

**GREENPEACE**

**PRESENCIA DE SUSTANCIAS  
PELIGROSAS EN COMPUTADORAS  
PORTÁTILES**

**Kevin Brigden y David Santillo**

**Laboratorios de investigación técnica de Greenpeace,  
Agosto 2006**

# Contenido

<b>Resumen</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>Materiales y métodos</b>	<b>10</b>
<b>Resultados y discusión</b>	<b>14</b>
<b>Plomo</b>	<b>15</b>
<b>Cromo</b>	<b>16</b>
<b>Cadmio</b>	<b>16</b>
<b>Mercurio</b>	<b>16</b>
<b>Bromo</b>	<b>16</b>
<b>Retardantes de flama bromados</b>	<b>19</b>
<b>PVC</b>	<b>22</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>22</b>
<b>Anexo 1. Descripción de todos los materiales y componentes analizados y resultados obtenidos para cada modelo de laptop</b>	<b>28</b>

# **Presencia de sustancias peligrosas en computadoras portátiles**

***Kevin Brigden y David Santillo***

***Laboratorios de Investigación Greenpeace.***

***Nota técnica 05/06, Agosto 2006***

## ***Resumen***

Ante la creciente presencia de químicos peligrosos en la manufactura de equipos eléctricos y electrónicos, mismos que tienen el potencial de impactar el medio ambiente y la salud humana durante su manufactura, uso y disposición, Greenpeace dirigió un estudio para obtener información sobre el nivel de presencia de sustancias tóxicas en computadoras portátiles, tanto en sus componentes internos y externos.

Para ello se eligieron cinco marcas conocidas de computadoras portátiles que fueron compradas en Europa en marzo del 2006:

- Acer Aspire 5670 series (5672WLMi)
- Apple MacBook Pro
- Dell Latitude D810
- Hewlett Packard (HP) Pavillion dv4000 series (dv4357EA)
- Sony VAIO VGN-FJ Series (FJ180)

En este estudio fueron investigados una gama de metales pesados y químicos orgánicos, basándose parcialmente en aquellas sustancias controladas bajo la Directiva Europea RoHS, recientemente puesta en vigor, la cual controla la presencia de químicos peligrosos específicos en equipos eléctricos y electrónicos vendidos dentro de la Unión Europea.

También se investigó la presencia de sustancias adicionales tales como:

- Metales pesados: plomo, mercurio, cromo hexavalente (VI) y cadmio.
- Ciertos retardantes de flama bromados (en inglés: brominated flame retardant/BFRs); bifenilos polibromados o polibromobifenilos (polybrominated biphenyls/PBBs), éteres bifenílicos polibromados (polybrominated diphenyl ethers/PBDEs), hexabromociclododecano (hexabromocyclododecane/HBCD) y tetrabromobisfenol A (tetrabromobisphenol A/TBBPA)
- PVC (policloruro de vinilo)

Cabe aclarar que este estudio no tuvo la intención de probar el cumplimiento de la Directiva RoHS.

Por cada computadora personal se analizaron aproximadamente 40 materiales y componentes individuales, usando microanálisis de rayos X (EDAX). Esto para determinar las cantidades de los metales, así como el elemento bromo en la capa superficial de los materiales (como primer indicador de la presencia de compuestos bromados).

Posteriormente se analizó un material metálico, en este caso se seleccionó el ventilador, para determinar la presencia de cromo hexavalente (VI), el cuál presentó consistentemente altos niveles de bromo y que también fue analizado por un rango de solventes que extraen retardantes de flama bromados. Además fueron estudiados cinco cables internos cubiertos de plástico (cuatro, en el caso de la computadora Dell), para determinar si eran de PVC.

La computadora portátil de Hewlett Packard (HP Pavillion dv4000) fue la única en la que se identificó la presencia de plomo. De los 44 materiales y componentes examinados en ese modelo, se encontró plomo en tres materiales: dos muestras de soldadura (con concentraciones en la superficie de 4.5% y 13% de plomo) y un “conector interno”, el cual también podría tener una conexión soldada (9.8% plomo).

De los otros metales, se identificó cromo en una serie de componentes de todas las computadoras portátiles; sin embargo, el análisis de una sola muestra de cada computadora no identificó de manera preocupante la presencia de cromo hexavalente (VI) en ningún modelo. En ninguna portátil se encontró cadmio o mercurio, para los materiales y componentes analizados.

En todas las computadoras portátiles, se encontró bromo (un indicador de la posible presencia de compuestos bromados) en cerca de una cuarta parte de todos los componentes y materiales analizados en su superficie, presentando concentraciones en un rango del 0.19% al 9.4%. Los materiales que dieron positivo para el análisis de bromo, incluyeron algunos circuitos del tablero, chips, cables y conexiones, cables conectores cubiertos de plástico, materiales aislantes, ventiladores, cajas de ventiladores y el ratón de tacto que traen las computadoras personales.

Sólo fue posible llevar a cabo el análisis de un componente por computadora personal, y éste se llevó a cabo en el ventilador de cada una, el cual presentó altos valores en el contenido superficial de bromo (entre 5.3 y 7% en peso) y en los abanicos de todos los modelos.

Aunque un alto contenido de bromo puede ser, probablemente, el resultado del uso de retardantes de flama bromados (BFR) en la elaboración del producto, los datos del análisis EDAX no proporcionaron información sobre las formas químicas de cómo se presenta el bromo, por lo que se desarrollaron análisis posteriores para poder identificar, en la medida de lo posible, los químicos bromados específicos.

De los BFRs cuantificados, sólo el TBBPA y ciertos PBDEs fueron identificados en todos los ventiladores. No se identificaron HBCD ni PBBs en ninguna muestra. A lo sumo, los más altos niveles de PBDEs fueron identificados en el ventilador de la portátil de HP. Este ventilador contenía 1650 mg/kg (0.165% en peso) de decaBDE y 2040 mg/kg (0.204% en peso) de nonaBDEs, así como de otros PBDEs, aunque en niveles muchos menores. El ventilador de Apple contenía niveles bajos de decaBDE y nonaBDEs (8.5

mg/kg y 2.1 mg/kg respectivamente). Para el ventilador de Acer sólo decaBDEs fue detectado, con los niveles más bajos de 1.0mg/kg. No se encontraron PBDEs en los ventiladores de los modelos Dell y Sony. Rastros de TBBPA fueron encontrados en ventiladores de cuatro computadoras portátiles, excepto en el modelo Sony. Concentraciones en un rango de 7.8 mg/kg hasta 262 mg/kg, fueron los valores más altos encontrados en el ventilador del modelo de Apple.

