-2012
  - De 40 a 70 kilotoneladas al año entre 2013-2018, lo mismo que se estima en el informe del equipo de tareas de 2019 para este período
  - De 15 a 40 kilotoneladas de nueva producción, o uso de las existencias recientes, para 2019<sup>2</sup>.
- El total acumulado estimado de la producción de CFC-11 no declarada es de 320 a 700 kilotoneladas en el período 2007-2019. Suponiendo el uso de CFC-11 en la producción de espumas de celda cerrada, esta producción total acumulada y no declarada de CFC-11 llevaría a un aumento estimado de 300 (266 a 333) kilotoneladas en la magnitud del banco de CFC-11 a finales de 2019.
- Es probable que cualquier emisión adicional inesperada de CFC-12 sea un coproducto asociado a la producción de CFC-11, y no una producción específica iniciada para suministrar CFC-12 en sus propias aplicaciones.
- Se necesitarían entre 45 y 120 kilotoneladas de tetracloruro de carbono (CTC) para abastecer entre 40 y 70 kilotoneladas de la producción de CFC-11 anualmente en el período de 2013 a 2018, dependiendo de la proporción de CFC-12 coproducido y se espera que esté en el extremo inferior del rango. En el período 2007-2019, la cantidad acumulada de CTC necesaria para producir 320-700 kilotoneladas de CFC-11 es de al menos 360 kilotoneladas.

<sup>1</sup> Es importante señalar que existe una diferencia entre las emisiones estimadas de CFC-11 procedentes de bancos de espumas (incluidos los vertederos), basadas en las tasas de emisión de espumas observadas (<1,5 %), y las emisiones atmosféricas derivadas (3% a 4 %), incluso en regiones en las que probablemente no se haya utilizado CFC-11 en décadas para la fabricación de espumas. Esto sigue siendo una disparidad importante entre el modelo basado en inventarios y las emisiones derivadas, que también se señaló en el informe del equipo de tareas de 2019.

<sup>2</sup> Es posible que el CFC-11 no declarado producido en los años inmediatamente anteriores se trasladara como inventario para ser utilizado en 2019.

## Resumen

Tras los hallazgos científicos comunicados sobre un aumento inesperado de las emisiones mundiales de CFC-11 después de 2012 y el informe del equipo de tareas de 2019 en respuesta a la decisión XXX/3, las Partes, en su Reunión de 2019, solicitaron al Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (GETE) que proporcionara un informe de actualización, incluida cualquier nueva información convincente disponible y una respuesta a las instrucciones específicas recogidas en el párrafo 7 de la decisión XXXI/3.

El CFC-11 (triclorofluorometano, CFC<sub>11</sub>) se utilizaba fundamentalmente como agente espumante (para las espumas aislantes flexibles de poliuretano de celda cerrada), como propulsor de aerosoles, como refrigerante (en enfriadores centrífugos empleados en grandes edificios comerciales), y en otros muchos usos menores, como los inhaladores para el asma y la expansión del tabaco. Sigue existiendo un banco de CFC-11 en espumas de celda cerrada y enfriadores centrífugos, desde el cual se libera lentamente CFC-11 a la atmósfera a lo largo del tiempo, hasta llegar al fin de su vida útil.

La producción mundial declarada de CFC-11 alcanzó su punto máximo en 1987 con 434 kilotoneladas en la mayoría de las Partes que no operan al amparo del artículo 5, y en 1997 con 46 kilotoneladas en las Partes que sí operan al amparo de ese artículo. De acuerdo con el Protocolo de Montreal, las Partes que no operan al amparo del artículo 5 debían eliminar la producción y el consumo de CFC-11 antes de 1996 y las Partes que sí operan al amparo de ese artículo debían hacerlo a más tardar en 2010. Se hicieron excepciones para la producción de pequeñas cantidades de CFC-11 para usos esenciales (por ejemplo, inhaladores de dosis medida para el tratamiento del asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica), según lo autorizado por las Partes, y para que las Partes que no operan al amparo del artículo 5 produzcan CFC-11 para las necesidades domésticas básicas de las Partes que sí operan al amparo de ese artículo.

