



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

Distr.: General  
4 de diciembre de 2007

Español  
Original: Inglés

---

**Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes**  
**Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes**  
**Tercera reunión**  
Ginebra, 19 a 23 de noviembre de 2007

**Informe del Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes sobre la labor realizada en su tercera reunión**

**Adición**

**Evaluación de la gestión de riesgos del sulfonato de perfluorooctano**

**Nota de la secretaría**

En su tercera reunión, el Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes aprobó la evaluación de la gestión de riesgos del sulfonato de perfluorooctano sobre la base del proyecto que figuraba en el documento UNEP/POPS/POPRC.3/13. El texto de la evaluación de la gestión de riesgos, en su forma enmendada, figura a continuación. El texto no ha sido objeto de edición oficial.

**Anexo**

# **SULFONATO DE PERFLUOROOCCTANO**

**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS**

Aprobada por el Comité de Examen de los  
Contaminantes Orgánicos Persistentes del  
Convenio de Estocolmo en su  
tercera reunión

**Noviembre de 2007**

## ÍNDICE

Resumen .....	5
1. Introducción .....	4
1.1 Identidad química de la sustancia propuesta .....	4
1.1.1 PFOS .....	4
1.1.2 Asuntos relativos a las sustancias afines del PFOS .....	4
1.2. Conclusiones del Comité de Examen de los COP sobre la información del Anexo E .....	6
1.3 Fuentes de los datos .....	6
1.4 Situación del producto químico en relación con los convenios internacionales .....	6
1.5 Medidas de control nacional o regional adoptadas .....	6
2. Información resumida que atañe a la evaluación de la gestión de riesgos .....	8
2.1 Determinación de posibles medidas de control .....	8
2.2 Eficacia y eficiencia de las posibles medidas de control en el cumplimiento de las metas de reducción de los riesgos .....	9
2.3 Información sobre alternativas (productos y procesos), si procede .....	9
A. Usos para los cuales, según las respuestas recibidas, no se dispone de alternativas técnicamente viables .....	10
2.3.1 Creación de imágenes ópticas .....	10
2.3.2 Fotorresinas y semiconductores .....	11
2.3.3 Fotomáscaras en las industrias de semiconductores y pantallas de cristal líquido (LCD) .....	12
2.3.4 Fluidos hidráulicos para la aviación .....	13
2.3.5 Uso de derivados del PFOS en la producción de cebos para hormigas destinados al control de las hormigas cortadoras de hojas .....	13
2.3.6 Dispositivos médicos .....	13
B. Usos para los cuales tal vez se disponga de sustancias o tecnologías alternativas que tendrían que incorporarse paulatinamente .....	13
2.3.7 Chapado metálico .....	13
2.3.8 Espumas ignífugas .....	14
2.3.9 Partes eléctricas y electrónicas .....	15
2.4 Resumen de la información sobre los efectos de la aplicación de posibles medidas de control para la sociedad .....	16
2.4.1 Salud, incluidas la pública, la ambiental y la medicina del trabajo .....	16
2.4.2 Agricultura, incluida la acuicultura y la silvicultura .....	16
2.4.3 Biota (diversidad biológica) .....	16
2.4.4 Aspectos económicos, incluidos los costos y beneficios para los productores y consumidores y la distribución de costos y beneficios .....	17
2.4.5 Avances hacia el desarrollo sostenible .....	18
2.4.6 Otros efectos .....	18
2.5 Otras consideraciones .....	18
2.5.1 Acceso a la información y educación del público .....	18
2.5.2 Estado de la capacidad de control y vigilancia .....	18
3. Síntesis de la información .....	19
3.1 Resumen de la información sobre el perfil de riesgos .....	19
3.2 Medidas de gestión de riesgos propuestas .....	20
4. Conclusión .....	21
Referencias .....	23

## Resumen ejecutivo

En 2005, Suecia propuso la inclusión del PFOS y de 96 sustancias afines entre los COP. La segunda reunión del Comité de Examen de los COP decidió que, como resultado de su transporte ambiental a gran distancia, el PFOS probablemente produjera efectos adversos importantes en la salud humana y el medio ambiente, a tal punto que se justificaba la adopción de medidas de carácter mundial.

El PFOS es una sustancia producida intencionalmente y a la vez el resultado de la degradación no intencional de productos químicos antropógenos afines. Con arreglo a la Convención, una de las medidas de control más adecuadas es la inclusión en los anexos A o B. Para prever determinados usos críticos del PFOS y de las sustancias afines que pudieran, con el tiempo, degradar a PFOS, y sustancias afines se podría autorizar una exención específica o con una finalidad aceptable del uso del PFOS y sustancias afines y su producción como producto intermedio, solo lo necesario para producir otras sustancias químicas destinadas para esos usos críticos, junto con una descripción pormenorizada de las condiciones para esos usos en una nueva parte III del anexo A o B. Habría que aplicar las disposiciones del artículo 6 a las reservas y los desechos que contengan PFOS o sustancias afines.

## 1. Introducción

### 1.1 Identidad química de la sustancia propuesta

El 14 de julio de 2005, el Gobierno de Suecia propuso que se incluyeran el sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y 96 sustancias relacionadas con el PFOS en el anexo A del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

#### 1.1.1. PFOS

Nombre químico: Sulfonato de perfluorooctano (PFOS)

Fórmula molecular:  $C_8F_{17}SO_3^-$

Debido a que es un anión, el PFOS no tiene un número del CAS específico. El ácido sulfónico, la sustancia que le da origen tiene un número del CAS reconocido (No. 1763-23-1 del CAS). A continuación se ofrecen ejemplos de algunas de sus sales de importancia comercial.

Sal de potasio (No. 2795-39-3 del CAS)

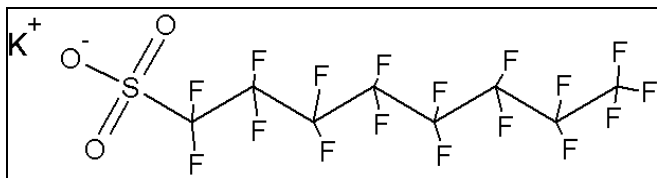
Sal de dietanolamina (No. 70225-14-8 del CAS)

Sal de amonio (No. 29081-56-9 del CAS)

Sal de litio (No. 29457-72-5 del CAS)

El ácido sulfónico de perfluorooctano puede producirse comercialmente a partir del fluoruro de sulfonilo perfluorooctano (PFOSF) por hidrólisis alcalina. También puede obtenerse a partir de PFOSF en agua a temperatura ambiente, aunque en tiempos demasiado lentos para fines industriales (Lehmler, 2005). El PFOSF fue una de las sustancias afines al PFOS incluida en la propuesta de Suecia.

Fórmula estructural: la fórmula estructural del PFOS se muestra en su forma de sal de potasio



#### 1.1.2. Asuntos relativos a las sustancias afines del PFOS

El sulfonato de perfluorooctano es un anión totalmente fluorado, que generalmente se emplea en forma de sal o se incorpora a polímeros de mayor tamaño. El PFOS y sus compuestos más cercanos, que contienen impurezas de PFOS o sustancias que pueden producirlo, son miembros de la gran familia de sulfonatos de perfluoroalquilo. En sus medidas de control del PFOS, la Unión Europea (UE) ha incluido todas las moléculas que tengan la siguiente fórmula molecular:  $C_8F_{17}SO_2X$  ( $X = OH$ , sal metálica,  $(O-M^+)$  haluro, amida y otros derivados que incluyan polímeros (Unión Europea, 2006).

El PFOS puede formarse (por degradación microbiana ambiental o por metabolismo en organismos superiores) a partir de sustancias afines del PFOS, es decir, moléculas que contienen el grupo funcional del PFOS. Aunque no sería fácil poder pronosticar la contribución neta esencial de las distintas sustancias afines del PFOS a las cargas ambientales de PFOS, cabe la posibilidad de que toda molécula que contenga el grupo funcional del PFOS pueda ser un precursor. Esta afirmación se apoya además en el modelo elaborado en relación con el destino de los productos químicos perfluorados (PFC) en el medio ambiente (Dimitrov y otros, 2004).

La mayoría de las sustancias afines son polímeros de gran peso molecular, en los cuales el PFOS es sólo una fracción del polímero y el producto final (OCDE, 2002). En cada contexto existe una definición algo diferente de las sustancias afines del PFOS, y en estos momentos hay algunas listas de dichas sustancias que contienen distintas cantidades de sustancias que posiblemente degraden a PFOS.

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), en el marco del Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de Productos Químicos, publicó su "Risk Management Series No.21: Preliminary lists of PFOS, PFAS, PFOA and related compounds, and chemicals that may degrade to PFCA (ENV/JM/MONO(2006)15)". En los anexos I y II figuran las Listas de sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y sus compuestos afines y del sulfonato de perfluoroalquilo (<) y sus compuestos afines. Estas listas se están actualizando y se publicarán próximamente.

El Ministerio de Medio Ambiente del Reino Unido (DEFRA, por sus siglas en inglés) (RPA y BRE, 2004) propuso recientemente una lista de 96 sustancias afines del PFOS. Sin embargo, en general, no se han determinado aún las propiedades de esas 96 sustancias. Según 3M, (comunicación enviada a la secretaria del Convenio de Estocolmo, 2006), las características ambientales de estas sustancias, como solubilidad, estabilidad y capacidad para ser absorbidas o metabolizadas, pueden ser muy diferentes. Aún así, del documento del Reino Unido se infiere que todas estas sustancias producirán PFOS como producto de su degradación final (RPA y BRE, 2004).

En la evaluación del riesgo ecológico realizada por Environment Canada se define a los precursores del PFOS como sustancias que contienen el grupo funcional perfluorooctilsulfonilo ( $C_8F_{17}SO_2$ ,  $C_8F_{17}SO_3$  o  $C_8F_{17}SO_2N$ ) y que pueden transformarse o descomponerse en PFOS (Canadá, 2007). El término "precursor" se aplica, pero no se limita, a unas 51 sustancias detectadas en la evaluación ambiental. Sin embargo, esta lista no se considera exhaustiva, ya que posiblemente haya otros compuestos alquilo perfluorados que sean también precursores del PFOS. Esta información se recopiló sobre la base de un estudio de la industria canadiense, la opinión de los expertos y la elaboración de modelos con CATABOL, en que se examinaron 256 compuestos alquilos perfluorados para determinar si los componentes no fluorados de cada sustancia podían degradarse química o bioquímicamente, y si el producto final perfluorado de la degradación sería previsiblemente PFOS. Pese a que en este análisis no se consideraron los efectos aditivos del PFOS y de sus precursores, se reconoce que los precursores del PFOS contribuyen a la carga ambiental final de PFOS. Los precursores posiblemente desempeñen también una importante función en el transporte a gran distancia y la consiguiente degradación a PFOS en zonas apartadas, como el Ártico canadiense

En un análisis preliminar del flujo de la sustancia, preparado para Suiza en 2005 a partir de publicaciones internacionales, se calculó en aproximadamente 230 kilogramos/a las sustancias relacionadas con el PFOS remanentes en productos después de la retirada de productos de 3M (Suiza, 2007).

Se ha confirmado el uso histórico en los Estados Unidos, el Canadá y la Unión Europea de sustancias afines a los PFOS en las aplicaciones siguientes:

- Espumas ignífugas
- Alfombras
- Curtidos/ropa
- Textiles/tapizado
- Papel y envoltorios
- Revestimientos y aditivos para revestimiento
- Productos de limpieza industrial y doméstica
- Plaguicidas e insecticidas

Actualmente se desconoce si todavía se utilizan esas sustancias afines al PFOS en esos usos, China utiliza también PFOS en la industria petrolífera y para el procesamiento de nanomateriales.