La presencia en los ventiladores de las computadoras de PBDEs, incluyendo formas de nona y octabromados, fue significativa. Aunque las computadoras se compraron cuando la Directiva europea RoHS no estaba en vigor, esta ya definía límites de 0.1% para todas los PBDEs, distinto al decaBDE. Por lo que llama la atención la concentración de nonaBDE encontrada en el ventilador de la computadora personal de HP, que está por encima de este valor, al significar el 0.204 % en peso.

Es de notar, que la concentración de BFRs cuantificadas en los ventiladores de todas las computadoras personales, no corresponde a los niveles más altos del total de bromo identificado en estos componentes. Además, las concentraciones encontradas de PBDEs y TBBPA es poco probable que estén aplicados como retardantes de fuego ya que sería insuficiente para el plástico de estos ventiladores.

Los ventiladores tal vez contienen otros compuestos extraíbles de bromo no cuantificados en este estudio, aunque parece mas probable que la mayoría del bromo se encuentre enlazado al polímero del propio ventilador, o al menos presente en alto peso molecular de retardantes de fuego, tales como oligómeros epoxy bromados (BEOs), los cuales no son susceptibles para extracción por solventes de extracción y/o análisis por GC-MS, en los que consistió este estudio.

ES preocupante que al final de la vida útil del producto algunas formas de reciclaje o disposición final (por ejemplo, incineración, fundición o quema abierta) pueden potencialmente derivar en la emisión de formas peligrosas de bromo, incluyendo bromuro de hidrógeno y dioxinas bromadas.

Además de los metales pesados y los químicos bromados, el plástico PVC fue identificando en la cubierta de cables internos en tres computadoras portátiles, dos cables de la portátil de HP, así como un cable de cada portátil de Acer y Apple. No se identificó PVC en los restantes 20 cables cubiertos de plástico que fueron examinados, y es claro que el plástico PVC, no es necesario para cubrir estos cables.

Esta información relaciona los materiales y componentes analizados para cada computadora personal, con una fracción del número total de materiales y componentes dentro de cada computadora personal. La ausencia de algún químico específico en todas las muestras de las computadoras, no es indicativo de que ésta se encuentre totalmente libre de dicho químico.

El resultado de este estudio sólo se aplica a los modelos que se analizaron específicamente para cada marca y no refleja el uso de ciertos químicos para toda la marca completa. Estas cuestiones destacan las grandes dificultades que se tienen al verificar la posibilidad de que un producto en su totalidad este completamente libre de algún tipo de químico en específico.

## ***Introducción***

En los últimos años ha crecido la preocupación acerca del uso de químicos peligrosos en la manufactura de bienes de consumo, debido al potencial peligro que representan para el medio ambiente y la salud humana durante su manufactura, uso y posterior eliminación. Un sector donde la atención ha sido concentrada es el de la producción de equipos eléctricos y electrónicos, cuyos periodos de vida han decrecido provocando el aumento de la basura derivada de este sector con sus consecuentes daños.

Se sabe que algunos productos eléctricos, incluyendo computadoras, contienen metales pesados y otros químicos peligrosos, situación grave si se consideran los impactos que

resultan del reciclaje y desecho de equipos eléctricos y electrónicos viejos que contienen sustancia tóxicas, como recientemente fue demostrado por Greenpeace<sup>1</sup>.

A la luz de la preocupación por la continua manufactura y venta de equipos eléctricos y electrónicos que contienen químicos peligrosos, Greenpeace realizó un estudio para obtener más información sobre la presencia de ciertas sustancias peligrosas en una gama de computadoras portátiles e investigar metodologías de análisis que existen para verificar la presencia o ausencia de este tipo de sustancias. Las sustancias específicas investigadas en este estudio incluyeron:

- Los metales pesados: plomo, mercurio, cromo hexavalente (VI) y cadmio.
- Ciertos retardantes de flama bromados (en inglés: brominated flame retardant/BFRs); bifenilos polibromados ó polibromobifenilos (polybrominated biphenyls/PBBs), éteres difenil polibromados ó éteres de polibromodifenilos (polybrominated diphenyl ethers/PBDEs), hexabromociclododecano (hexabromocyclododecane/HBCD) y tetrabromobisfenol A (tetrabromobisphenol A/TBBPA)
- PVC (policloruro de vinilo )

La presencia o ausencia de estas sustancias fue investigada en cinco marcas muy conocidas de computadoras portátiles (ver tabla 1) en una amplia variedad de componentes internos y externos como sus cajas, ratón (touchpad), cables, tablero de circuitos, chips, conectores, aislantes, etc.

Las sustancias analizadas en este estudio se basaron en una parte de las sustancias controladas bajo la Directiva Europea RoHS<sup>2</sup> (recientemente puesta en vigor), la cual trata sobre la regulación de ciertos químicos peligrosos específicos en componentes

---

<sup>1</sup> Brigden, K., Labunska, I., Santillo, D. & Allsopp, M. (2005) Recycling of electronic wastes in China and India: workplace and environmental contamination. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 09/2005. <http://www.greenpeace.to/publications.htm>

<sup>2</sup> Directiva 2002/95/CE de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, Official Journal L 037, 13/02/2003: 19-23



electrónicos y eléctricos<sup>3</sup>. Además, se incluyó el análisis de dos retardantes de flama bromados: HBBD (hexabromociclododecano) y TBBPA (tetrabromobisfenol A); y también un estudio de las cubiertas de plástico que tienen cables internos y conexiones para determinar la presencia o ausencia de PVC (policloruro de vinilo).

Aunque el PVC no se encuentra actualmente regulado bajo la Directiva RoHS, éste presenta su propia problemática en el manejo de desechos ya que es una fuente de enlace orgánico de cloro que va directo a la corriente de basura, junto con otras preocupaciones que crecen adicionalmente respecto de su ciclo de vida.