A pesar de estas medidas exitosas, Montzka y otros<sup>3</sup>, en una carta enviada a *Nature* en 2018, informaron de que la media estimada de las emisiones mundiales derivadas para 2014-2016 ( $67 \pm 3$  kilotoneladas año<sup>-1</sup>) era  $13 \pm 5$  kilotoneladas año<sup>-1</sup> mayor que para 2002-2012, lo que supuso un aumento inesperado y mundial de las emisiones de CFC-11. Posteriormente, en un estudio actualizado, se comprobó que las emisiones de 2018 ( $70 \pm 10$  kilotoneladas año<sup>-1</sup>) eran similares a la media de 2014-2017. Las concentraciones de CFC-11 en la atmósfera disminuyeron a una tasa media de  $-0,7\%$  año<sup>-1</sup> de 2018 a 2019. El descenso más rápido de la concentración medido después de 2018 indicó que las emisiones mundiales en 2019 fueron  $18 \pm 6$  kilotoneladas año<sup>-1</sup> más bajas de lo que habían sido durante el período 2014-2018. El abrupto descenso de las emisiones de CFC-11 en 2019 devolvió las emisiones mundiales a un nivel comparable al anterior a 2013, antes de que se produjera el inesperado aumento de las emisiones de CFC-11, según un nuevo estudio de Montzka y otros<sup>4</sup>.

El aumento de las diferencias hemisféricas en las concentraciones de CFC-11 (con valores mayores en el hemisferio norte) sugiere que las fuentes de emisiones inesperadas de 2012 a 2018 se situaron predominantemente en el hemisferio norte. Rigby y otros<sup>5</sup> informaron de un aumento de las emisiones de CFC-11 procedentes del este de China continental, con emisiones que resultaron ser  $7,0 \pm 3,0$  ( $\pm$  una desviación estándar) kilotoneladas (o gigagramos) al año más altas en 2014-2017 que en 2008-2012, procedentes principalmente de las provincias nororientales de Shandong y Hebei. En un estudio<sup>6</sup> actualizado en 2021, las emisiones del este de China en 2019 habían disminuido en  $10 \pm 3$  kilotoneladas año<sup>-1</sup> en relación con las emisiones entre 2014 y 2017. Esta disminución regional de las emisiones representó el  $60\% \pm 30\%$  del descenso mundial.

Las emisiones de tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>) y CFC-12 fueron más altas de lo previsto después de 2013 y luego disminuyeron en 2019. La presencia y la ubicación de las elevadas emisiones de CCl<sub>4</sub> y CFC-12 eran indicativas de la producción de CFC-11 en el este de China entre 2013-2017. El CCl<sub>4</sub> se utiliza como materia prima para la producción de CFC-11, y el CFC-12 se coproduce con

<sup>3</sup> Montzka, S. y otros.: "An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11", *Nature*, 2018, **557**, 413 a 417. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0106-2>.

<sup>4</sup> Montzka, Stephen A., Geoffrey S. Dutton, Robert W. Portmann, Martyn P. Chipperfield, Sean Davis, Wuhu Feng, Alistair J. Manning, y otros "A decline in global CFC-11 emissions during 2018-2019", *Nature*, 2021, **590**, 428 a 432 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03260-5>.

<sup>5</sup> Rigby, M. y otros, "Increase in CFC-11 emissions from eastern China based on atmospheric observations", *Nature*, 2019, **569**, 546-550. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1193-4>.

<sup>6</sup> Park, Sunyoung, Luke M. Western, Takuya Saito, Alison L. Redington, Stephan Henne, Xuekun Fang, Ronald G. Prinn, y otros, "A decline in emissions of CFC-11 and related chemicals from eastern China", *Nature*, 2021, **590**, 433 a 437. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03277-w>.

el CFC-11. Las emisiones mundiales de CCl<sub>4</sub> han permanecido elevadas por encima de las expectativas durante muchos años, y los cambios interanuales presentan una importante incertidumbre, lo que actualmente impide una evaluación sólida de la relación entre las emisiones mundiales de CCl<sub>4</sub> y CFC-11.

Basándose en la modelización de la producción, el uso y las emisiones de CFC-11 y en la comparación con las emisiones derivadas de la atmósfera, el informe del equipo de tareas de 2019<sup>7</sup> concluyó que:

- Es poco probable que la producción pasada y el uso histórico puedan explicar las emisiones inesperadas de CFC-11, incluidas las de los bancos de espuma.
- Es poco probable también que se haya reanudado el uso de nuevos CFC-11 producidos en aplicaciones en los sectores de la refrigeración y el aire acondicionado, las espumas flexibles, los aerosoles, los disolventes, los usos como materia prima, la expansión del tabaco y otras aplicaciones diversas.
- Es probable que haya habido una reanudación del uso de CFC-11 recién producido en espumas de celda cerrada.