## 1.2 Conclusiones del Comité de Examen de los COP sobre la información del Anexo E

El Comité de Examen de los COP preparó y aprobó el perfil de riesgo del sulfonato de perfluorooctano que figura en el documento UNEP/POPS/POPRC/17/Add.5, de conformidad con el anexo E del Convenio. El Comité llegó a la conclusión de que, de conformidad con el apartado a) del párrafo 7 del artículo 8 del Convenio, como resultado de su transporte ambiental a gran distancia, probablemente el sulfonato de perfluorooctano produzca importantes efectos adversos en la salud y el medio ambiente, al extremo de que se justifica la adopción de medidas de carácter mundial (decisión POPRC-2/5). El Comité llegó también a la conclusión de que (párrafo 3 de la decisión) las cuestiones relacionadas con la inclusión de los posibles precursores del sulfonato de perfluorooctano deberían analizarse en la formulación del proyecto de evaluación de la gestión de riesgos del sulfonato de perfluorooctano.

### 1.3 Fuentes de los datos

Las Partes que se indican a continuación presentaron la información que se pide en el anexo F: Alemania; Argelia; Armenia; Australia; Brasil; Canadá; Comisión Europea; Ex República Yugoslava de Macedonia; Japón; Mauricio; Mónaco; República Checa; Suiza, y los observadores siguientes: European Photo and Imaging Association; European Electronic Component Manufacturers Association; International Imaging Industry Association; European Semiconductor Industry Association (EECA-ESIA); International Indian Treaty Council (IITC)- Indigenous Environmental Network (IEN); Red Internacional de Eliminación de COP (IPEN); Japan Electronics and Information Technology Industries Association –Japan Semiconductor Industry Association (JEITA-JSIA); Photo Sensitized Materials Manufacturers' Association; Semiconductor Industry Association (SIA); Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI) y los Estados Unidos de América.

### 1.4 Situación del producto químico en relación con los convenios internacionales

El PFOS está siendo objeto de una evaluación de la gestión de riesgos según lo dispuesto en el Protocolo sobre los COP de la Convención de la CEPE sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia (LRTAP). El Equipo de tareas sobre COP se reunió en Viena en junio de 2007 para estudiar las posibles opciones de gestión de riesgos del PFOS. La evaluación realizada por el Equipo de tareas será presentada al Grupo de Trabajo sobre estrategias y examen en septiembre de 2007 y al Órgano Ejecutivo en diciembre de 2007 para que se siga examinando.

### 1.5 Medidas de control nacional o regional adoptadas

Australia preparó tres Alertas relacionadas con el PFOS durante la formulación de su Plan Nacional de Notificación y Evaluación de Productos Químicos Industriales (NICNAS). Actualmente Australia no fabrica productos químicos basados en el PFOS; sin embargo, se fabrican y utilizan productos que lo contienen en el país.

En la primera Alerta se disponía la eliminación de productos estancos al agua, al aceite, a la suciedad y a las grasas, que contuvieran PFOS antes de septiembre de 2002. También, el uso del PFOS para productos de cuero quedó eliminado en marzo de 2003. En algunos lugares de Australia se conservan existencias de espumas ignífugas a base de PFOS, que serán sustituidas a medida que lleguen a su fecha de expiración o cuando se agoten las existencias. En el NICNAS esta tratando de elaborar una estrategia para eliminar el uso del PFOS en Australia.

En la segunda Alerta se formulan recomendaciones sobre el PFOS, los sulfonatos de perfluoroalquilo (PFAS) y el ácido perfluorooctánico (PFOA), del siguiente tenor:

- que el PFOS (y los productos químicos a base de PFAS) se destine sólo a usos esenciales para los cuales no haya alternativa idónea, como ciertas espumas ignífugas de clase B, pero que no se utilice para entrenar a los bomberos; y
- que se sea prudente al seleccionar el PFOA como alternativa del PFOS, ya que el primero puede presentar los mismos problemas que el PFOS en relación con el medio ambiente y la salud.

En la tercera Alerta se publicó en febrero de 2007 para actualizar los usos del PFOS y las sustancias afines en Australia. Las recomendaciones de esta Alerta son:

- que el PFOS (y los productos químicos a base de PFAS) se destine sólo para usos esenciales para los cuales no haya alternativa idónea;
- que la actual espuma ignífuga a base de PFOS no se utilice con fines de entrenamiento de bomberos a fin de limitar su liberación al medio ambiente;
- que el PFOS no sea sustituido por el PFOA como alternativa, ya que este último puede tener las mismas consecuencias para la salud y el medio ambiente que el PFOS.

Canadá propuso un reglamento por el que se prohíbe la producción y el uso del PFOS y sus sales y de las sustancias que contengan uno de los siguientes grupos:  $C_8F_{17}SO_2$ ,  $C_8F_{17}SO_3$  o  $C_8F_{17}SO_2N$  (Canada Gazette, vol. 140, No 50, 16 de diciembre de 2006).

Según el reglamento propuesto para el PFOS:

- se prohibiría la fabricación, utilización, venta, oferta de venta e importación del PFOS o de productos que lo contengan;
- se establecería una exención al uso de espumas que formen películas acuosas a base de PFOS, a las que a veces se denomina también espumas ignífugas acuosas (AFFF), fabricadas o importadas antes de la entrada en vigor del Reglamento propuesto por un período de cinco años después de su entrada en vigor (pero estas AFFF no se podrán utilizar con fines de capacitación o ensayo);
- se establecería una exención al uso de inhibidores de vapor a base de PFOS, y la venta, oferta para la venta y la importación para ese uso, durante un período de cinco años después de la entrada en vigor del Reglamento, para la galvanización con cromo, la anodización con cromo, el grabado invertido, el laminado de níquel-politetrafluoroetileno por electrólisis y el grabado de sustratos plásticos antes de su metalización;
- se establecería una exención al uso, la venta, la oferta de venta y la importación de los siguientes artículos manufacturados: semiconductores o componentes análogos de dispositivos electrónicos u otros dispositivos miniaturizados y películas fotográficas, papel y placas para la impresión de fotografías;
- se establecería una exención al uso, la venta y la oferta de venta de artículos manufacturados, que fueron fabricados o importados antes de la entrada en vigor del Reglamento propuesto; y
- se preverían exenciones uniformes para los laboratorios, la investigación científica y las normas de los análisis de laboratorio.

Los importadores de inhibidores de vapor a base de PFOS estarán obligados a presentar informes anuales, en que se detallen los tipos, las cantidades, las ventas y los usos finales de las sustancias que se importen.

La Unión Europea aprobó la Directiva 2006/122/EC del Parlamento Europeo y la Directiva del Consejo 76/769/EEC de 12 de diciembre de 2006 sobre la aproximación de las leyes, los reglamentos y las disposiciones administrativas de los Estados miembros en relación con las restricciones a la comercialización y utilización y a las preparaciones de sulfonatos de perfluorooctano y sus sustancias afines. Esas restricciones son:

- Se prohibirá el PFOS y las sustancias afines como sustancias o componentes de preparaciones en concentraciones iguales o superiores a 0,005%, en productos y artículos semiterminados a un nivel de 0,1% excepto para los textiles o los materiales recubiertos, para los que la cantidad restringida de PFOS será 1  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ .
- Se prevén exenciones para los siguientes usos del PFOS y de las sustancias y preparaciones necesarias para producirlo: fotoresinas o capas antireflectantes para procesos de litografía óptica, revestimientos para material fotográfico industrial, inhibidores de vapor para revestimientos con cromo y otras aplicaciones de galvanización electrolítica, así como fluidos hidráulicos para la aviación; además, las reservas de AFFF basadas en PFOS suministradas 12 meses antes de que la legislación entre en vigor o antes de ese período, podrán utilizarse durante un período de 54 meses.

El Organismo para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA) aprobó a nivel federal el Reglamento sobre Usos Nuevos Importantes (SNUR) para 88 sustancias a base de PFOS que se aplicarán a la fabricación de nuevos productos y a los nuevos usos de esas sustancias. Asimismo, en octubre de 2007 se emitió un SNUR definitivo para otras 183 sustancias basadas en el sulfonato de perfluoroalquilo, (72 FR 57222, 9 de octubre de 2007) En el SNUR se exige a los fabricantes e importadores que notifiquen al EPA de los EE.UU., con al menos 90 días de antelación, la intención de fabricar o importar estas sustancias para cualquier uso distinto de los usos limitados actuales. De esta manera, el US EPA tendrá el tiempo necesario para evaluar el nuevo uso propuesto y prohibir o limitar la nueva actividad, de ser necesario. Aunque en el SNUR no se exige a los actuales fabricantes que cesen esa producción o la venta de esas sustancias, el principal fabricante de los Estados Unidos voluntariamente suspendió la producción entre 2000 y 2002. Por consiguiente, tan pronto entró en vigor el SNUR sobre las sustancias, quedó restringida, en lo esencial, toda fabricación o importación de PFOS que no fuesen las previstas para determinados usos específicos excluidos del SNUR. Esos usos son:

- Utilización como aditivo antierosión en fosfato de éster resistente al fuego en los fluidos hidráulicos para la aviación;

- Utilización como componente de una sustancia fotoresistente, incluido un agente tensoactivo o generador fotoácido, o como componente de una capa antireflectante utilizada en un proceso de microlitografía óptica para producir semiconductores o componentes de dispositivos electrónicos u otros dispositivos miniaturizados análogos;
- Utilización en revestimientos para tensión superficial, descarga estática y control de adhesión en películas, papeles y placas para impresión de imágenes digitales y analógicas; o como producto tensoactivo en mezclas utilizadas para el tratamiento de películas de imágenes;
- Utilización de la sal potásica del ácido 1-Pentanesulfónico de undecafluoro 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,5- (No. 3872-25 1 del CAS); sal potásica de N-etil-N-[(tridecafluoroheptil)sulfonil]-glicina-(No. 67584-53-6 del CAS); Sal potásica de N-etil-N-[(pentadecafluoroheptil)sulfonil]-glicina (No. 67584-62-7 del CAS); sal amónica del ácido 1-Heptanesulfónico de pentadecafluoro 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-(No. 68259-07-4 del CAS); 1-Heptanesulfonamida, N-etil-de pentadecafluoro 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-(No. 68957-62-0 del CAS); Poli(oxi-1,2-etanedil), .alfa. [2 [etil[(pentadecafluoroheptil)sulfonil]amino]etil]-.omega.-metoxy- (No. 68958-60-1 del CAS); o compuesto de tridecafluoro 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6 de ácido 1-Hexanesulfónico, con 2,2'-iminobis[etanol] (1:1) (No. 70225-16-0 del CAS) como un componente de mordentado, incluido un tensoactivo o inhibidor de gases, utilizado en procesos de revestimiento para la fabricación de componentes electrónicos.
- Utilización de sulfonato de perfluorooctano tetraetilamonio (No. 56773-42-3 del CAS), como inhibidor de gases/vapores en acabado de metales y baños electrolíticos. Entre esos acabados de metal y baños electrolíticos cabe citar: revestimiento de cromo endurecido; revestimiento de cromo para fines ornamentales; anodizado por ácido crómico; revestimiento de níquel, cadmio y plomo; revestimiento metálico y plásticos y revestimiento de zinc alcalino.
- Utilización como producto intermedio sólo para fabricar otras sustancias químicas que se utilizarán exclusivamente de la manera indicada de los tres primeros puntos *supra*.