La presente investigación no tiene como fin el evaluar el cumplimiento de la Directiva Europea RoHS, menos aún si se considera que las computadoras portátiles fueron compradas en Europa durante el mes de marzo del 2006, antes de que RoHS entrara en vigor el 1 de julio de 2006. Esas sustancias controladas bajo RoHS fueron más bien utilizadas como una base de investigación sobre sustancias peligrosas en estos productos. El estudio también provee un panorama sobre la preparación de RoHS para una pequeña parte del mercado de electrónicos, así como para proveer un primer análisis sobre lo apropiado de los métodos analíticos disponibles para la futura aplicación en el monitoreo del cumplimiento de esta legislación y la oportunidad para desarrollar esos métodos.

Aunque los requisitos de la legislación RoHS son claros, y obligan a todos los estados miembros de la Unión Europea, el monitoreo y análisis sobre su cumplimiento aún tienen que ser desarrollados. También es confuso el grado de cumplimiento que ya tenían las mercancías eléctricas y electrónicas que están actualmente en el mercado.

## **La Directiva RoHS de la Unión Europea**

---

<sup>3</sup> Compuestos de cadmio, mercurio y mercurio orgánico, así como plomo y compuestos orgánicos de plomo se han incluido en la lista de acción prioritaria de sustancias bajo OSPAR (Convención para la protección del medio ambiente marino del Atlántico Nor-Este) 1998.

La directiva de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, (RoHS del inglés "Restriction of the use of certain Hazardous Substances"), entró en vigor el primero de julio de 2006. Prohíbe la puesta en el mercado de equipos que contengan una cantidad mayor a la regulada de plomo, mercurio, cromo hexavalente (cromo VI), cadmio, bifenilos polibromados (PBBs) y éteres difenil polibromados (PBDEs). Los límites permitidos son de 0.1% por masa de materiales homogéneos para todos excepto el cadmio, para el cual se marca el límite de 0.01%. El propósito marcado por la Directiva incluye entre otras cosas, "la contribución a la protección de la salud humana y el manejo ambiental que tiene impactos en la disposición de desechos de equipos eléctricos y electrónicos"<sup>4</sup>.

Un total de 21 "aplicaciones de excepción" han sido acordadas en el Anexo de la Directiva<sup>5</sup>; la mayoría permite un uso de plomo o mercurio para ciertas aplicaciones específicas debido a que no existen actualmente alternativas disponibles. Existen también otras excepciones para ciertos usos de cadmio, cromo hexavalente y para el PBDE "deca" (decabromodifenil éter, o BDE-209) en aplicaciones poliméricas. La excepción para el decaBDE, es sujeto de actuales desacuerdos contra la Comisión Europea. Más aún, la Comisión Europea ha publicado una opinión legal<sup>6</sup> aclarando que la excepción es solamente para el decaBDE, y por lo tanto no exentaría el uso de formulaciones comerciales de "deca", la cual comúnmente contiene niveles porcentuales de impurezas de nonaBDE.

## ***Materiales y métodos***

Cinco computadoras personales, cuya marca y modelos aparecen en la siguiente tabla, fueron compradas por Greenpeace en el mes de Marzo del 2006. Las computadoras

---

<sup>4</sup> Artículo 1 de la Directiva 2002/95/EC RoHS

<sup>5</sup> UK Statutory Instrument 2006 No. 1463. Protección Ambiental; La restricción sobre el uso de ciertas sustancias peligrosas en regulaciones de equipos eléctricos y electrónicos. 2006, Programa (Schedule) 2

<sup>6</sup> El alcance de la exención otorgada para el "DecaBDE en usos poliméricos" se puede consultar en el Anexo de la Directiva 2002/95/EC sobre restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en los equipos eléctricos y electrónicos. Ambiente del DG, Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 21 de junio de 2006

portátiles Acer, Apple y Hewlett Packard fueron compradas en tiendas en Dinamarca, y los modelos de Dell y Sony fueron comprados en Inglaterra por Internet.

Marca	Modelo
Acer	Aspire 5672WLMi
Apple	MacBook Pro
Dell	Latitude D810
Hewlett Packard (HP)	Pavillion dv4357EA
Sony	VAIO VGN-FJ 180

Tabla 1: Los detalles de las 5 computadoras están incluidos en el análisis

Las cinco computadoras portátiles fueron enviadas intactas a los laboratorios Eurofins Environmental A/S en Galten, Dinamarca. Eurofins desmanteló cada computadora personal una después de otra, teniendo cuidado de evitar contaminación de componentes internos; se fotografiaron sucesivamente las cubiertas, circuitos y otros componentes identificando en las fotografías un rango de materiales y componentes como posibles sujetos de análisis químico. En colaboración con los laboratorios de investigación de Greenpeace, un total de aproximadamente 40 materiales y componentes individuales de cada computadora personal -un total de 195 muestras- fueron seleccionadas para realizarles el análisis.

Al realizar esta selección, se hizo el esfuerzo por incluir ejemplos de tantos materiales y componentes diversos como fuera posible, asegurando al mismo tiempo, la mayor coherencia posible entre componentes seleccionados entre las diferentes computadoras portátiles para propósitos de comparabilidad. Una lista completa de esos componentes seleccionados se encuentra en el Anexo 1 de este reporte.

Cada componente fue subsecuentemente removido de las computadoras portátiles y sujeto a un microanálisis de rayos X (EDAX), una técnica analítica que permite la detección y cuantificación (porcentaje por masa) de elementos importantes en las capas superficiales del material analizado. Esta técnica fue utilizada para identificar la presencia