A partir del trabajo de modelización del equipo de tareas de 2019, el equipo de tareas de 2021 ha utilizado un modelo basado en inventarios; el modelo basado en inventarios es un inventario detallado y una representación de la producción y el uso históricos de CFC-11 a nivel mundial. El modelo representa el comportamiento del CFC-11 a lo largo del tiempo en distintos puntos de su ciclo de vida, como su producción, uso, productos o fin de su vida útil, y se basa en la información disponible, como las tasas de emisión, la vida útil de los productos y las prácticas sectoriales y regionales. El CFC-11 que permanece en los productos y equipos se describe como un banco, que se caracteriza como activo si el producto está todavía en uso o como inactivo si el producto ha sido vertido. La recopilación de las emisiones de los diferentes productos y en las diferentes etapas produce el perfil de emisiones previstas de CFC-11. Se comprueban y acotan una serie de supuestos basados en la literatura y en las aportaciones de los expertos. Las emisiones esperadas producidas por el modelo basado en inventarios se comparan entonces con las emisiones mundiales derivadas del CFC-11 a partir de las mediciones de la concentración atmosférica (emisiones derivadas) y nuestro conocimiento de su tasa de pérdida global, o vida útil. El equipo de tareas incorporó estimaciones de emisiones derivadas actualizadas desde 1979 hasta 2019, basadas en los datos de la NOAA y el AGAGE y utilizando las mismas metodologías mencionadas en Engel y Rigby y otros 2018<sup>8</sup> en este análisis actualizado basado en inventarios.

Para este informe, el equipo de tareas perfeccionó el modelo utilizando una distribución Weibull<sup>9</sup> para representar mejor la variación de la vida útil de los enfriadores y las espumas en lugar de utilizar la vida útil media, que se utilizó en el modelo para el informe del equipo de tareas de 2019<sup>10</sup>. El modelo también incorpora nueva información sobre las prácticas de gestión de refrigerantes, especialmente en lo que respecta al refrigerante recuperado.

El equipo de tareas también elaboró modelos de espumas regionales y por productos, tanto para los bancos como para las emisiones, con el fin de responder a la decisión de las Partes, e incorporó los resultados totales al modelo mundial. Los modelos regionales y los basados en productos proporcionaron resultados de emisiones similares, pero presentan algunas diferencias notables en cuanto al calendario de retirada de las espumas que contienen CFC-11 y, en consecuencia, el calendario de las transiciones de CFC-11 del banco activo al banco inactivo.

El equipo de tareas de 2019 elaboró un escenario intermedio, denominado “más probable”, utilizando los supuestos definidos por dicho equipo de tareas, que se ilustra en la siguiente figura con la línea

<sup>7</sup> Informe del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica, septiembre de 2019, volumen 1: Informe del equipo de tareas del GETE sobre las emisiones inesperadas de triclorofluometano (CFC-11) en respuesta a la decisión XXX/3, informe final, septiembre de 2019. [https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-3-unexpected\\_CFC11\\_emissions-september2019.pdf](https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-3-unexpected_CFC11_emissions-september2019.pdf).

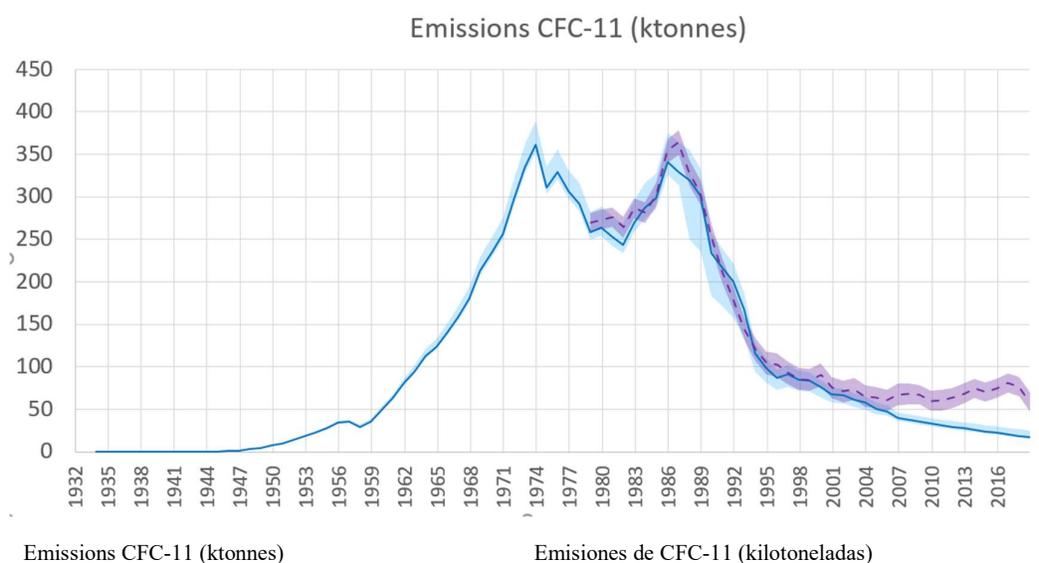
<sup>8</sup> Engel, A. y Rigby, M.: Capítulo 1: Update on Ozone Depleting Substances (ODSs) and Other Gases of Interest to the Montreal Protocol, en: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018, vol. 58, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza), 2019.