Coincidiendo con la publicación en 2002 del SNUR definitivo sobre 88 sustancias afines del PFOS, la EPA de los EE.UU. negoció también la eliminación de productos plaguicidas basados en PFOS que contengan sulfluramida, una sustancia que se fabrica a partir de un derivado del PFOS y que degradará a PFOS o a la sal de litio del PFOS (SLPO). La sulfluramida y el SLPO se incorporaron en las formulaciones de cebos utilizadas con trampas para el control de hormigas, cucarachas, comején, avispas y avispones, y en cebos granulados dispersables para el control de las hormigas cortadoras de hojas en zonas de reforestación de pinos. Las empresas inscritas que adquieren estos productos acordaron voluntariamente cancelar algunos de ellos y eliminar el resto de sus existencias de sulfluramida producidas antes de que se lograra en 2002 la eliminación total del PFOS en los EE.UU.

## 2. Información resumida que atañe a la evaluación de la gestión de riesgos

### 2.1 Determinación de posibles medidas de control

El objetivo del Convenio de Estocolmo (artículo 1) es proteger la salud humana y el medio ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes. Al valorar las medidas de control previstas en el Convenio, se debería considerar el potencial de todas las sustancias afines del PFOS que degradan a PFOS, que, por tanto, contribuyen a la carga ambiental total. Al determinar si sería conveniente mantener exenciones específicas, entre otras consideraciones señaladas en el anexo F del Convenio, se deberán considerar factores como la exposición; el volumen de producción y los costos para la sociedad y la contaminación ubicua de los seres humanos, el medio ambiente y el posible impacto en las futuras generaciones.

Con arreglo al Convenio, esto se puede lograr de diferentes maneras.

- El PFOS o las sustancias afines del PFOS se podrán incluir en el anexo A, con exenciones específicas o no, o acompañadas de una nueva parte III, en que se explicarían en detalle las acciones para cada una de las sustancias o grupos de sustancias afines del PFOS o los usos para los que se destinan; o
- El PFOS o las sustancias afines del PFOS se podrán incluir en el anexo B, con fines/exenciones específicas aceptables o en una parte III del anexo B, en que se explicarían en detalle las acciones para cada una de las sustancias o grupos de sustancias afines del PFOS o los usos para los que se destinan; o
- El PFOS se podrá incluir en la lista del anexo C como COP producido de forma no intencional para dejar incluidas todas las sustancias afines del PFOS que produzcan PFOS al ser liberadas al medio ambiente; o
- El PFOS se podrá incluir en la lista del anexo A o B, como se explicó antes, y al mismo tiempo en la lista del anexo C.



En relación con el anexo F, las Partes y los observadores han señalado determinados usos, que pueden clasificarse en tres subgrupos.

A. Sobre la base de la información presentada a la secretaría, probablemente no existan alternativas técnicamente viables para determinados usos. Estos usos son: creación de imágenes ópticas, fotomáscaras; semiconductores; fluidos hidráulicos para la aviación; catéteres radio-opacos, como los catéteres para angiografía y los catéteres de aguja residente; y la manufactura de cebos para hormigas cortadoras de hojas.

B. La información presentada a la secretaría indica que se dispone o podrá disponerse de sustancias o tecnologías alternativas, que deberán introducirse paulatinamente, para usos como: chapado metálico; partes eléctricas y electrónicas; y espumas contra incendios.

C. Sobre la base de la información presentada a la secretaría, los usos para los que hay alternativas en los países desarrollados son: espumas ignífugas, alfombras, curtidos/ropa, textiles/tapizado, papel y envoltorios, revestimientos y aditivos para revestimiento, productos de limpieza industrial y doméstica, plaguicidas e insecticidas.

Cabe señalar que a causa de la complejidad del uso de los numerosos sectores de la sociedad en los que se utiliza el PFOS y sustancias afines al PFOS, varios países, desarrollados y en desarrollo han declarado que podrían hacer otros usos de PFOS y sustancias afines de los que no tienen conocimiento actualmente. Por lo tanto, pueden que sea necesario añadir en el futuro a las diferentes categorías usos diferentes de los enumerados *infra*.

Estos usos y los posibles sustitutos se analizarán con más detalle en la sección 2.3 más adelante.

## **2.2 Eficacia y eficiencia de las posibles medidas de control en el cumplimiento de las metas de reducción de los riesgos**

La eliminación y regulación en los Estados Unidos logró la reducción del volumen de estas sustancias químicas producidas o utilizadas en el país de unas 2.900 toneladas en 2000 a menos de 8 toneladas en 2006.

El Canadá aportó un análisis nacional de costos-beneficios para el proyecto de reglamento canadiense sobre el PFOS y sus sustancias afines. Los principales supuestos utilizados en ese análisis fueron:

- Marco cronológico: Las medidas de control propuestas podrían entrar en vigor en 2009, excepto para las AFFF y el sector del chapado metálico y expirarían 5 años después, en 2014;
- Período de análisis: Se determinó un período de 25 años para tener en cuenta el período de utilización de las AFFF que contienen PFOS, así como el período de vida útil del equipo de chapado metálico. De manera que el período de análisis abarcará de 2008 a 2032;
- Perspectiva de costos y beneficios: los costos y beneficios que directa o indirectamente afecten a la salud humana y al medio ambiente se incluyen en el análisis en la medida de lo posible;
- Tasa de descuento: Una tasa de descuento de 5,5%, y todos los costos y beneficios monetizados se expresan en euro o dólar de los EE.UU. a los precios de 2006.

En el caso del Canadá, los beneficios netos del reglamento propuesto se calcularon en 337.000 dólares de los EE.UU. Cabe señalar que en esta cifra no se incluyen los beneficios para el ecosistema, ya que no se pueden cuantificar debido a las limitaciones e incertidumbres de los datos (Canadá, 2006). Cabe señalar que los análisis realizados por Canadá pueden no ser significativos para otros países, en particular países en desarrollo y países con economías en transición; ahora bien, no se dispone de información a este respecto. China ha indicado que el uso en la industria petrolífera y en el procesamiento de nanomateriales podría encontrarse en estas categorías

## **2.3 Información sobre alternativas (productos y procesos), si procede**

El Comité de Examen de los COP estuvo de acuerdo en que el PFOS es probablemente un COP debido a su transporte a gran distancia en el medio ambiente y a sus importantes efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente, a tal punto que se justifica la adopción de una medida de alcance mundial. La meta o el fin de toda estrategia de reducción de riesgos en relación con el PFOS debería ser reducir o eliminar las emisiones y liberaciones tomando en consideración la lista indicativa del anexo F que incluye la viabilidad técnica de posibles medidas de control y las alternativas, los riesgos y beneficios de las sustancias y su producción y utilización ininterrumpidas. Al considerar cualquier estrategia de reducción de esos riesgos, es importante tener en cuenta la disponibilidad de sustitutos en los sectores que causan preocupación. A este respecto, para la sustitución de una sustancia afín del PFOS por otro producto químico o sistema alternativo tendrán que considerarse factores como:

- viabilidad técnica
- costos, incluidos los costos relacionados con el medio ambiente y la salud
- eficacia

- riesgos
- disponibilidad y posibilidad de acceso

A continuación se analizan la disponibilidad e idoneidad de los sustitutos para la ‘continuación de los usos’ de sustancias afines del PFOS. El análisis se centra en la continuación de los usos; a falta de información que lo contradiga, se considera que la sustitución ya se ha llevado a cabo en los demás sectores.

Muchos de los antiguos usuarios de sustancias afines del PFOS están utilizando ahora otros productos fluoroquímicos (telómeros y productos conexos). Estos telómeros no guardan relación con el PFOS, pero en determinadas circunstancias pueden degradar en ácido perfluorooctanoico o ácidos carboxílicos perfluorados afines. Es importante señalar que, pese a que actualmente no se dispone de suficiente información para evaluar los impactos de los telómeros en la salud y el medio ambiente, en los EE.UU. y otros países, donde se observa cierto interés en el destino y el comportamiento de estas sustancias, se está llevando a cabo amplios estudios. Mientras no concluyan estos estudios, no será posible sacar ninguna conclusión definitiva acerca de las ventajas ambientales y para la salud humana de los telómeros y los productos afines respecto de las sustancias afines del PFOS a las que han sustituido.

La fabricación del PFOS se ha ido eliminando gradualmente en algunos países, entre ellos los EE.UU., como se indica en la sección 1.5 *supra*. Canadá y Australia no producen PFOS. Según un estudio realizado en 2006 por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE, 2006) en algunos países se fabrican PFOS y sustancias afines.

#### **A. Usos para los cuales, según las respuestas recibidas, no se dispone de alternativas técnicamente viables**

Además de los usos que se indican más adelante, China señaló que las sustancias afines al PFOS se utilizan de continuo en la industria petrolífera y en el procesamiento de nanomateriales usos para lo que hasta ahora no se dispone de alternativas.

#### **2.3.1 Creación de imágenes ópticas**

Según la industria fotográfica, todo parece indicar que en estos momentos no se dispone de productos químicos o clases de productos químicos que se puedan considerar alternativas del PFOS o de sustancias afines del PFOS a nivel de industria (o incluso de empresa). Algunas alternativas viables de materiales a base de PFOS han sido los productos químicos no perfluorados como los agentes superficiativos a base de hidrocarburos, productos químicos con cadenas perfluoradas cortas (C3 - C4), siliconas, telómeros. En muy pocos casos se ha podido reformular las capas para que sean inherentemente menos sensibles a la acumulación estática.

Según la industria, los productos/las aplicaciones de creación de imágenes para las que actualmente no se dispone de alternativas a las sustancias afines del PFOS y que representan usos críticos son:

- agentes superficiativos para mezclas utilizadas en capas aplicadas a películas, papeles y placas para impresión; los productos químicos a base de PFOS son importantísimos para crear capas de gran complejidad de manera muy sistemática, lo que evita la creación de grandes cantidades de desechos debido a irregularidades en el espesor de la capa;
- agentes de control de la carga electrostática para mezclas utilizadas en capas aplicadas a películas, papeles y placas para impresión. Las propiedades antiestáticas de los materiales a base de PFOS constituyen también características de seguridad importantes ya que controlan la acumulación y descarga de electricidad estática con lo que se previenen daños a los empleados y usuarios, daños al funcionamiento del equipo y a los productos y riesgos de incendio y explosión;
- agentes de control de fricción y antisuciedad para mezclas utilizadas en capas aplicadas a películas, papeles y placas para impresión; y
- agentes de control de adhesión para mezclas utilizadas en las capas. El control de la adhesión es una propiedad impartida a las capas de películas gracias al uso de materiales a base de PFOS como medios auxiliares.

Las estimaciones de las liberaciones de la industria de creación de imágenes ópticas, hechas por el DEFRA del Reino Unido, son del orden de 1,02 kilogramo en aguas de desecho y 0,051 kilogramo a la atmósfera a partir de los usos industriales en la Unión Europea. La industria calcula, por extrapolación, un total de menos de 2 kilogramos en todo el

La mayoría de los papeles para impresión de imágenes de calidad profesional y para el consumo no contienen sustancias afines del PFOS. En el caso de papeles que contienen esas sustancias, las capas contienen concentraciones

del orden de 0,1 a 0,8 µg/cm<sup>2</sup>. La mayor parte de este material no está en la superficie, ya que la sustancia afín del PFOS se encuentra en la matriz y está vinculada con las matrices de la capa.

Hasta la fecha, el costo de sustitución de materiales a base de PFOS se calcula en unos 20 a 40 M de euros para toda la gama de producción para la creación de imágenes. Estos costos se basan en el costo estimado de lograr la actual reducción del 83% del uso de sustancias afines del PFOS. Se espera que el costo de los trabajos futuros en los sustitutos (para lograr el 17% restante) sea muy superior a la cifra antes mencionada, ya que el trabajo de sustitución es mucho más difícil.