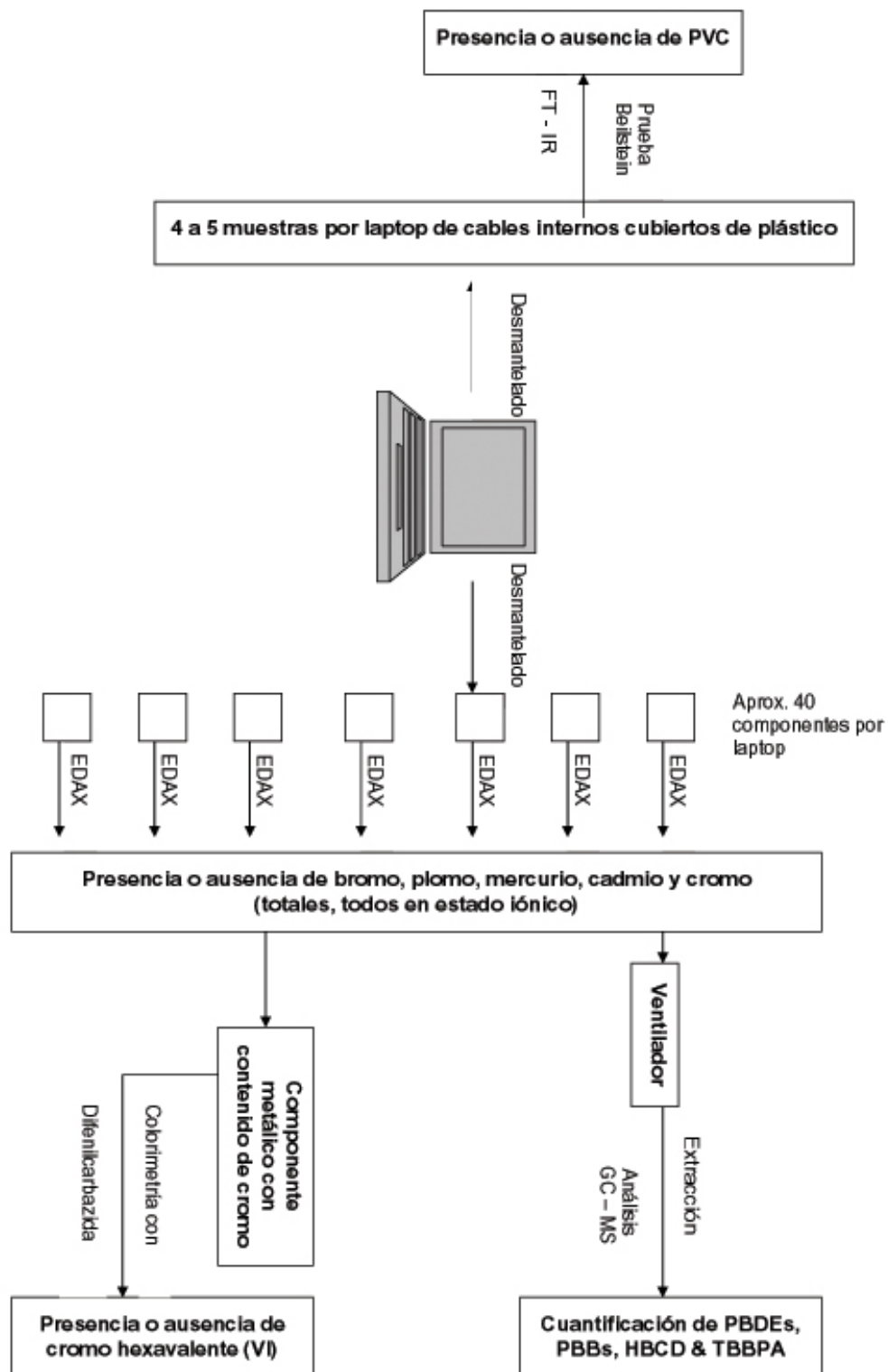
o ausencia de metales como plomo (Pb) mercurio (Hg), cadmio (Cd) y cromo (Cr), (cantidad total, en todos los estados iónicos), así como el elemento bromo (Br) como primera indicación posible de compuestos de órgano bromados o materiales poliméricos bromados utilizados como retardantes de la combustión. Esta técnica no nos provee información sobre la presencia o ausencia de cloro (Cl) en un material.

Basado en los resultados obtenidos para todas las muestras de los componentes, se seleccionaron componentes individuales con mayor detalle que permiten confirmar el análisis siguiente:

- a) Para cada computadora se analizó un componente metálico donde se detectó cromo utilizando el microanálisis de Rayos X, y fue analizado posteriormente para detectar presencia de cromo (VI), que es una de las formas iónicas más tóxicas y cancerígenas de cromo y controlada por la Directiva RoHS.
- b) Un componente común para todas las computadoras portátiles que mostró consistencia en altos contenidos de bromo bajo microanálisis de Rayos X fue el ventilador, el cuál se analizó en cada computadora para un rango de retardantes de flama bromados (BFRs) extraíbles, incluyendo PBDEs (congéneres de tri- a deca-bromados), PBBs (congéneres de tetra- a deca-bromados) HBCD (hexabromociclododecano) y TBBPA (tetrabromobisfenol A).

Además, un total de cinco cables internos por computadora personal (sólo cuatro en el caso de Dell) fueron analizados para confirmar la presencia o ausencia de PVC en la cubierta plástica aislante.

Mayores detalles de todos los métodos analíticos empleados se presentan a continuación.



## **Microanálisis de Rayos X (EDAX)**

La muestra para el análisis fue colocada en el Dispersor de Energía de Fluorescencia de rayos X (EDAX), instrumento a temperatura ambiente, y analizado para las concentraciones superficiales de bromo (Br), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb) y mercurio (Hg).

## **Cromo (VI)**

El análisis se realizó de acuerdo con el método IEC 62321/ 1CD y 111/24/CD-método 97. Para la superficie de cada muestra se aplicó una solución de 0.4g de 1,5 difenilcarbazida, 20 ml de acetona, 20 ml. de etanol (96%), 20 ml. de solución de ácido ortofosfórico y 20 ml. de agua desmineralizada. La presencia de cromo hexavalente fue indicada por la formación de color rojo-violeta. En cada caso, el método fue aplicado primero para superficies no tratadas; luego en superficie finamente corroídas para remover y reducir la capa cromada, pero sin removerla por completo; y finalmente en superficie muy corroída para revelar capas más profundas.

## **PBDEs, PBBs y HBCD**

Cada muestra fue extraída de manera independiente con tolueno, usando el método de extracción de soxhlet, incorporando un estándar interno  $^{13}\text{C}$ . La solución extraída fue limpiada en seguida por cromatografía y analizada utilizando cromatografía de gases capilar y espectrometría de masas (GC-MS) con identificación de fragmentación iónica y molecular. La cuantificación de PBDEs, PBBs y HBCD fue desarrollada utilizando  $^{13}\text{C}$  en estándares marcados.