<sup>9</sup> La distribución de Weibull se utiliza ampliamente en el análisis de datos de fiabilidad y vida útil debido a su versatilidad. En función de los valores de los parámetros, la distribución de Weibull puede utilizarse para modelar diversos comportamientos de la vida útil. [http://reliawiki.org/index.php/The\\_Weibull\\_Distribution](http://reliawiki.org/index.php/The_Weibull_Distribution).

<sup>10</sup> Informe del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica, septiembre de 2019, volumen 1: Informe del equipo de tareas del GETE sobre las emisiones inesperadas de CFC-11 en respuesta a la decisión XXX/3, informe final, septiembre de 2019. [https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-3-unexpected\\_CFC11\\_emissions-september2019.pdf](https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-TF-DecXXX-3-unexpected_CFC11_emissions-september2019.pdf).

azul continua. El equipo de tareas de 2021 investigó una serie de supuestos, lo que dio lugar a la gama de incertidumbres de las emisiones representadas por la cinta azul. La zona sombreada en color morado indica el rango de emisiones derivadas de CFC-11, mientras que la línea discontinua indica la media de las emisiones derivadas de la atmósfera.

**Gráfico ES.1 Emisiones derivadas de CFC-11 y emisiones estimadas basadas en inventarios (kilotoneladas)**



El perfeccionamiento del modelo arrojó resultados similares a los del informe del equipo de tareas de 2019. Sin embargo, el uso de una distribución de vida útil tanto para los enfriadores como para las espumas de celda cerrada dio como resultado una curva de emisiones más estable.

El análisis muestra una diferencia entre las emisiones de CFC-11 estimadas sobre la base de los inventarios (representadas por la banda y la línea de color azul) y las emisiones de CFC-11 derivadas (la banda púrpura y la línea discontinua). Dado que el modelo basado en inventarios representa las emisiones previstas sobre la base de la producción y el uso históricos de CFC-11, la diferencia con las emisiones derivadas, y el período en el que se produce la diferencia, es indicativa de una producción y un uso no declarados de CFC-11. Así, las emisiones de los bancos de CFC-11 no pueden explicar por sí solas el inesperado aumento de las emisiones de CFC-11 entre 2013 y 2018. Según este análisis, la producción y el uso no declarados de CFC-11 parecen haberse producido ya antes, en el período 2007-2012.

El modelo se utilizó para conciliar las diferencias entre las emisiones estimadas basadas en inventarios y las derivadas de las concentraciones en la atmósfera, asumiendo que las emisiones de CFC-11 derivadas de las concentraciones atmosféricas estaban asociadas a la producción y el uso de espumas de celda cerrada (como se concluyó en el informe del equipo de tareas de 2019)<sup>11</sup>. Sobre la base de las estimaciones de la producción adicional de CFC-11 necesaria para que las emisiones previstas basadas en inventarios coincidan con las emisiones derivadas, se puede estimar que la producción de CFC-11 no declarada es:

- De 10 a 40 kilotoneladas al año entre 2007 y 2012<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Es importante señalar que existe una diferencia entre las emisiones estimadas de CFC-11 procedentes de bancos de espumas (incluidos los vertederos), basadas en las tasas de emisión de espumas observadas (< 1,5 %), y las emisiones atmosféricas derivadas (3% a 4 %), incluso en regiones en las que es probable que el CFC-11 no se haya utilizado en la fabricación de espumas en décadas. Esto sigue siendo una disparidad importante entre el modelo basado en inventarios y las emisiones derivadas, que también se señaló en el informe del equipo de tareas de 2019.