Sobre la base de las estimaciones de costos señaladas de 20 a 40 M de dólares EE.UU. para una reducción que tuvo lugar entre 2000 y 2004, es decir, una reducción de aproximadamente 15 toneladas, el costo medio es de 2 M de dólares EE.UU. por tonelada. Se calcula que las nuevas reducciones costarán más del doble, hasta 5 M de dólares EE.UU. por tonelada. El costo de sustitución de las 10 toneladas restantes sería de 50 M de dólares EE.UU. Dado que se calcula que se liberen sólo 2 kilogramos en el medio ambiente, el costo de reducción a cero, utilizando estas estimaciones sería de 25 M de dólares EE.UU. por kilogramo. Este cálculo indica el grado de magnitud de los costos de reducción de las liberaciones.

### 2.3.2. Fotoresinas y semiconductores

Según la industria de semiconductores, el funcionamiento de generadores fotoácidos (PAG) a base de PFOS es indispensable para la industria de semiconductores en el proceso de fotolitografía. ESIA, JSIA, SIA y SEMI señalan que actualmente no se conoce ningún sustituto que asegure el mismo grado de funcionalidad crítica para producir una transformación eficaz y eficiente en las fotoresinas de vanguardia y que se pueda utilizar en la fabricación en gran escala.

En el caso de las capas antireflectantes utilizadas en combinación con las fotoresinas, ESIA indica que tampoco hay alternativa disponible que cumpla los requisitos técnicos específicos necesarios (ESIA, 2003). La industria está evaluando también otra aplicación especializada para la que tal vez tampoco se pueda sustituir el uso del PFOS: el uso del reactivo líquido en el proceso de creación de fotomáscaras.

Los fabricantes de semiconductores señala que la industria y sus proveedores siguen buscando alternativas para esos usos críticos. La naturaleza de la producción de semiconductores es tal que si se llegaran a determinar alternativas al PFOS en la etapa fundamental de la investigación, el ajuste crítico a la química de insumos como el uso del PFOS en el proceso fotolitográfico, desencadenaría ajustes trascendentales en todo el proceso de fabricación y la cadena de suministros para asegurar que se mantengan alineados los procesos químicos durante todo el proceso de producción. De esta manera, la industria de semiconductores considera que demoraría otros diez años diseñar, poner en funcionamiento e integrar la nueva tecnología, tan pronto se haya seleccionado, en el proceso de fabricación de los semiconductores. Según la industria, la demora es una función necesaria del ciclo de desarrollo de la tecnología de semiconductores: las innovaciones tecnológicas, por regla general, demoran 10 años de constante desarrollo antes de que se pueda ver reflejado en un alto volumen de fabricación (ESIA, JSIA, SIA, SEMI 2007).

Cabe señalar asimismo que, durante la formulación química de los productos fotolitográficos, la posible exposición de los trabajadores es mínima porque el proceso tiene lugar en un sistema muy automatizado y prácticamente cerrado. El mismo proceso para la fabricación de dispositivos electrónicos está igualmente automatizado, y utiliza poco volumen de PFOS y equipo de protección. El aislamiento químico es también parte intrínseca de los procedimientos de control de la calidad.

Se consideran mínimas las posibles liberaciones al medio ambiente. Debido a la poca presión de vapor del PFOS, y a la naturaleza del proceso, no se prevén emisiones a la atmósfera. Sin embargo, se incineran los productos de desecho, entre ellos el 93% de la formulación de las resinas (generadores fotoácidos y agentes superficiativos). Las liberaciones en el agua se consideran también insignificantes. Es más, no se ha detectado la presencia de ningún compuesto residual de PFOS en los microprocesadores manufacturados y, por esa razón, no hay exposición de consumidor ni preocupación por las liberaciones de la eliminación o el reciclado de desechos electrónicos.

Las liberaciones de PFOS de los usos fotolitográficos son pequeñas comparadas con el uso del PFOS en otros sectores de la industria. En 2002, para toda Europa, se liberó un estimado de 43 kilogramos de PFOS en el efluente de los usos fotolitográficos, del orden de sólo 0,45% del total de liberaciones de PFOS en esos momentos en el continente. Los datos sobre el equilibrio de masas correspondientes a Europa en 2004 indican liberaciones aproximadas de 54 kilogramos. Se calcula que cabría atribuir una proporción igualmente pequeña de liberaciones en los Estados Unidos y el Japón a los usos fotolitográficos, a juzgar por las modalidades de uso en el pasado reciente.

Es difícil cuantificar los costos que, en última instancia, entrañará la sustitución del uso del PFOS con sustancias alternativas en la industria de la fotolitografía, dado que en estos momentos esas alternativas no existen. Las necesidades de innovación y los límites de la viabilidad técnica son los principales factores que actualmente limitan el acceso a alternativas. No obstante, si finalmente se pudieran vencer esos obstáculos, habría que incurrir en gastos

sustanciales derivados de la transición al uso de las sustancias alternativas en el proceso fotolitográfico. Por ejemplo, probablemente haya que incurrir en grandes costos de introducción derivados de la incorporación de un nuevo sistema en una producción de gran volumen que incluyen costos de recalificación y posibles pérdidas de ingresos derivadas de un rendimiento mucho más bajo mientras los nuevos sistemas se ponen a punto. Muchas resinas se producen concretamente para un proceso de una empresa determinada, lo que significa que un sustituto válido no puede ser necesariamente válido para su aplicación en toda la industria. Dadas estas incertidumbres, la estimación por debajo, derivada de esta evaluación, es sólo un indicio del orden de magnitud de los costos implícitos.

La sustitución de los actuales sistemas de resinas obligaría a realizar incontables actividades de investigación y desarrollo, a las que seguiría un prolongado período de recalificación del proceso de fabricación. Los costos de desarrollo de un sistema completamente nuevo de fotoresinas para la industria se han calculado en 192M de dólares de los EE.UU. para resinas de 193nm, 287M dólares de los EE.UU. para las de 157nm, y 218M dólares de los EE.UU. para las resinas de EUV. El costo para el desarrollo de resinas fotosensibles de 157nm es el más elevado, porque supone requisitos más novedosos que para las de 193nm o las EUV.

Los costos de desarrollo de un nuevo sistema de fotoresinas serían del orden de los 700M de dólares de los EE.UU. Suponiendo que los costos variables sean los mismo que en el actual sistema, demoraría 5 años la creación del nuevo sistema y 25 años, el análisis. Esto implica que la reducción de las liberaciones de sustancias afines del PFOS es igual a 20 años de liberaciones (50 kilogramos por año), o sea, un total de 1000 kilogramos. Se calcula un costo de 0,7M dólares de los EE.UU. por kilogramo de PFOS. Este cálculo indica el grado de magnitud de los costos de reducción de las liberaciones. En comparación, la industria de semiconductores tuvo ventas anuales por un total de 248 mil millones de dólares en 2006<sup>1</sup>.

La industria de semiconductores firmó hace poco un acuerdo para limitar el uso de productos químicos a base de PFOS en todo el mundo. Según este acuerdo, los miembros del Consejo Mundial de Semiconductores, que son las asociaciones profesionales que representan a las industrias de microcircuitos de la mayoría de los principales países productores de semiconductores (que incluyen a la SIA, la ESIA y las asociaciones profesionales de Asia), y SEMI se han comprometido a actuar de la manera siguiente: i) poner fin a los usos no críticos del PFOS en fechas concretas; ii) hacer lo posible para hallar sustitutos del PFOS en usos críticos para los cuales no se disponga actualmente de otros materiales; iii) destruir los desechos de solventes producidos por los usos críticos y iv) adoptar otras medidas para mitigar las posibles consecuencias para el medio ambiente del uso del PFOS en estas aplicaciones críticas.

### 2.3.3 Fotomáscaras en las industrias de semiconductores y pantallas de cristal líquido (LCD)

Las fotomáscaras son una parte esencial del proceso fotolitográfico de la producción de semiconductores y pantallas de cristal líquido. Los productores de semiconductores o de LCD básicamente encargan la producción de fotomáscaras a otras empresas.

Tres grandes productores de fotomáscaras del Japón informan de la utilización de un procedimiento húmedo en la producción de la mayoría de las fotomáscaras. El PFOS y sustancias afines están presentes en los reactivos de paneles semiconductores y de transistores de capa delgada (TFT), porque estos productos requieren una impresión con patrones muy finos. En el caso de las fotomáscaras para semiconductores, se utiliza también un procedimiento en seco para algunos casos concretos. Todas las fotomáscaras de TFT se producen mediante un procedimiento húmedo debido a su gran tamaño.

Se calcula en unos 70 kilogramos anuales la cantidad total de PFOS (incluido el grupo funcional de PFOS en una sustancia afín) usada para este fin en el Japón. Se considera que las empresas japonesas desempeñan una importante función en la producción de fotomáscaras, y que poseen más del 70% del mercado mundial. Por eso se calcula que el uso total de PFOS y de sustancias afines del PFOS para este uso es de aproximadamente 100 kilogramos en todo el mundo.

Debido al fuerte ácido de los decapantes, un agente superficiativo no fluorado no es estable en los decapantes, por lo tanto, no es aplicable a este proceso. Además, los demás agentes superficiativos fluorados, como el SPAF de cadena más corta, no sirven porque no tienen suficiente capacidad para reducir la tensión superficial.

Se aplica un proceso de grabado en seco a los patrones muy finos de alta calidad de las fotomáscaras de los semiconductores. Ahora bien, el rendimiento y la productividad del proceso de grabado en seco son muy inferiores (15 o 20 veces) a los del proceso húmedo. Por otra parte, el proceso en seco no es utilizable en los paneles de las pantallas de cristal líquido debido a su gran tamaño (más de 1m por 1m).

<sup>1</sup> [http://www.sia-online.org/pre\\_facts.cfm](http://www.sia-online.org/pre_facts.cfm).

### 2.3.4. Fluidos hidráulicos para la aviación

Según la información recibida de uno de los grandes productores de fluidos hidráulicos, no hay alternativas a las sustancias a base de PFOS que actualmente se utilizan en los sistemas de navegación aérea y no se conoce química alternativa que ofrezca protección adecuada a las aeronaves. El proceso de clasificación de un nuevo fluido para su uso en la aviación comercial ha demorado históricamente unos 10 años desde el concepto hasta la fabricación comercial efectiva. Actualmente no hay alternativas a las sustancias a base de PFOS que se están utilizando en los sistemas de navegación aérea y no hay información sobre los costos ni sobre los atributos de las alternativas para el medio ambiente y la salud humana.

### 2.3.5 Determinados dispositivos médicos

La industria de dispositivos médicos ha estado utilizando muchas materias primas que contienen PFOS durante mucho tiempo. Por ejemplo, el PFOS se utiliza como dispersante eficaz, cuando se incorporan agentes de contraste en una capa de copolímeros de etileno tetrafluoroetileno (ETFE). El PFOS desempeña una función esencial en la producción de ETFE radioopaco, lo que permite lograr los niveles de exactitud y precisión necesarias en los dispositivos médicos (por ejemplo, catéteres radiopacos, como los catéteres utilizados en angiografía y los catéteres con agujas residentes).

Desde 2000, en que determinó que los efectos del PFOS en el medio ambiente eran un problema, los fabricantes de ETFE radioopaco han estado tratando de hallar alternativas, junto con los proveedores de materias químicas.

El estudio realizado por la OCDE en 2006 determinó que se utilizaba sulfonato de perfluorobutano (SPFB) como agente superficiativo en productos para capa. En algunos casos, esta sustancia se puede utilizar como dispersante en lugar del agente de contraste inorgánico cuando se mezcla con el ETFE. No obstante, para muchos otros dispositivos médicos, todavía no se han hallado alternativas que permitan lograr la misma calidad. Cabe esperar que, debido a sus excepcionales propiedades, el PFOS continuará utilizándose para diversos dispositivos médicos.