---

<sup>7</sup>Prueba de la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) para presencia cromo hexavalente (Cr VI) en cromato de color e incoloro para muestras metálicas. Procedimientos para la determinación de niveles de seis sustancias reguladas (plomo, mercurio, cromo hexavalente, bifenilos polibromados, éteres difenil polibromados) en productos electrotécnicos IEC 62321.

## **TBBPA**

Cada muestra fue homogeneizada y acidificada por separado y después extraída con tolueno incorporando un estándar interno  $^{13}\text{C}$ , etiquetado TBBPA. Una vez extraído el TBBPA fue derivado en una solución usando anhídrido acético, anterior a la columna cromatográfica de limpieza y análisis utilizando cromatografía de gas capilar y espectrometría de masas (GC-MS). La identificación fue hecha por fragmentación iónica y molecular y la cuantificación de TBBPA se realizó utilizando  $^{13}\text{C}$  marcado estándar.

## **PVC**

Cada muestra fue evaluada por la presencia o ausencia del elemento cloro (como indicador de PVC) utilizando la prueba de Beilstein. Para aquellas muestras que mostraron positivo para cloro, la presencia de PVC fue confirmada utilizando el análisis Infrarrojo de Transformación de Fourier (FT-IR).

## ***Resultados y discusión***

El resultado del microanálisis de rayos X para los cinco elementos diferentes se presenta a continuación, seguido por los análisis de confirmación que se agregaron. Un resumen sobre el número de muestras encontradas que contenían metales cadmio, cromo, plomo y mercurio por microanálisis de rayos X y el rango de concentraciones encontradas, se presenta en la Tabla 2. Una lista completa con la información de todos los análisis realizados a cada modelo se presenta en el Anexo1 del presente reporte.

Esta información relaciona los materiales y componentes analizados para cada computadora personal, con una fracción del número total de materiales y componentes dentro de cada computadora personal. La ausencia de algún químico específico en todas

las muestras de las computadoras, no es indicativo de que ésta se encuentre totalmente libre de dicho químico.

Modelo	Número de muestras que contienen cada metal (rango de concentraciones)			
	Plomo (Pb)	Cromo(Cr)*	Cadmio(Cd)	Mercurio(Hg)
<b>Acer</b>	0	4 (0.37-18%)	0	0
<b>Apple</b>	0	5 (0.23-18%)	0	0
<b>Dell</b>	0	3 (0.27-0.32%)	0	0
<b>Hewlett Packard</b>	3 (4.5-13%)	4 (0.13-9.0%)	0	0
<b>Sony</b>	0	3 (0.29-17%)	0	0

Tabla 2. Numero de muestras encontradas que contenían diferentes metales analizados por EDAX, y el rango de las concentraciones en la superficie en todos los modelos de computadores personales. Límites del método de detección: Cd (0.01%), Cr (0.1%), Hg (0.05%), Pb (0.05%), Br (0.1%).

\* Concentración total de cromo; en todos los casos, una muestra de cada computadora personal fue posteriormente analizada dando negativo para cromo hexavalente (Cr VI).

## PLOMO

De los 195 diferentes componentes sometidos a microanálisis de rayos X, sólo tres revelaron la presencia de plomo en niveles detectables, todos en materiales de la computadora personal de Hewlett Packard (HP). Dos de los resultados positivos fueron de muestras de soldadura (4.5% y 13% de plomo por peso en la capa superficial del material) y una fue identificada como un conector interno, que también podría tener una conexión soldada (9.8% plomo).

Para las soldaduras eléctricas que contienen plomo, la cantidad de plomo y la composición completa varía dependiendo de la aplicación para la cuál es utilizada. La aleación plomo-estaño (generalmente de 63% estaño y 37% plomo) ha sido



ampliamente utilizada en soldadura eléctrica<sup>8</sup>. Los niveles más bajos de plomo fueron encontrados en tres muestras y podrían ser resultado del análisis superficial del método empleado.

La técnica de microanálisis de rayos X cuantifica el porcentaje de la composición elemental de la superficie del material analizado, y por lo tanto puede no ser completamente representativo de la concentración en el material homogéneo en su conjunto. Un análisis cuantitativo separado de las muestras para obtener la información sobre la concentración del material en conjunto y para determinar el porcentaje de la composición en las capas superficiales sería, por supuesto, representativo, pero no fue posible realizarlo para el presente estudio.

Los niveles de plomo encontrados en las tres muestras indican un uso intencional de plomo en estos materiales, excediendo por mucho los niveles que podrían potencialmente estar presentes como resultado de un rastro no intencionado de contaminación de soldadura con plomo. Más aún, aunque no se aplique para estas computadoras portátiles, las regulaciones que controlan la presencia de plomo en esos materiales establece un límite muy por debajo de los niveles encontrados en estas muestras. (Por ejemplo: Norma europea RoHS; 0.1% con ciertas excepciones).

## **Cromo**

Todas las muestras de las computadoras portátiles presentaron una serie de componentes que contenían cromo (un total de 19 de entre los 194 componentes muestreados), en concentraciones superficiales en un rango de 0.13% y hasta una concentración tan alta como 19 por ciento de cromo. Los valores más altos registrados (17-19% cromo) fueron asociados con las cubiertas metálicas de las unidades de disco (drives) o de las ranuras de tarjeta externas. Sin embargo el análisis posterior de cromo que contenía el componente metálico de cada computadora portátil mostró que ninguno

---

<sup>8</sup> Geibig, J.R., Socolof, M.L. (2005) Solders in Electronics: A Life-Cycle Assessment. US EPA 744-R-05-001

contuvo niveles perceptibles del cromo hexavalente (VI), utilizando el método calorimétrico de la difenilcarbazida.

## **Cadmio**

Ninguno de los 195 componentes contuvo cadmio en niveles detectables a través de microanálisis de rayos X.

.

## **Mercurio**

Ninguno de los 195 componentes contuvo mercurio en niveles detectables utilizando microanálisis de rayos X.

.

## **Bromo**

Alrededor de una cuarta parte de todos los componentes y materiales analizados en cada computadora personal contuvo niveles detectables de bromo, en concentraciones superficiales dentro de un rango de 0.19% hasta 9.4%. Estas muestras que dieron positivo para bromo incluyeron algunas tarjetas de circuito, chips, cables y conexiones, conectores de cable plástico, materiales aislantes, ventiladores y cajas de ventiladores, ratones (touchpad) y otros componentes internos, los cuales no pudieron ser completamente identificados. Los resultados se resumen por componente en la tabla 3.