<sup>12</sup> Una nueva conclusión a la que arriba el equipo de tareas de 2021 es que la producción de CFC-11 no declarada parecería haberse dado ya en el período 2007-2012. Esta producción no declarada es necesaria para explicar la diferencia entre las emisiones previstas basadas en inventarios y las emisiones derivadas de CFC-11 durante este período anterior.

- De 40 a 70 kilotoneladas al año entre 2013 y 2018, lo mismo que se estima en el informe del equipo de tareas de 2019 para este período<sup>13</sup>
- De 15 a 40 kilotoneladas de nueva producción, o uso de las existencias recientes, para 2019<sup>14</sup>.

Sobre la base de este análisis, el total acumulado estimado de la producción de CFC-11 no declarada es de 320 a 700 kilotoneladas en el período 2007-2019. Suponiendo el uso de CFC-11 en la producción de espumas de celda cerrada, esta producción total acumulada y no declarada de CFC-11 llevaría a un aumento estimado de 300 (266 a 333) kilotoneladas en la magnitud del banco de CFC-11 para a finales de 2019.

***Respuesta a la decisión XXXI/3, párrafo 7 a): Un análisis de los bancos de CFC-11 por ubicación geográfica y por sector de mercado***

En respuesta a la decisión XXXI/3, se informa de un análisis de los bancos de espuma de CFC-11 por ubicación geográfica y tipo de espuma. La mayoría de la producción mundial declarada de CFC-11 en espumas de celda cerrada se llevó a cabo en Partes que no operan al amparo del artículo 5, concretamente en América del Norte y Europa. Las cantidades de CFC-11 utilizadas en espumas de celda cerrada en las Partes que operan al amparo del artículo 5 fueron mucho menores. La mayor parte de este CFC-11 se utilizó en espumas aislantes de celda cerrada para la construcción y la refrigeración. El banco activo de CFC-11 que queda en el mundo se encuentra en su mayoría en las espumas aislantes de celda cerrada utilizadas en la construcción en América del Norte y Europa. Casi todas las espumas utilizadas en electrodomésticos han sido retiradas del mercado y depositadas en vertederos o destruidas.

A nivel mundial, se estima que hay  $750 \pm 50$  kilotoneladas de CFC-11 en bancos de espumas activos, la mayoría de los cuales permanecen en el parque inmobiliario de América del Norte y Europa, y se estima que hay  $700 \pm 50$  kilotoneladas en bancos de espumas inactivos en 2021<sup>15</sup>. En cuanto a las espumas utilizadas en la refrigeración, se estima que solo quedan 100 kilotoneladas de espumas insufladas con CFC-11 en el banco activo de electrodomésticos y unas 400 kilotoneladas en el banco inactivo, además de los bancos de espumas utilizadas en la construcción. Se estima que el banco activo de CFC-11 utilizado en enfriadores es pequeño en comparación con los bancos activos de las espumas de celda cerrada.

***El posible destino de cualquier CFC-12 coproducido***

La cantidad de CFC-12 coproducido con el CFC-11 está en función de la ruta de producción que se elija y de cómo está organizada y gestionada la planta. Con el CFC-11 como producto químico objetivo, el rango de coproducción de CFC-12 es de hasta el 30 % de la producción total de CFC-11/12 para las rutas de producción más probables. Aunque existen incertidumbres sustanciales, varios factores sugieren que los cambios en las emisiones mundiales de CFC-12 pueden estar asociados a la producción de CFC-11 no declarada: los indicios de un aumento de las emisiones mundiales de CFC-12 en el período de 2010 a 2017, la posterior reducción significativa indicada de las emisiones mundiales de CFC-12 en 2019 y el origen geográfico de estos cambios. No hay razones técnicas para creer que la conclusión del equipo de tareas de 2019 haya cambiado; es probable que cualquier emisión adicional inesperada de CFC-12 sea un coproducto asociado a la producción de CFC-11, y no una producción específica iniciada para suministrar CFC-12 en sus propias aplicaciones.