## B. Usos para los cuales tal vez se disponga de sustancias o tecnologías alternativas que tendrían que incorporarse paulatinamente.

### 2.3.6. Chapado metálico

Las sustancias afines del PFOS se utilizan en las siguientes aplicaciones principales:

- cromado decorativo; y
- laminado con cromo duro.

Otros usos importantes son: agente de pretratamiento para laminado plástico, PTFE powder plating treatment agent, agente de pretratamiento para plating de printed circuit boards; anodización por ácido crómico; laminado con níquel cadmio o plomo; laminado con zinc alcalino; agente de rectificación eléctrica del acero inoxidable; y agente abrasivo químico para aleación de cobre.

En el estudio de la OCDE de 2006 se señalaba el uso del sulfonato de perfluorobutano (C4 PFAS) como inhibidores de vapor. En otros informes se indica que actualmente no se conocen alternativas eficaces a los inhibidores químicos de vapor para la sustancia afín del PFOS destinada a estas aplicaciones (Japón, 2007; EE.UU., 2007)).

Sin embargo, la información recibida de algunas autoridades industriales y normativas indica que la sustitución del Cr (VI) o cromo hexavalente por un Cr (III) menos peligroso en aplicaciones de laminado decorativo eliminaría la necesidad de utilizar sustancias afines del PFOS en esta aplicación. Dicha sustitución podría representar economías considerables en los costos y beneficios para la salud y la seguridad y para el medio ambiente en el sector del chapado metálico.

Los costos más elevados de la utilización del Cr (III) se compensan con creces por las economías que se logran con la reducción de los costos de tratamiento de los desechos, la reducción de los costos de vigilancia del aire, la contabilización y la reducción del porcentaje de rechazo. El principal beneficio, no obstante, guarda relación con la reducción significativa del riesgo de mala salud de los empleados inducida por el trabajo con cromo hexavalente. Los avances en la sustitución son diferentes debido a los requisitos de calidad de los diferentes mercados, por ejemplo, en el Japón solo 40 a 50 de unas 1000 empresas han cambiado sus procesos. En esos casos, siguen haciendo falta agentes de control de los vapores a base de PFOS para proteger la salud de los trabajadores.

En el caso del laminado en cromo duro, la información recibida indica que la sustitución directa del Cr (VI) con Cr (III) no es actualmente una opción viable. Si bien la industria se ha referido a la creación de procesos que podrían sustituir el laminado en cromo duro Cr (VI) para ciertas aplicaciones menores, actualmente no se dispone de tecnologías a escala comercial para sustituir a la mayoría de las aplicaciones de laminado en Cr (VI). En el Japón, todavía no se han hallado

alternativas para usos distintos del laminado en cromo duro en parte debido a los requisitos de alta fiabilidad, por ejemplo, para piezas del sistema de bombeo en los automóviles.

El costo de mejorar la ventilación con extracción, que es el sustituto recomendado para los inhibidores de vapores a base de PFOS, se ha calculado en 3400 euros por año en cada unidad de producción, con un período de inversión de 15 años (RPA 2004). Suponiendo que existan varios cientos de unidades en la UE, el costo total sería de uno o dos millones de euros. En el Japón se calcula que el costo sería de 40.000 dólares EE.UU. por cada baño de 1000 litros (Japón, 2007).

Los costos previstos en el reglamento propuesto para el Canadá (véase la sección 1.5) por tamaño de la empresa son de 0, 65 M de dólares EE.UU. para 34 pequeñas empresas, 2,6 M de dólares EE.UU. para 52 empresas medianas y 0,68 M de dólares EE.UU. para 14 grandes empresas. Los costos de cumplimiento totales estimados para las instalaciones canadienses que utilizan inhibidores de humo a base de PFOS para cumplir el reglamento propuesto ascienden a unos 3,9 M de dólares EE.UU. (descontado al 5,5% en 25 años), lo que redundaría en una reducción de las emisiones de PFOS de aproximadamente 86 toneladas en el período 2013 a 2032 (Canadá, 2006). A partir de estos cálculos del Canadá, el costo de reducción es de 46 dólares EE.UU. por kilogramo de PFOS reducido.

### **2.3.7. Espumas ignífugas**

Actualmente existen o se están desarrollando algunas alternativas al uso de agentes superficiativos fluorados a base de PFOS en espumas ignífugas. Esas alternativas son: agentes superficiativos fluorados que no utilizan PFOS; agentes superficiativos a base de silicona; agentes superficiativos a base de hidrocarburos; espumas ignífugas que no contienen flúor; y otras tecnologías en desarrollo basadas en espumas ignífugas que evitan utilizar flúor. Habría que tomar en consideración la eficacia de esas alternativas.

Las espumas que no contienen flúor son un 5 a 10% más caras que las espumas a base de un agente superficiativo basado en el flúor (incluidas las espumas a base de PFOS comercializadas anteriormente). No obstante, los fabricantes señalan que los precios de las espumas que no contienen flúor bajarían si se ampliara su mercado. De ahí que se parta del supuesto de que en general los precios son comparables.

Dado que la transición de los productos a base de PFOS se ha producido para la mayoría de los usos en muchos países, los costos de desarrollo o funcionamiento que entraña la sustitución de espumas a base de PFOS solo son limitados para los fabricantes o usuarios de espumas. Los principales costos de eliminación de las espumas a base de PFOS guardan relación con la gestión de las reservas y los desechos que contienen esas espumas.

Son pocos los datos de que se dispone acerca de la idoneidad toxicológica y ecotoxicológica de los agentes superficiativos fluorados que no utilizan PFOS. Todavía se está estudiando en algunos lugares si los telómeros constituyen un problema importante para la salud humana y el medio ambiente y hay interés en conocer las conclusiones.

Respecto de las espumas que no contienen flúor, la información actual indica que comparadas con las espumas a base de PFOS, no persisten ni se bioacumulan en el medio ambiente (debido a la ausencia de flúor). Respecto de la toxicidad aguda, las espumas que no contienen flúor al parecer tienen un poco menos de toxicidad aguda, aunque la información proporcionada hasta la fecha no es concluyente.

Para el Canadá, se calcula que el proyecto de reglamento reduciría la liberación de AFFF a base de PFOS al medio ambiente del orden de 2,83 toneladas durante el período 2008 a 2032. El valor actual de los costos de eliminación y sustitución que han pagado los aeropuertos, las instalaciones militares y las refinerías sería del orden de unos 640.000 dólares (en dólares de 2006) descontado al 5,5% en un período de 25 años (Canadá, 2007). Sobre la base de los cálculos canadienses, el costo de reducción es de 226 dólares de los EE.UU. por kilogramo de PFOS reducido.

En la UE, los costos de sustitución y destrucción de espumas se han calculado en 6000 euros por tonelada. En la UE existen 122 toneladas (RPA 2004). Sobre la base de los cálculos de RPA, el costo de reducción es de 6 euros por kilogramo de PFOS reducido. Tan pronto se renueva la espuma, el costo de destrucción puede disminuir hasta 1 euro por kilogramo.

En el Japón, se calcula que existen 86 toneladas de PFOS equivalente en productos de AFFF en el mercado. A partir de esta información, se calcula que la cantidad total de PFOS en el mercado es menos de 200 toneladas en concentrado de espumas ignífugas. El mercado ha acumulado unas 21.000 toneladas de concentrado de espumas ignífugas a base de PFOS, y unas 11.400 toneladas de espuma ignífuga contienen PFOS propiamente, las restantes 9.600 toneladas contienen derivados del PFOS. La mayoría de las existencias de mercado son espumas ignífugas para líquidos inmiscibles con agua como petróleo, nafta y combustibles a base de hidrocarburos, y ya se están comercializando alternativas que no utilizan PFOS para este uso. Se calcula que la sustitución demorará unos 15 años a juzgar por la capacidad de producción actual. Por otra parte, unas 2.000 toneladas de las existencias comercializables de espumas ignífugas para líquidos inmiscibles con el agua, como alcoholes, glicoles y acetona, es más indispensable en breve

plazo para los combustibles biológicos (bio-etanol, etc.). La espuma para el líquido miscible en agua hace falta para cumplir las normas estatales y todavía no se ha desarrollado una alternativa que no utilice PFOS debido a dificultades técnicas y a la viabilidad técnica. Se calcula que el desarrollo de alternativas demorará algunos años y que la sustitución se prolongará también durante unos 15 años. Por otra parte, en los aeropuertos también se almacenan espumas ignífugas que contienen PFOS (Japón, 2007).

En el artículo del SNUR en los EE.UU. sólo se restringe la fabricación o la importación de PFOS y productos que lo contengan. Este reglamento de los EE.UU. no impone restricción alguna al uso de las existencias actuales de AFFF a base de PFOS fabricado o importado por los EE.UU. antes de la fecha de entrada en vigor del reglamento ni se establece ni prevé la eliminación obligatoria de las actuales existencias.

### 2.3.8 Partes eléctricas y electrónicas

El PFOS se utiliza ampliamente en la producción de partes eléctricas y electrónicas. Los principales usos son como agentes selladores y adhesivos. Para estos usos, se dispone de alternativas o se están desarrollando, y el PFOS será sustituido con relativa rapidez. Sin embargo, se han señalado varios usos para los cuales no habrá alternativas en lo inmediato. Uno de esos usos es la correa de transferencia intermedia de las impresoras multiuso/copiadoras de color.

La correa de transferencia intermedia es una parte esencial de las impresoras de color y las máquinas copiadoras de color. Según información proporcionada al Gobierno del Japón, el mayor fabricante (que suministra más del 60% de las correas de transferencia intermedia de poliimida) utiliza PFOS para asegurar las propiedades requeridas. Las correas de transferencia intermedia de este fabricante contienen hasta 100 ppm de PFOS. Los 12 fabricantes de impresoras de color y las máquinas copiadoras de color que dominan el mercado mundial utilizan esta; también se vende en todo el mundo como repuesto. Las propiedades de la correa de transferencia intermedia determinan el diseño de la copiadora/impresora multiuso. Debido a la larga vida de las copiadoras/impresoras multiuso, si se suspende el suministro de esta pieza, habría que desechar millones de copiadoras/impresoras multiuso antes del final de su vida útil, lo que crearía posibles daños innecesarios al medio ambiente.

Al igual que las correas de transferencia intermedia, los rodillos y las correas de PFA de los fijadores térmicos contienen PFOS por la misma razón. El mayor fabricante de estos productos ha informado de que un aditivo utilizado en la producción de las unidades contiene PFOS en cantidad de  $8 \times 10^{-4}$  ppm, y de que el aditivo se utiliza en cantidad de  $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . El volumen de producción es de 300.000 unidades mensuales y el consumo anual de PFOS es inferior a 3 g.

Por otra parte, el PFOS se utiliza en diversos tipos de aditivos, como aditivos grasos para cursores mecánicos y micrómetros, como componente de un mordiente utilizado en los procesos de chapado para producir dispositivos electrónicos así como en muy diversos usos en las industrias eléctrica y electrónica. No obstante, debido a que se trata de muy bajas concentraciones, como ya se mencionó, y a la compleja cadena de suministros, hace muy poco tiempo que se reconoció el uso en esta esfera, por lo que hacen falta más estudios.

No está claro el impacto que tendría el uso de alternativas de PFOS respecto del funcionamiento del producto.