Los cuatro ratones (touchpad) de las computadoras personales fueron analizados (no incluye la portátil de Sony), y contuvieron bromo entre 0.24% y 8.1% por peso, y la computadora personal de HP presentó los niveles más altos. En el caso de la computadora personal de Sony, el botón del ratón (botón del touchpad) fue analizado revelando en su superficie un contenido de bromo de 2.6%. En contraste, ninguna de las teclas del teclado contuvo bromo detectable.

Para todos los modelos, el ventilador -utilizado para enfriar los circuitos internos mientras la computadora se encuentra en uso-, presentó altos valores de bromo en la superficie,

entre 5.3 y 7% por peso. Sobre esta base, los ventiladores fueron seleccionados como el componente de cada computadora para realizarles un análisis específico cuantitativo para un rango de retardantes de flama bromados extractable; el resultado de este análisis se presenta y discute a continuación.

En total, cerca de una tercera parte de los circuitos del tablero (7 de 19) y chips (3 de 9) analizados, y cerca de la mitad de todas los cables de cinta (ribbon cables) contuvieron bromo, en concentraciones generalmente de un rango menor al 1% hasta un pequeño porcentaje en peso. No hubo una clara y consistente relación entre el tipo de componentes (material) y el nivel de bromo detectado, con excepción de las observaciones de los 3 chips que dieron positivo para bromo fue en niveles relativamente bajos (0.24-0.59%), mientras que los siete conectores internos de plástico y cinco cables cubiertos de plástico contenían bromo dando resultados más altos (1.5-8.7%), con todos menos uno en cada caso, mostrando valores mayores a 3%. El contenido más alto de bromo detectado para todos los componentes analizados fue de 9.4% de bromo superficial por peso, y fue encontrado en una hoja interna aislante en la computadora personal de HP.

Es importante destacar que aunque el microanálisis de rayos X provee un método de detección confiable y cuantitativa para el total de contenido de bromo en las capas superficiales del material, no muestra información sobre las formas químicas en las cuales se encuentra presente el bromo; esto es, la naturaleza de la base molecular orgánica a la que esta enlazada.

Aunque un alto contenido de bromo es probablemente resultado del uso de retardantes de fuego bromados, el método no es capaz de distinguir entre el bromo presente y su presencia en enlaces indirectos en aditivos de retardantes de fuego en formulaciones de polímeros. Para obtener mayor información en cuanto a la naturaleza del material bromado, es necesario realizar mayores análisis de confirmación sobre el rango de solventes extraídos de compuesto bromados, comúnmente utilizados como retardantes de flama.

Componente o tipo de material	Numero analizado / cantidad de componentes que contienen bromo / concentración rango de todos los valores detectados por encima de los límites			Marca de la computadora que muestra los niveles más altos de concentración de bromo para cada tipo de material o componente
<b>Placa de circuitos</b>	19	7	0.26-7.1%	Dell (7.1%)
<b>Chips</b>	9	3	0.24-0.59%	Apple (0.58%)
<b>Cables de cinta (ribbon cables)</b>	15	9	0.83-6.7%	Acer (6.7%)
<b>Otras conexiones internas recubiertas</b>	9	5	1.5-6.4%	Acer (6.4%)
<b>Hojas aislantes</b>	6	2	2.6-9.4%	HP (9.4%)
<b>Conectores plásticos internos</b>	14	7	1.5-8.7%	Sony (8.7%)
<b>Ventiladores</b>	5	5	5.3-7.0%	Apple & Dell (7%)
<b>Teclado y bordes</b>	4	1	7.2%	Dell (7.2%)
<b>Mouse pads de contacto</b>	4	4	0.24-8.1%	HP (8.1%)

Tabla 3: Resumen del total de bromo contenido entre los grupos de componentes clave analizados.

## Retardantes de flama bromados (BFRs)

Existen potencialmente una amplia variedad de químicos derivados del bromo que pueden ser utilizados como retardantes de flama. Esta investigación se centra en algunas clases de químicos bromados que tienen un uso común y que son utilizados como retardantes de flama, llamados PBDEs, PBBs, TBBPA y HBCD.

Los PBDEs son un grupo de químicos relacionados que difieren en la cantidad y formas como se colocan dentro de las moléculas de bromo. Los PBBs son un grupo similar basado en una columna molecular diferente. Para ambos PBDEs y PBBs, los químicos individuales, conocidos como congéneres, están agrupados por grado de bromación en la molécula (por ejemplo: octaBDE incorporando 8 átomos de bromo por molécula). HBCD es también un grupo de químicos relacionados, cada uno contiene el mismo grado de bromación pero con diferentes formas de colocación dentro de la molécula de TBBPA que es un solo químico individual.

De los BFRs cuantificados, el más comúnmente utilizado en electrónicos modernos es indudablemente el “deca”, por ejemplo, lo tenemos en formulaciones comerciales de decaBDE como aditivo, y el TBBPA, también como aditivo o aún más común, en modo reactivo (enlace-polímero). De hecho, el uso de TBBPA en placas de circuito en modo reactivo en resinas epóxicas bromadas representa el mayor uso de este compuesto alrededor del mundo.

En modo reactivo, el TBBPA reacciona químicamente para volverse parte de un polímero y no presentarse más como un monómero TBBPA. Aún utilizado de este modo, una pequeña proporción del total de TBBPA usado permanece como no reactivo, el TBBPA como monómero puede ser aislado para ser extraído con un solvente. En equipos eléctricos y electrónicos más viejos se podrían esperar mayores cantidades de PBDEs o hasta PBBs, a pesar del hecho de que el PBBs ha sido eliminado hace tiempo. HBCD es utilizado también como aditivo en los retardantes de flama bromado el cuál puede ser extraído fácilmente.

Debido a las limitaciones de recursos, sólo fue posible someter un componente por computadora personal para determinación cuantitativa de este tipo de retardantes bromados de flama como parte del propósito de este estudio preliminar. Reconociendo el alto contenido de bromo en los ventiladores, como consecuencia, estos fueron elegidos de cada computadora para someterlos al análisis.