***Respuesta a la decisión XXXI/3, párrafo 7 b): La relación entre el volumen de producción de fluoruro de hidrógeno anhidro y tetracloruro de carbono y las emisiones inesperadas de CFC-11***

Existen vínculos directos entre la producción no declarada de CFC-11 ( $\text{CCl}_3\text{F}$ ), las emisiones inesperadas de CFC-11 conexas y la producción de fluoruro de hidrógeno anhidro (HF) y tetracloruro de carbono (CTC o  $\text{CCl}_4$ ), basándose en la opción de producción química normal y más probable y su química asociada. Sin embargo, existen importantes diferencias entre la relación de la producción de HF y CTC con la producción de CFC-11, lo que hace que el vínculo entre la producción de CTC y la producción no declarada de CFC-11 y las emisiones de CFC-11 sea el más importante.

Se necesitarían entre 45 y 120 kilotoneladas de CTC para suministrar entre 40 y 70 kilotoneladas de CFC-11 producido anualmente para explicar ese aumento de emisiones de CFC-11 en el

<sup>13</sup> Estas estimaciones de la producción no declarada son idénticas a las del período 2013-2018 incluidas en el informe del equipo de tareas de 2019.

<sup>14</sup> También es posible que el CFC-11 no declarado producido en los años inmediatamente anteriores se trasladara como inventario para ser utilizado en 2019.

<sup>15</sup> Excluye el banco adicional estimado resultante de la producción y el uso de CFC-11 no declarados.

período 2013-2018, en función de la proporción de CFC-12 producido conjuntamente. Se espera que la cantidad de CTC necesaria para producir CFC-11 sea la cantidad más baja posible si, como se prevé, el objetivo es una mayor selectividad del CFC-11. En el período 2007-2019, la cantidad acumulada de CTC necesaria para producir de 320 a 700 kilotoneladas de CFC-11 es de al menos 360 kilotoneladas y podría ser considerablemente mayor dependiendo de la selectividad del CFC-11. Dada la escala de la producción y el hecho de que el suministro de CTC a la producción de CFC no declarada no se detectó durante años, parece más probable que la producción de CFC-11 se produjera dentro del mismo país, e incluso en el mismo lugar.

El CTC se produce en plantas de clorometano como parte inevitable de la producción de diclorometano y cloroformo. China (< 3,000 kilotoneladas/año), los Estados Unidos (< 400 kilotoneladas/año) y la Unión Europea (< 500 kilotoneladas/año) tienen las mayores capacidades productivas de clorometano y, por consiguiente, también la mayor disponibilidad potencial de CTC. Tan solo China tiene una capacidad excedente anual en plantas de clorometano que permitiría la producción de CTC para suministrar las cantidades necesarias para la producción de CFC-11 a gran escala.

El CTC también se produce (o procesa) en fábricas de percloroetileno/CTC (PCE/CTC), con la flexibilidad necesaria para producir hasta un 100 % de cualquiera de esas sustancias en función de la demanda. En Europa y los Estados Unidos funcionan cinco plantas de PCE/CTC, y en China al menos nueve. Se calcula que la capacidad excedente anual para producir CTC mediante este proceso está entre 50 y 100 kilotoneladas al año, principalmente en la Unión Europea. Muchos de los productores de clorometano de China optaron por construir plantas que transforman el CTC, que de otro modo sería excente, en PCE.

En el caso de China, se podría haber dispuesto de más CTC aumentando la cantidad de esa sustancia producida en las plantas de clorometano o desviando el CTC de la producción de PCE, o una combinación de ambos. Desde 2019, China ha impuesto medidas de control adicionales a las empresas que generan CTC como subproducto para evitar la producción ilegal de CFC-11. Las medidas exigen que todas las empresas productoras de clorometano instalen un sistema de control en tiempo real de todo el proceso.

***Respuesta a la decisión XXXI/3, párrafo 7 d): Posibles impulsores de la producción y el comercio ilegales de CFC-11***

El aumento de los precios y la falta de disponibilidad del HCFC-141b resultante de la eliminación de las SAO combinada con la facilidad técnica de la conversión a CFC-11 podría haber sido un factor impulsor de un retorno al uso de CFC-11 como agente espumante. El CFC-11 como agente espumante también podría ser de interés para las empresas que creen que se puede reducir la inflamabilidad de las espumas sin recurrir a costosos pirorretardantes. Sería interesante, desde el punto de vista económico, y viable, desde el punto de vista técnico, volver a utilizar CFC-11 a partir del HCFC-141b, u otro fluorocarburo, ya que las otras materias primas y equipos utilizados para producir espumas de poliuretano de celda cerrada son compatibles con solo ligeras modificaciones de los coeficientes de los ingredientes. Hay una serie de factores que podrían fomentar la transición de vuelta al CFC-11, incluidos los retos técnicos y económicos de la eliminación del HCFC-141b en el sector de las espumas en aerosol y en las PYME, y los retos relacionados con las alternativas.