### 2.3.9. Uso de derivados del PFOS en la producción de cebos para hormigas destinados al control de las hormigas cortadoras de hojas

La sulfluramida (1-octanosulfonamida-N-etilo-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptadecafluoro; No. 4151-50-2 del CAS), se fabrica utilizando un derivado afín del PFOS (fluoruro de perfluorooctilsulfonilo, (PFOSF) No. 307-35-7 del CAS). La sulfluramida es el ingrediente activo en la fabricación de cebos para hormigas en formulaciones listas para usarse y se sabe que degrada a PFOS. Se calcula que la producción de sulfluramida en el Brasil ronda las 30 toneladas métricas anuales. La sulfluramida se utiliza a una concentración del 0.3%, que produce unas 10.000 toneladas métricas de cebos para hormigas/año. En 2006, se exportaron unas 400 toneladas métricas de cebos para hormigas (sulfluramida 0,3%) a 13 países de Centro y Suramérica. La sulfluramida no se puede fabricar sin la utilización de derivados afines del PFOS. Dado que el 10% de la sulfluramida se degrada a PFOS, su uso representa una liberación directa de PFOS al medio ambiente.

Se han estudiado varios métodos mecánicos, culturales, biológicos y químicos, entre ellos diferentes formulaciones, para controlar a las hormigas cortadoras de hojas. Los cebos granulados constituyen el método más utilizado para el control de las hormigas cortadoras de hojas, que consiste en una mezcla de un ingrediente atrayente (casi siempre pulpa de naranja y aceite vegetal) y un ingrediente activo (insecticida), que se presenta en forma de granos. Este método tiene algunas importantes ventajas sobre otros: cuesta poco, logra un alto rendimiento ya que reduce los riesgos para la salud humana y el medio ambiente durante la aplicación y es específico para ese tipo de plaga. Su formulación se fabrica a partir de bajas concentraciones de los ingredientes activos, y su aplicación localizada no requiere equipo alguno. La utilización de formulaciones listas para usarse debería reducir o impedir las liberaciones que inhalan los seres humanos, pero la liberación de 30 toneladas de sulfluramida anuales al medio ambiente, a la larga, hará que una parte significativa de todo eso se degrade a PFOS.

Actualmente, los ingredientes activos utilizados en los cebos para hormigas son: sulfluramida, fipronilo y clorpirifos. El fipronilo y el clorpirifos son mucho más tóxicos para los mamíferos, los organismos acuáticos, los peces y las abejas que la sulfluramida. En estudios comparados se ha demostrado que los cebos para hormigas a base de clorpirifos y fipronilo son muy poco eficaces. Según la información relativa al anexo F presentada por el Brasil, la sulfluramida no se puede sustituir actualmente en Brasil por otros productos registrados y comercializados con el mismo fin que sea eficaz. En la UE, las sustancias afines del PFOS no se utilizan para fabricar plaguicidas (RPA 2004). En Nueva Zelanda están registrados cebos que contienen S-metopreno y piriproxiteno para el control de hormigas exóticas mediante aplicaciones desde el aire y sobre el terreno (ERMANZ, 2007),

La limitada información proporcionada acerca de la exposición al PFOS de los trabajadores de fábricas de cebos a base de sulfluramida indican bajo grado de exposición de los trabajadores no había información sobre la exposición de la comunidad local y el medio ambiente debido a la utilización de cebos a base de sulfluramida.

### **C. Usos para los que necesitan alternativas en los países desarrollados**

Para los usos siguientes largo tiempo empleados en los Estados Unidos, Canadá y UE existentes y funcionan alternativas: espumas ignífugas, alfombras, cuero/vestidos; tejidos/tapicerías; papel y empaquetado; revestimientos y aditivos para revestimientos; productos de limpieza industrial y doméstica y plaguicidas e insecticidas.

No está claro actualmente si estos usos de sustancias afines del PFOS tienen lugar todavía en alguna parte del mundo. Ahora bien, en China se utilizan todavía PFOS y sustancias afines en la industria de la confección y para el revestimiento de superficies.

## **2.4 Resumen de la información sobre los efectos de la aplicación de posibles medidas de control para la sociedad**

### **2.4.1 Salud, incluida la pública, la ambiental y la medicina del trabajo**

Cabe esperar un impacto positivo en la salud humana y el medio ambiente gracias a la reducción o eliminación de las medidas de control sobre el PFOS a escala mundial. Cabe suponer que el establecimiento de nuevas medidas de control de usos del PFOS, para los cuales no hay sustitución posible, contribuya positivamente a la salud humana y al medio ambiente, sobre todo en lo que respecta a la reprotoxicidad y a los valores en sangre.

Posiblemente un importante impacto positivo sea para grupos vulnerables como las embarazadas, los fetos y los lactantes debido a la toxicidad del PFOS para la reproducción. Los impactos positivos serían también especialmente beneficiosos para los pueblos indígenas del Ártico que dependen de los alimentos nativos tradicionales y, por consiguiente, tienen mucho más riesgo de exposición al PFOS que otras comunidades, dada la contaminación generalizada de la cadena alimentaria del Ártico con PFOS. En el preámbulo del Convenio se reconocen los riesgos específicos que plantean los COP para los ecosistemas y las comunidades indígenas del Ártico.

Si no se gestiona la producción y el uso del PFOS, y siguiera o aumentara, entonces los niveles en el medio ambiente incluso en los seres humanos y animales, probablemente aumentaría, incluso en lugares distantes de la producción y el uso. La industria ha señalado que no se prevé impacto negativo alguno del actual número reducido de usos críticos, a saber la industria de creación de imágenes y la industria de semiconductores.

### **2.4.2 Agricultura, incluidas la acuicultura y la silvicultura**

La eliminación inmediata del PFOS podría afectar adversamente a la agricultura brasileña debido a su impacto en la producción de cebos para hormigas a base de sulfluramida para el control de las hormigas cortadoras de hojas en las empresas forestales o agrícolas. Las exenciones concretas podrían permitir el uso continuo del PFOS en la producción de cebos para hormigas a base de sulfluramida, hasta que se establezca un programa planificado de eliminación.

### **2.4.3 Biota (diversidad biológica)**

Dado que las propiedades persistentes, bioacumulativas y tóxicas del PFOS quedaron demostradas en relación con el Protocolo sobre COP de la LRTAP y el Convenio de Estocolmo, cabe esperar un efecto positivo en la biota de una prohibición o restricción de la sustancia.

En las publicaciones científicas se ha indicado que, a los niveles actuales de exposición, el PFOS podría causar daños a determinados organismos de la fauna y flora silvestres (por ejemplo, osos polares, aves piscívoras), incluidos los que se encuentran en lugares remotos, como en el Ártico canadiense. Los efectos son la inhibición del crecimiento de las aves y los invertebrados acuáticos; efectos en el hígado y el tiroides en los mamíferos; letalidad para los peces (US EPA OPPT AR226-0097, OCDE 2002) y los invertebrados de agua salada (US EPA OPPT AR226-0101); y cambios en la diversidad biológica (Boudreau y otros 2003a, Sanderson y otros 2002) (Canadá, 2007).

Aunque los datos de las muestras tomadas en osos polares y focas marbreadas en 2005 han demostrado un primer descenso en los niveles desde que la reducción de la producción a nivel mundial comenzó en 2000, se deben recopilar



más datos de muestreo en años futuros antes de que se pueda confirmar que las reducciones son realmente el inicio de una tendencia prolongada a la disminución de los niveles de PFOS (Canadá, 2007).

#### **2.4.4 Aspectos económicos, incluidos los costos y beneficios para los productores y consumidores y la distribución de los costos y beneficios**

Se calcula que los posibles beneficios de evitar otros gastos de abastecimiento de agua atribuibles al reglamento canadiense propuesto (prohibición de la producción, comercialización y uso del PFOS y de sustancias afines) produzcan un beneficio neto medio anual de 0,49 M dólares de EE.UU. por año. Ahora bien, se reconoce que este beneficio es incierto; el valor se puede usar para aproximar los beneficios que se derivarán del reglamento propuesto. Se estiman en 5.570.000 dólares los beneficios totales para los canadienses (Canadá, 2006). Se reconoce que este beneficio es incierto y que sólo una fracción de los beneficios se ha monetizado. No se dispone de datos de otros países sobre la evaluación de la gestión de riesgos.

#### **Creación de imágenes ópticas**

Según la industria, las restricciones a los restantes usos de sustancias afines del PFOS tendrían un serio impacto en la capacidad de la industria de creación de imágenes ópticas para fabricar algunos productos para la creación de imágenes que utilizan los actuales procesos, como son los productos médicos de diagnóstico, rayos X industriales (ensayos no destructivos), impresión gráfica (máscaras de impresión) e impondría un costo considerable, no sólo para los fabricantes de productos para la creación de imágenes ópticas, exigiendo inversiones sustanciales en la investigación y el desarrollo, sino también para los usuarios, ya que los obligaría a sustituir sus actuales sistemas con los nuevos, como son los sistemas digitales alternativos.

#### **Fotoresinas y semiconductores**

Las ventas mundiales en 2005 rondaban los 228 mil millones de dólares de los EE.UU., con estimaciones iniciales para 2006 por encima de los 260 mil millones de dólares de los EE.UU. La industria de semiconductores empleaba a 226.000 personas en los Estados Unidos y a 87.000 en Europa. En 2003 esta industria empleaba a aproximadamente 500.000 en todo el mundo, pero esta cifra con toda seguridad ha aumentado.

No obstante, la industria de semiconductores considera que la aplicación de medidas de control que realmente excluyan el uso de PFOS en aplicaciones críticas para la fabricación de semiconductores probablemente cerrarían por largo tiempo la fabricación de semiconductores de gran volumen de producción. La industria considera que esto podría tener un efecto radical en la economía mundial.

#### **Chapado metálico**

El costo de mejorar la ventilación con la extracción, que es el sustituto recomendado para los supresores de bruma a base de PFOS, se ha calculado en 3400 euros por año en cada unidad de producción, donde el período de inversión es de 15 años en la UE (RPA 2004). Suponiendo que existan varios cientos de unidades en la UE, el costo total sería de uno o dos millones de euros. En el Japón, se calcula que el costo sería de 40 000 dólares EE.UU. por cada baño de 1000 litros, que afectaría a más de 1.000 empresas laminadoras, que son fundamentalmente pequeñas y medianas empresas (Japón, 2007). Sobre la base de los cálculos canadienses, el costo de reducción es de 46 dólares EE.UU. por kilogramo de PFOS reducido.

#### **Espumas ignífugas**

Para la UE, los costos de sustitución y destrucción de espumas se han calculado en 6000 euros por tonelada. En la UE hay 122 toneladas en existencia (RPA 2004). Sobre la base de los cálculos de RPA, el costo de reducción es de 6 euros por kilogramo de PFOS reducido. Tan pronto se haya renovado la espuma, el costo de destrucción puede ser tan mínimo como 1 euro por kilogramo. Sobre la base de los cálculos hechos por el Canadá, el costo de reducción es de 226 dólares de los EE.UU. por kilogramo de PFOS reducido. En el Japón, el costo de incineración de PFOS FFF se calcula en unos 1.000 dólares EE.UU./t, pero la capacidad de incineración es limitada. Por eso es difícil calcular el tiempo que demorará la destrucción (Japón, 2007).

#### **Dispositivos médicos**

Según la comunicación presentada por el Japón, al menos 7500 catéteres para angiografía y 48 millones de catéteres con agujas residentes se producen en ese país todos los años, para los cuales se requiere PFOS como parte del proceso de producción. Actualmente, no existe alternativa alguna para estos dispositivos médicos en el Japón. Para determinar alternativas apropiadas, los fabricantes de dispositivos médicos tienen que realizar numerosos estudios durante varios años sobre temas como viabilidad, lixivialidad y seguridad y necesitan la aprobación de las autoridades normativas. Por eso es muy difícil en esta etapa pronosticar cuando se dispondrá de alternativas utilizables.