De los retardantes de flama bromados cuantificados en este estudio (PBDEs, TBBPA, HBCD, PBBs), solo TBBPA y PBDEs (hepta- a decaBDEs congéneres) fueron encontrados en niveles por encima de los límites del método de detección. El HBCD no fue detectado en ninguno de los ventiladores analizados y como se esperaba para los componentes de las computadoras portátiles que fueron compradas en el mercado en un tiempo relativamente reciente, no se encontraron rasgos de PBBs. Las concentraciones en los cinco ventiladores de grupos congéneres de TBBPA y PBDE, se presentan en la Tabla 4.

<b>BFR</b>	<b>Grupos congéneres</b>	<b>Acer</b>	<b>Apple</b>	<b>Dell</b>	<b>HP</b>	<b>Sony</b>
PBDEs	heptaBDEs	nd	nd	nd	0.6	nd
	octaBDEs	nd	nd	nd	56.7	nd
	nonaBDEs	nd	2.1	nd	2040	nd
	decaBDE	1.0	8.5	nd	1650	nd
TBBPA	---	55.4	262	7.8	86.7	nd

Tabla 4: Resumen de las concentraciones extraíbles de retardantes de flama bromados (BFRs), identificados en los ventiladores de las cinco computadoras portátiles, nd – no detectado por encima de 0.5 mg/kg. Otras cuantificaciones de retardantes de flama bromados (BFRs) no estuvieron presentes por encima de los límites del método de detección de 0.5 mg/kg.

Tres de los ventiladores analizados contuvieron niveles detectables de PBDEs. Para los ventiladores de las computadoras portátiles Apple y Acer, los niveles de PBDEs fueron identificados sólo ligeramente arriba de los límites detectables. El ventilador Apple contuvo deca BDE en 8.5 mg/kg y nonaBDE en 2.1mg/kg. Para el ventilador Acer, sólo fue detectado deca BDE, incluso a un nivel más bajo de 1.0 mg/kg.

En gran medida se encontraron altos niveles de Pides en el ventilador de la computadora personal de HP. Este ventilador en forma de abanico tuvo 1650 mg/kg (0.165% en peso) de decaBDE y 2040 mg/kg (0.204% en peso) de nonaBDE, así como otros PBDEs aunque a niveles mucho más bajos; heptaBDE (0.6 mg/kg) y octaBDE (56.7 mg/kg).

El nivel de nonaBDEs es mas alto que el nivel de decaDBE extraído del mismo ventilador y por encima de 0.1% por peso límite para nonaBDE en materiales homogéneos los

cuales podrían utilizarse para equipo electrónico puestos en el mercado después de el primero de julio de 2006, bajo las provisiones de la Directiva Europea RoHS.

Trazas de TBBPA fueron encontrados en cuatro ventiladores de las cinco computadoras portátiles, con concentraciones en un rango de 7.8mg/kg hasta 262 mg/kg, el valor más alto se encontró en el ventilador Apple. Ningún TBBPA fue detectado en el ventilador de la computadora personal de Sony, (nuevamente en una detección límite de 0.5 mg/kg). No puede deducirse de estos resultados solamente si las concentraciones de TBBPA extraído en los cuatro ventiladores se deben al bajo nivel de adición para los aditivos o a la inevitable presencia de pequeña proporción de TBBPA sin reaccionar, resultado de su uso en modo reactivo.

Sin embargo, dos cosas son evidentes. Primero, que las concentraciones de ambos PBDEs y TBBPA determinadas aquí, aún a los niveles más altos encontrados, sólo para el material plástico del cuál se construyen los ventiladores, podrían parecer poco probables para brindar suficiente retardo en la aparición de fuego. Segundo, dado que los cinco ventiladores revelaron contenidos de bromo entre 5.3 y 7% por peso bajo microanálisis de rayos X, parece claro que el volumen de este contenido de bromo (suponiendo que las concentraciones en la superficie indican concentraciones en todo el material) deben resultar de la presencia de químicos bromados con excepción de los cuantificados específicamente en este estudio.

Los ventiladores tal vez contienen otros compuestos extraíbles de bromo no cuantificados en este estudio, aunque parece mas probable que la mayoría del bromo se encuentre enlazado al polímero del propio ventilador, o al menos presente en alto peso molecular de retardantes de fuego, tales como oligómeros epoxy bromados (BEOs), los cuales no son susceptibles para extracción por solventes de extracción y/o análisis por GC-MS.

Un sinnúmero de estos materiales poliméricos y oligoméricos están disponibles y su información comercial señala que se han vuelto extensamente utilizados en aplicaciones

electrónicas. Sin embargo, no es posible obtener mayor información en cuanto a la naturaleza química de la mayoría de los contenidos de bromo detectados en los ventiladores por los métodos que se utilizaron en este estudio. Obtener dicha información por medio de análisis seguirá siendo muy difícil, por lo que la opción es solicitar tal información a los mismos fabricantes de los componentes.

## **PVC**

De un total de 24 secciones de cables internos cubiertos de plástico sujetos a análisis para detectar PVC (cuatro de la computadora Dell y cinco de las otras marcas), sólo cuatro resultaron positivos a la presencia de PVC. Tres de estos fueron las conexiones del ventilador en los modelos de las computadoras portátiles de Acer, Apple y HP. El cuarto, era un cable que conducía a una pequeña cubierta de batería interna, nuevamente en el modelo HP. Los cables que conducían a los ventiladores en los modelos Dell y Sony, no aparecían estar recubiertos con PVC. No se identificó PVC en los otros 20 cables internos cubiertos de plástico que fueron examinados, incluyendo los cables que conectaban a los ventiladores en los modelos Dell y Sony.

## ***Conclusiones***

Aunque limitado en alcance, este estudio ha probado ser un ejercicio importante para demostrar las posibilidades y limitaciones de un rango de métodos analíticos utilizados para la determinación de sustancias peligrosas en computadoras portátiles. La técnica de microanálisis de rayos X proveyó de una herramienta relativamente simple y económica para ayudar a identificar cuáles materiales y/o componentes deberían ser analizados con mayor profundidad, confirmar y/o realizar análisis cuantitativos para compuestos específicos de interés y preocupación. Este estudio demostró la necesidad de desarrollar más ampliamente el rango y aplicación de análisis adicionales para materiales que fueron seleccionados y para componentes de interés para obtener una comprensión completa de la presencia de sustancias peligrosas en estos productos.