Basándose en las similitudes técnicas entre las rutas de producción, una fábrica de fase líquida que produzca CFC-11/12, o HCFC-22 o HFC-32 puede pasar con éxito a producir uno o los otros. Las plantas de producción con una gama más amplia de presiones y temperaturas de funcionamiento admisibles, como las plantas mixtas diseñadas específicamente para un fin, pueden fabricar una gama más amplia de productos. Las plantas mixtas construidas con un fin específico están diseñadas para tener los requisitos técnicos necesarios para cambiar de producto y minimizar el impacto económico al cambiar. Las grandes plantas construidas para la producción de un solo producto son técnicamente capaces de bascular hacia otro producto, pero esto puede suponer una reducción de la capacidad y de la calidad del producto y son económicamente menos adecuadas para esos cambios. Las plantas a microescala serían de baja tecnología y bajo coste, fáciles de reubicar, difíciles de detectar y limitadas económicamente por su pequeña capacidad de producción anual.

***Respuesta a la decisión XXXI/3, párrafo 7 c): Tipos de productos con CFC-11 y su eliminación, y oportunidades de detección y posible recuperación de CFC-11***

Las oportunidades de recuperar el CFC-11 de los productos que contienen esa sustancia se limitan a unas pocas: los bancos activos, principalmente de espumas aislantes, y en menor medida, los enfriadores centrifugos. Otras tecnologías que utilizaban CFC-11, es decir, aerosoles, disolventes y otros usos, ya no están disponibles para la eliminación, detección o posible recuperación de CFC-11.

Como indica la definición, los bancos inactivos, principalmente como desechos de productos de espuma en los vertederos, no presentan una oportunidad fácilmente disponible o económicamente viable para recuperar el CFC-11 conexo.

En el caso de las espumas, la práctica de eliminación más comúnmente adoptada en todo el mundo es el vertido de desechos de espumas. La espuma se entierra y, a menudo, se tritura parcialmente en el proceso, lo que provoca la emisión de una parte del CFC-11 contenido en las celdas de espuma. El CFC-11 restante se emite desde los vertederos lentamente con el tiempo, excepto posiblemente algunas cantidades relativamente pequeñas que pueden sufrir una degradación anaeróbica. Los desechos de espuma se reciclan ocasionalmente para usos secundarios. Se puede emitir hasta un 50 % de CFC-11 si la espuma se desmenuza/tritura en la manipulación de los desechos.

En algunos países, las espumas y los agentes espumantes se incineran (mediante un horno rotatorio, un horno de cemento o una incineradora de residuos sólidos municipales). Las economías de escala son importantes para aprovechar al máximo los beneficios y reducir al mínimo los costos de recuperación/destrucción de las espumas de CFC-11. Recuperar únicamente las espumas que contienen CFC-11, independientemente de las espumas que contienen otros agentes espumantes, es menos práctico y tiene menos probabilidades de éxito. La combinación de desechos de espumas que contienen SAO y HFC permitiría realizar las mayores economías de escala y obtener los mayores beneficios.

Es probable que los pocos enfriadores centrífugos con CFC-11 que quedan, principalmente en los Estados Unidos, sigan funcionando durante los próximos 10 a 20 años. Los enfriadores centrífugos tienen muy pocas fugas durante su funcionamiento. En general, el CFC-11 se recupera cuidadosamente para su reutilización o destrucción en los Estados Unidos. Se cree que las tasas de recuperación de CFC-11 son en su mayoría inferiores al 10 % en los países en desarrollo. Una vez recuperado, el CFC-11 se destruye o, si se recupera para su reutilización, se destina a la reventa. El aire acondicionado estacionario, incluidos los enfriadores centrífugos, es uno de los subsectores más rentables para la recuperación/destrucción de SAO y HFC (una vez que se han agotado las oportunidades de reciclaje y recuperación/reutilización).

El total de bancos de CFC-11 activos e inactivos (espumas, refrigerantes y almacenamiento) se estima en  $1500 \pm 100$  kilotoneladas en 2021<sup>16</sup>. El banco total de CFC-11 activo se estima en  $800 \pm 50$  kilotoneladas,  $3,8$  Gt de CO<sub>2</sub>eq, en 2021.