### Comparaciones de costos

Los cálculos aproximados basados en los limitados datos y estimaciones existentes indican que las diferencias en los costos de reducción de las sustancias afines del PFOS son muy grandes. Se ha calculado en US\$25 M (€ 18.6 M) el costo por kilogramo para creación de imágenes ópticas, US\$0.7 M (€ 0.52 M) para los semiconductores, 184 dólares EE.UU. (137 euros) para la destrucción de espumas ignífugas y 46 dólares EE.UU. (40 euros) para el chapado metálico. La falta de datos ha imposibilitado hacer este tipo de cálculos para fotomáscaras, fluidos hidráulicos para la aviación, dispositivos médicos, partes eléctricas y electrónicas y cebos para hormigas. Se puede considerar que dos de estos usos entrañan costos cuya reducción resulta costosa, mientras que para los otros dos es relativamente más económica.

#### 2.4.5 Avances hacia el desarrollo sostenible

Dado que las propiedades persistentes, bioacumulativas y tóxicas del PFOS, así como su potencial de transporte transfronterizo a gran distancia quedaron demostradas en relación con el Protocolo sobre COP de la LRTAP y en el perfil de riesgo acordado por el Comité de Examen de COP del Convenio de Estocolmo, cabe esperar que redunde positivamente en un desarrollo sostenible de carácter mundial gracias a la eliminación o restricción de la sustancia.

#### 2.4.6 Otros efectos

Aunque el PFOS ya no se utiliza en la fabricación de espumas ignífugas, todavía hay unas 122 toneladas en existencia en la UE (Alemania, 2007).

Las actuales existencias de AFFF a base de PFOS se siguen usando en los EE.UU., aunque no se está fabricando ni importando al país ninguna AFFF nueva a base de PFOS. La Fire-Fighting Foam Coalition, un grupo industrial, calculó en 2004 que el inventario total de productos AFFF que contienen flúor en los Estados Unidos consistía en unos 9,9 millones de galones de concentrado, con unos 4,6 millones de galones de concentrados de AFFF a base de PFOS, y los restantes 5,3 millones de galones de materiales basados en telómeros.

El uso generalizado del PFOS en productos de consumo tiene consecuencias en los desechos municipales, al tiempo que se presta atención a las reservas de la producción. La inclusión del PFOS en el anexo A o B haría que se aplicasen a los desechos, productos o artículos que contengan la sustancia las disposiciones del artículo 6 del Convenio de Estocolmo, que establecen que se eliminarán, "...de manera segura, eficiente y ambientalmente racional". La gestión y eliminación de desechos en relación con el PFOS pueden constituir un problema en los países en desarrollo y debería considerarse la posibilidad de prestar asistencia financiera y técnica en apoyo de esta tarea. Además los países en desarrollo podrán necesitar asistencia financiera para elaborar alternativas o recurrir a ellas.

### 2.5 Otras consideraciones

#### 2.5.1 Acceso a la información y a la educación del público

Para más información sobre las innovaciones industriales respecto de las alternativas al PFOS, remítase a los siguientes sitios en la web:

SIA: <http://www.sia-online.org/home.cfm>

EECA-ESIA: <http://www.eeca.org/esia.htm>

SEMI: <http://www.semi.org/>

(Semiconductor)

Se puede acceder a la información sobre el reglamento de estos productos químicos en los EE.UU. y la reacción de la industria mediante los resúmenes en línea de las medidas para la elaboración de normas del EPA de los EE.UU. La información sobre estas medidas y resúmenes se puede consultar en el sitio del EPA en <http://www.epa.gov/opptintr/pfoa/pubs/related.htm>.

Se han puesto a disposición del público otros materiales sobre el PFOS y los compuestos perfluorados conexos en un depósito de datos que no tiene carácter normativo, que mantiene la Oficina de Certificaciones del EPA como Asiento Administrativo AR-226, que no está en línea, aunque por correo electrónico se puede pedir un índice a [oppt.ncic@epa.gov](mailto:oppt.ncic@epa.gov), pero los documentos del AR-226 se encuentran en un CD-ROM (EE.UU., 2007).

En este momento no se dispone de información concreta sobre las necesidades futuras de acceso a la información y educación del público.

#### 2.5.2 Estado de la capacidad de control y vigilancia

Las asociaciones de la industria de semiconductores de todo el mundo recopilarán y pondrán a disposición la información global de la industria cada dos años para proporcionar una comunicación transparente de los progresos de las empresas afiliadas, a saber:

a) los resultados de las evaluaciones del tratamiento de las aguas de desecho que contienen PFOS, incluidos todos los datos sobre mediciones de las aguas de desecho;

- b) una descripción de las actuales actividades de investigación y desarrollo pertinentes y toda conclusión que incluya los resultados de la colaboración con los proveedores de equipo y productos químicos;
- c) las fechas de eliminación conocidas en la industria para los usos críticos y no críticos en la fabricación y el procesamiento de los semiconductores; y
- d) los resultados del modelo de equilibrio de masa del PFOS (SIA, 2007).

### 3. Síntesis de la información

#### 3.1 Resumen de la información sobre el perfil de riesgos

El sulfonato de perfluorooctano (PFOS) es un anión totalmente fluorado, que se utiliza comúnmente como una sal en algunas aplicaciones o se incorpora a polímeros más grandes. Debido a sus propiedades tensoactivas, se ha utilizado históricamente en muy diversas aplicaciones, que habitualmente incluyen las espumas ignífugas y la tensión superficial/estanqueidad al aceite, al agua, a las grasas o a la suciedad. El PFOS se puede formar por degradación a partir de un gran grupo de sustancias conexas, denominadas sustancias afines del PFOS (véase la definición en la sección 1.1.2). Las cantidades de los diferentes derivados del PFOS varían ampliamente de menos de una tonelada a cientos de toneladas.

El PFOS y las sustancias afines pueden liberarse al medio ambiente durante su fabricación, su uso en aplicaciones industriales y de consumo y la eliminación de productos químicos o de productos o artículos que los contengan después de utilizarlos.

Se desconocen, en general, el ritmo y el alcance de la formación de PFOS a partir de sus productos químicos afines, además pueden diferir entre las distintas sustancias. La falta de datos dificulta mucho el cálculo de la contribución neta de la transformación de cada una de las sustancias afines del PFOS a las cargas ambientales de PFOS. Sin embargo, sobre la base de su máxima estabilidad, cabe esperar que el PFOS sea probablemente el producto de degradación final de todas las sustancias afines del PFOS.

El PFOS es sumamente persistente. No ha demostrado degradación alguna en las pruebas de hidrólisis, fotólisis o biodegradación en toda situación ambiental que se ensayó. La única condición conocida por la que el PFOS se degrada es mediante la incineración a altas temperaturas en condiciones controladas.

Respecto de la posible bioacumulación, el PFOS cumple los criterios del anexo D dadas las concentraciones tan altas que se han encontrado en los predadores superiores, como el oso polar, la foca, el águila cabeza blanca y el visón. Las más notables son las altas concentraciones de PFOS que se han encontrado en animales del Ártico, lejos de las fuentes antropógenas. Se ha detectado PFOS en la biota de los niveles tróficos superiores y en predadores como peces, aves piscívoras, los visones y la biota del Ártico. También se sabe que, especies predatoras, como las águilas, acumulan mayores concentraciones de PFOS que las aves de los niveles tróficos inferiores. Aunque algunos fabricantes redujeran la producción de PFOS, la fauna y la flora silvestres, como las aves, pueden seguir expuestas a sustancias persistentes y bioacumulativas, como el PFOS simplemente debido a su persistencia y su acumulación a largo plazo.

Según los datos de que se dispone, el PFOS cumple los criterios para su posible transporte a gran distancia. Esto se evidencia en los datos sobre su vigilancia que arrojan niveles muy elevados de PFOS en distintas partes del hemisferio norte. Es especialmente evidente en la biota del Ártico, lejos de las fuentes antropógenas. El PFOS también cumple los criterios específicos del período de semidesintegración en la atmósfera.

El PFOS cumple los criterios relacionados con los efectos adversos. En estudios de dosis subcrónicas reiteradas a bajas concentraciones ha demostrado toxicidad en los mamíferos, así como la toxicidad para el sistema reproductivo de las ratas con una mortalidad de las crías poco después del parto. El PFOS es tóxico para los organismos acuáticos, entre los cuales los más sensibles son el camarón mísido y el *Chironomus tentans*.

La eliminación voluntaria de la producción de PFOS por el principal productor de los EE.UU., junto con las medidas normativas del gobierno, ha traído consigo la reducción de la actual producción y el uso de sustancias afines del PFOS. No obstante, el PFOS o las sustancias afines del PFOS se siguen produciendo en algunos países y se sigue utilizando en muchos países. Dadas las propiedades inherentes del PFOS, junto con las concentraciones ambientales demostradas o posibles que pueden aproximarse o rebasar los niveles de efecto para cierta biota de nivel trófico superior, como las aves piscívoras y los mamíferos; y dada la presencia generalizada del PFOS en la biota, incluso en zonas remotas; y dado que los precursores del PFOS pueden contribuir a la presencia general del PFOS en el medio ambiente, el POPRC2 llegó a la conclusión de que el PFOS, probablemente como resultado de su transporte ambiental a gran distancia, produzca importantes efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente, a tal punto que se justifique una medida de alcance mundial.

### 3.2 Medidas de gestión de riesgos recomendadas

En consonancia con el artículo 1 del Convenio, el objetivo de la gestión del PFOS debe ser la protección de la salud humana y el medio ambiente frente a los COP. Se debe considerar también la posibilidad de que todas las sustancias afines del PFOS degraden a PFOS y contribuyan de esa manera a la carga ambiental total.

Con la inclusión del ácido de PFOS sus sales y el PFOSE en el Convenio se podrán abordar diversos aspectos de los ciclos de vida de las sustancias, incluidas la fabricación, el uso, la importación y la exportación, así como dictar medidas en relación con las emisiones, por ejemplo MTD/MPA u otras, para reducir las liberaciones con el objetivo de eliminarlas. La inclusión del PFOS y/o sustancias afines en el Convenio permitiría también la aplicación de las disposiciones sobre las existencias y los desechos establecidas en el artículo 6.

Dada la complejidad de la cuestión del PFOS y el gran número de sustancias afines que podrían contribuir a la carga total de PFOS en el medio ambiente, existen varias posibilidades para lo que hay que incluir en el Convenio. La propuesta original de Suecia incluía 96 sustancias, además del anión sulfonato de perfluorooctano. El propio anión no debería incluirse, ya que nunca se encuentra aislado sino siempre con un contra catión. En POPRC-1 se acordó que la propuesta incluyese el anión, el ácido y sus sales. Por lo tanto, una opción podría ser incluir el ácido y sus sales. Esto se basaría en la hipótesis razonable de que todas las sales están ionizadas y se disocian en el medio ambiente para liberar el anión. Incluso en el caso de sales muy insolubles existiría una concentración de equilibrio del anión PFOS libre que podría combinarse con el catión más soluble y estar disponible para la biota. Dada la extremada persistencia del PFOS puede suponerse que todas las sales se disociarían a PFOS con una cronología tal que se añadirían a la carga total de PFOS en el medio ambiente.

La mayor parte del PFOS en la tecnosfera aparece en forma de derivados de PFOS. Podría argüirse de nuevo que dada la extremada persistencia del PFOS, todas las sustancias afines del PFOS se degradarían a PFOS con una cronología tal que contribuirían a la carga total en el medio ambiente. Ciertas consideraciones fisicoquímicas y los modelos apoyan este tipo de razonamiento. Por otro lado, datos experimentales existentes para confirmar este enfoque son limitados y resultaría muy oneroso en cuanto a recursos y a tiempo demostrar experimentalmente que todos y cada uno de los derivados individuales del PFOS se degradan para contribuir a la carga total de PFOS en el medio ambiente.