Se estima que el pico mundial de CFC-11 desmantelado de la mayor parte de los bancos activos (espumas), cuando se desmantelan al final de su vida útil, se produjo en torno al año 2010, con unas 45 kilotoneladas/año, para luego disminuir lentamente con el tiempo, hasta llegar a menos de 10 kilotoneladas en 2050. Existen variaciones subyacentes a los picos regionales de desmantelamiento de espumas con CFC-11 que quedan ocultas en el análisis global, en el que es probable que algunas regiones y tipos de espumas aún no hayan alcanzado su pico de desmantelamiento, por ejemplo, Europa, en el caso de los paneles de espuma en edificios. La oportunidad para la recuperación y destrucción del CFC-11 reside en una mayor gestión de los bancos activos de espuma al final de su vida útil, con un posible desvío de los residuos de espuma de los vertederos y del uso secundario emisor hacia la destrucción, lo que mitiga la mayoría de las emisiones.

Los costos relativos de inversión y funcionamiento en la recuperación y destrucción de desechos de SAO suponen un reto en comparación con las formas más baratas de eliminación (venteo y eliminación en vertederos). Los bajos costos internalizados de la eliminación de desechos para las formas más baratas de recuperación y eliminación pueden sopesarse frente a los costos externalizados para la sociedad de los futuros efectos sanitarios y ambientales de las emisiones de SAO por venteo o eliminación en vertederos. Con una larga vida útil de los edificios, los factores de recuperación y destrucción de las espumas aislantes de los edificios pueden cambiar con el tiempo. La evolución de los requisitos de carbono neto cero y las consideraciones relativas a la economía circular pueden mejorar las opciones de fin de la vida útil.

Aunque anima a las Partes a llevar a cabo una destrucción ambientalmente racional de los excedentes o de las SAO/HFC al final de su vida útil, el Protocolo de Montreal no obliga a la destrucción de las SAO o de los HFC del grupo I del anexo F. La excepción es el HFC-23 (anexo F, grupo II) generado en las fábricas, cuyas emisiones deben destruirse en la medida de lo posible mediante tecnologías aprobadas por las Partes. El uso de tecnologías de destrucción aprobadas por las Partes se aplica a las cantidades de sustancias controladas destruidas y contabilizadas dentro de la definición de “producción” del Protocolo.

<sup>16</sup> Excluye el banco adicional estimado resultante de la producción y el uso de CFC-11 no declarados.

El hecho de que una tecnología de destrucción esté aprobada o no para cada grupo de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal no determina si la tecnología es adecuada para destruir desechos de SAO o HFC y no debe considerarse necesariamente un obstáculo para la destrucción de desechos de SAO. La recuperación y destrucción de los desechos de espumas que son SAO utilizando una tecnología con una eficiencia razonable de destrucción de SAO seguirá dando como resultado una cantidad significativamente menor de emisiones de SAO que la eliminación en vertederos<sup>17</sup>.

Los costos de destrucción representan una proporción menor de los costos totales de recuperación y destrucción, de los cuales los de recuperación son la mayor parte y dependen de factores como el tipo de desecho del sector, la infraestructura, la logística y las distancias de transporte. También es importante tener en cuenta que la recuperación y destrucción de los desechos de espuma se consideran esencialmente una cuestión de gestión de residuos más amplia.

A nivel mundial, regional y nacional, la detección de CFC-11 se produce a través de los sistemas de redes de medición continua representativos a nivel mundial y de otras mediciones atmosféricas. Se utilizan métodos muy eficaces para detectar actividades inesperadas, como demuestran los descubrimientos que han llevado a una mayor concienciación y adopción de medidas de mitigación por las Partes. Las Partes tal vez deseen considerar la posibilidad de revisar sus programas de cumplimiento y capacitación conexos para garantizar que no se pasen por alto las oportunidades de detectar CFC-11 (o cualquier sustancia controlada) por falta de conocimiento técnico sobre los métodos de muestreo y detección. Las Partes tal vez deseen también investigar los incentivos y las herramientas para fomentar una mayor notificación por la industria de las actividades potencialmente ilegales o sospechosas a las autoridades.

---

<sup>17</sup> Las tecnologías de destrucción deben cumplir siempre con las normas ambientales mínimas reglamentarias a nivel local.