Una de las 96 sustancias incluidas en la propuesta de Suecia, el fluoruro de sulfonilo de PFOS, fluoruro de 1-Octanosulfonilo, 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptadecafluoro (No. 307-35-7) (PFOSE del CAS), ocupa una posición central en la fabricación de derivados de PFOS (Lehmler, 2005). Es el material inicial más común para la síntesis de los diferentes tipos de sustancias afines del PFOS actualmente utilizadas. La probabilidad de que esta sustancia se degrade a PFOS es suficientemente elevada para hacer sin ningún género de dudas, que contribuya a la carga total de PFOS en el medio ambiente. Por lo tanto, el PFOSE es un claro precursor de PFOS en el medio ambiente. Controlando/incluyendo el PFOSE junto con el ácido de PFOS y sus sales, quedarían abarcados todos los posibles derivados de PFOS. Por lo tanto, dicha inclusión sería muy eficaz para reducir todas las liberaciones de PFOS en el medio ambiente.

Con la inclusión del ácido de PFOS, sus sales y el PFOSE en la lista del anexo A del Convenio se prohibirían la fabricación, el uso, la importación y la exportación del ácido de PFOS, sus sales y el PFOSE (con excepción de lo permitido en virtud del tratado para la eliminación ambientalmente racional) y podría vincularse con exenciones concretas en que se especifiquen los plazos para la eliminación final de la fabricación y utilización de PFOS restantes. Esa inclusión en la lista podría ir acompañada también de una parte III del anexo A, en la que se describirían con más detalle los usos críticos del PFOS o de las sustancias afines del PFOS y las condiciones apropiadas para su manufactura y utilización, incluido un cronograma.

Con la inclusión del ácido de PFOS, sus sales y el PFOSE en la lista del anexo B del Convenio se prohibirían la fabricación, el uso, la importación y la exportación de ácido de PFOS, sus sales y el PFOSE, excepto para fines específicos aceptables/exenciones específicas, como las mencionadas en párrafos anteriores, para las cuales en este momento no hay alternativas disponibles. La inclusión en la lista podría ir acompañada también de una parte III del anexo B, en la que se describirían con más detalle los usos críticos del PFOS o de las sustancias afines del PFOS y las condiciones apropiadas para su uso, incluido el cronograma para el examen y la revisión, según proceda.

Las opciones recomendadas en relación con las medidas de control del PFOS son las siguientes:

1. El PFOS se puede incluir en el anexo A, con o sin exenciones específicas, y junto con una nueva parte III del anexo A en que se expliquen en detalle las medidas para cada ácido de PFOS, sus sales y PFOSE o grupos de ellos o los usos para los que se destinan dichas sustancias; o
2. El PFOS se puede incluir en el anexo B, con fines específicos aceptables o exenciones específicas, y junto con una nueva parte III del anexo B en que se expliquen en detalle las medidas para cada ácido de PFOS, sus sales y PFOSE o grupos de ellos o los usos para los que se destinan dichas sustancias.

Estas opciones se describen con más detalle a continuación.

**Opción 1. Inclusión del ácido de PFOS, sus sales y PFOSF en la lista del anexo A.**

La inclusión del ácido de PFOS, sus sales y PFOSF en la lista del anexo A sería compatible con las propiedades como COP de esta sustancia producida en forma intencional. Esa inclusión en la lista enviaría una clara señal de que se debe eliminar la producción y el uso del PFOS. Dicha inclusión tal vez tenga también implicaciones respecto de esta sustancia para los países que se sumen al Convenio, en vista de los actuales usos para los cuales todavía no existen alternativas.

Para permitir el uso del ácido de PFOS, sus sales y PFOSF en aplicaciones críticas, de podría aprobar una exención para la producción y el uso, por ejemplo, "necesarios para producir otras sustancias químicas que se utilizarán exclusivamente de conformidad con la parte III del presente anexo". Podría ser difícil formular o aplicar exenciones específicas para ciertos usos críticos, donde no hay alternativas disponibles, no obstante, dado el límite general de tiempo de cinco años, con una posible prórroga aplicable a exenciones específicas, entre otras razones.

Todas las Partes podrían poner en práctica esta opción, en cuyo caso no tendrían que registrar la exención. También implicaría que toda restricción respecto del tiempo aparecería en la nueva parte III del anexo A. La información que se ha proporcionado indica que para algunos usos, podría ser difícil determinar esos plazos en estos momentos.

**Opción 2. Inclusión del ácido de PFOS, sus sales y PFOSF en el anexo B.**

La inclusión del ácido de PFOS, sus sales y PFOSF en el anexo B concordaría con las propiedades de los COP de esta sustancia producida intencionalmente. Esto daría cabida a algunos fines aceptables especificados/exenciones específicas debido a la actual incertidumbre que rodea a la disponibilidad de alternativas para varios usos críticos en los próximos cinco a diez años,

Para permitir el uso de sustancias afines del PFOS en aplicaciones críticas, se podría establecer una finalidad aceptable para la producción de ácido de PFOS, sus sales y PFOSF, por ejemplo, "necesaria para producir otras sustancias químicas que se utilizarán exclusivamente de conformidad con la parte III del presente anexo".

**Conclusiones**

En definitiva la decisión entre el anexo A o B es una cuestión política en este caso. Parece que no existe una base técnica que justifique la elección de uno u otro. Ambos anexos pueden ajustarse para especificar las medidas de control apropiadas. A continuación figuran algunas consideraciones sobre las medidas de control.

**Elementos de una estrategia de reducción de riesgos**

Para los siguientes usos que han tenido lugar históricamente en los Estados Unidos, Canadá y Unión Europea, existen y se utilizan alternativas: espumas ignífugas, alfombras, curtidos/ropa, textiles/tapizado, papel y envoltorios, revestimientos y aditivos para revestimiento, productos de limpieza industrial y doméstica, plaguicidas e insecticidas.

Sobre la base de la información suministrada al Comité, la disponibilidad de alternativas es incierta para algunos usos específicos. Por tanto, en el futuro previsible son necesarios algunos usos críticos. Para tener en cuenta, se podría, sobre la base de la viabilidad de la sustitución para ese uso y el plazo establecido para la sustitución, introducir exenciones específicas y/o fines admisibles y para la producción, según sea necesario, para producir otras sustancias químicas solo para los usos que se describen a continuación excepto para la producción de ácido de PFOS, sus sales y PFOSF como un intermediario para producir otras sustancias químicas para dichos usos. Se podrían introducir también exenciones específicas o fines admisibles para los usos para los que las alternativas puedan existir. Basándose en la evaluación de la gestión de riesgos entre los usos críticos figurarían los siguientes: revestimientos fotoresistentes o antireflexivos para procesos de fotolitografía; procesos de creación de máscaras fotográficas, obtención de imágenes fotográficas, fluidos hidráulicos en aviación; y, ciertos dispositivos médicos. Otros usos para los que puede disponerse de alternativas son: cebos para hormigas cortadoras de las hojas; chapados metálico; espumas ignífugas; y piezas eléctricas y electrónicas. Las condiciones para el uso de las sustancias afines de PFOS podrían describirse además en una nueva parte III del anexo A o el B. Entre los elementos en dicha parte III podrían figurar:

- que cada Parte debería, en lo que respecta a la eliminación definitiva del uso de la sustancia para usos críticos, adoptar medidas de conformidad con el conjunto de prioridades, por ejemplo:
- eliminar como una prioridad de los usos para los que puede disponerse de alternativas pero que necesitarían ser introducidas; por ejemplo, chapado metálico, espumas ignífugas, piezas eléctricas y electrónicas y la utilización de la sustancia para la producción de cebos para hormigas para el control de las hormigas cortadoras de las hojas;

- cada Parte que utilice la sustancia que elabore y ponga en práctica un plan de acción como parte del plan de aplicación especificado en el artículo 7, que podría incluir la elaboración de mecanismos de reglamentación y de otro tipo para garantizar que la sustancia se utiliza de forma limitada a las exenciones específicas anteriormente mencionadas y la aplicación de productos, métodos y estrategias alternativos adecuados para todos los usos exentos;
- cada Parte que utilice la sustancia proporciona un informe quinquenal sobre los progresos realizados en su eliminación y lo presenta a la Conferencia de las Partes de conformidad con el artículo 15;
- estos informes podrían ser examinados por la Conferencia de las Partes en sus exámenes relativos a los progresos realizados hacia la eliminación de la sustancia en intervalos quinquenales;
- la Conferencia de las Partes podría también, tan pronto como se disponga de nueva información sobre tecnologías alternativas más seguras disponibles, examinar las exenciones específicas o los fines admisibles para tener la certeza de que los usos de la sustancia se eliminan tan pronto como el uso de alternativas más seguras sea técnica y económicamente viable;
- las Partes podrían, dentro de sus posibilidades, promover la investigación y el desarrollo de productos, métodos y estrategias, químicos y no químicos, alternativos seguros y para Partes que utilizan la sustancia;
- se podría pedir a las Partes que utilizan la sustancia que tengan en cuenta, según proceda, las partes pertinentes de las orientaciones generales sobre MTD y MPA que figuran en la parte V del anexo C.

También debería examinarse la posibilidad de distinguir entre los usos que plantean un riesgo de amplia dispersión para el medio ambiente y los que no.

#### **4. Conclusión**

De conformidad con el párrafo 9 del artículo 8 del Convenio, el Comité recomienda a la Conferencia de las Partes en el Convenio de Estocolmo que examine la inclusión en la lista y la especificación de las medidas de control del PFOS conexas del anexo [A o B o en el anexo C], como se explica en párrafos anteriores. ácido sulfónico de perfluorooctano (No. 1763-23-1 del CAS), sus sales y fluoruro de 1-Octanosulfonilo, 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptadecafluoro (No. 307-35-7 del CAS) en el anexo A o B según se describe *supra*.

## Referencias

- Alemania (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- Boudreau, T.M., C.J. Wilson, W.J. Cheong, P.K. Sibley, S.A. Mabury, D.C.G. Muir y K.R. Solomon (2003) Response of the zooplankton community and environmental fate of perfluorooctane sulfonic acid in aquatic microcosms. *Environ. Toxicol. Chem.* 22: 2739 a 2745.
- Brasil (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- Canadá (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- EE.UU. (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- ESIA (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- Japón (2007), Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- JSIA (2007), Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo.
- OCDE (2002) Co-operation on Existing Chemicals - Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate and its Salts, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, París, 21 de noviembre de 2002.
- OCDE 2002. Hazard assessment of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and its salts. ENV/JM/RD (2002)17/FINAL, 21 de noviembre, París. 362 págs.
- OPPT del EPA de los EE.UU. AR226-0097 (2000) Comunicación de 3M de fecha 4/26/00. PFOS: an early life-stage toxicity test with the fathead minnow (*Pimephales promelas*), con un protocolo.
- OPPT del EPA de los EE.UU. AR226-0101 (2000) Comunicación de 3M de fecha 4/26/00. PFOS: a flow-through life cycle toxicity test with the saltwater mysid (*Mysidopsis bahia*), con un protocolo.
- RPA (2004) RPA & BRE, Risk & Policy Analysts Limited, en asociación con BRE Environment, Perfluorooctane Sulfonate – Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks, Informe final preparado para el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales y el Organismo de Medio Ambiente para Inglaterra y Gales.
- Sanderson, H., T.M. Boudreau, S.A. Mabury, W. Cheong y K.R. Solomon (2002) Ecological impact and environmental fate of perfluorooctane sulfonate on the zooplankton community in indoor microcosms. *Environ. Toxicol. Chem.* 21: 1490 a 1496.
- SIA (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo
- Suiza (2007) Comunicación enviada a la secretaría del Convenio de Estocolmo
- Unión Europea (2006), Directiva 2006/122/EC de la UE.
-