Como se hizo notar anteriormente, ya que este estudio cubrió un rango diverso de materiales y componentes de cada computadora personal, no fue posible analizar cada material o componente de manera individual para cada modelo. Es posible que los componentes no examinados contengan uno o más de los químicos investigados en este estudio, y además la ausencia de un químico en todas las muestras de una computadora personal no nos indica que esa computadora se encuentre completamente libre de ese químico. Más aún, dentro de cada marca existe un alto grado de complejidad en los modelos de computadoras personales disponibles en el mercado. Estos temas resaltan la gran dificultad para verificar que productos individuales o marcas completas estén completamente libres de un químico específico.

Sin embargo, como estudio inicial sobre la presencia de productos químicos peligrosos y RoHS- en marcas de computadores personales muy conocidas en el mercado europeo, antes de que la Directiva RoHS entrara en vigencia-, el estudio ha revelado cierta información valiosa, como se puede apreciar.

- De los cuatro metales potencialmente peligrosos incluidos en este estudio, sólo el plomo se encontró presente en las muestras analizadas, y después sólo tres muestras de soldadura de otros materiales de conexión en la computadora personal de HP.
- Se detectó bromo en aproximadamente la cuarta parte de los 195 componentes examinados, en niveles hasta un 9.4% en peso (aunque generalmente en porcentajes menores), probablemente como resultado de el uso de materiales orgánicos bromados para brindar retardo de flama.
- Cerca de una tercera parte de las tarjetas de circuitos y chips analizados, aproximadamente la mitad de los cables de cinta, cables y conexiones analizados y todos los ratones (touchpads) y ventiladores analizados, contienen bromo.

- Los análisis para los ventiladores de cada computadora portátil se realizaron para un rango común de retardantes de flama bromado (PBDEs, PBBs, HBCD, TBBPA) y revelaron únicamente TBBPA (en cuatro de cinco), y PBDEs; decaBDE (en tres de cinco) y nona- y octaBDE (en sólo uno de cinco). Todos tenían niveles relativamente bajos comparados con las cantidades típicamente utilizadas para brindar un retardo de flama en tales materiales. Ni HBCD ni PBBs fueron detectados en ninguno de los ventiladores.
- Para todos los PBDEs, las concentraciones más altas fueron encontradas en el ventilador de la computadora portátil de HP, la cuál contenía decaBDE en una concentración de 0.165% y nonaBDEs en una concentración de 0.204%, además fue la única computadora que contenía octaBDE en nivel más bajo (0.006%).
- Los niveles de retardantes de flama bromados que se identificaron no explican las cantidades mayores de bromo, en todas las formas presentes en los ventiladores (5.3-7%). Aunque el rango cuantificado de solvente extraíble de retardantes de flama bromados no fue exhaustivo, parece probable que el volumen del bromo identificado en los ventiladores bajo microanálisis de rayos X esta presente en forma oligoméricas o poliméricas brominadas y por lo tanto, imposibles de identificar bajo el análisis de extracción de solventes y GC-MS.
- Sin embargo, el hecho de que PBDEs, incluyendo formas nona y octabromados, hayan sido encontradas en los ventiladores de algunas computadoras portátiles es significativo. Aunque la Directiva RoHS no estaba en vigor cuando estas computadoras personales fueron compradas, esta directiva fija un límite de 0.1% para todos los PBDEs, distinto al decaBDE. La concentración de nonaBDE encontrada en el ventilador de la portátil de HP, esta por encima de este valor, con una concentración de 0.204% en peso.
- Aunque existe una gran probabilidad de que la mayoría del bromo en los ventiladores se encuentre en formas de enlaces oligoméricas o de polímero, los altos niveles de

bromo en ese y otros materiales, es aún significativo. Al término de la vida útil del producto, algunas operaciones de eliminación y reciclaje (por ejemplo. incineración, fundición y quema abierta) pueden liberar potencialmente el bromo en formas peligrosas, incluyendo bromuro de hidrógeno y dioxinas bromadas.

- La presencia de cubiertas de PVC fue encontrada en pequeñas proporciones de cables internos y conexiones examinadas (4 de 24). Estas incluyeron 2 cables de la computadora portátil de HP y una de cada modelo de Acer y Apple. No se identificó PVC en las cubiertas de otros cables internos analizados. Para estos cables el uso de PVC no es totalmente necesario como cubierta plástica.

**Anexo 1: Descripción de todos los materiales y componentes  
analizados y los resultados obtenidos por cada modelo de laptop**

**Kevin Brigden y David Santillo**

**Laboratorio de Investigación Greenpeace Nota técnica 05/06**

**Agosto 2006**

## Acer Aspire 5670 Series (5672WLMi)

### Datos del microanálisis de X-ray (EDAX)

Muestra	Componente	Cd (%)	Cr (%)	Hg (%)	Pb (%)	Br (%)
1	main plastic body adjacent to keyboard	nd	nd	nd	nd	nd
2	mouse central button	nd	nd	nd	nd	nd
2a	mouse pad	nd	nd	nd	nd	<b>4.7</b>
3	mouse right button	nd	nd	nd	nd	nd
4	internal metal casing	nd	nd	nd	nd	nd
5	space key	nd	nd	nd	nd	nd
6	keyboard surround	nd	nd	nd	nd	nd
*7	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>1.0</b>
8	internal metal plate	nd	<b>18</b>	nd	nd	nd
9	small circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
*10	plastic coating on internal wire	nd	nd	nd	nd	<b>6.4</b>
11	circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
12	electrical contact	nd	nd	nd	nd	nd
13	part of motherboard	nd	nd	nd	nd	nd
14	small chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.4</b>
15	electrical insulation sheet	nd	nd	nd	nd	<b>2.6</b>
16	solder	nd	nd	nd	nd	nd
17	metal casing on external card slot	nd	<b>18</b>	nd	nd	nd
18	internal wire	nd	nd	nd	nd	<b>6.0</b>
19	small internal component	nd	nd	nd	nd	<b>0.5</b>
20	black plastic internal component	nd	<b>2.5</b>	nd	nd	nd
21	white plastic internal component	nd	nd	nd	nd	<b>7.1</b>
22	electrical insulation sheet	nd	nd	nd	nd	nd
23	black internal component	nd	nd	nd	nd	<b>0.55</b>
24	internal component	nd	nd	nd	nd	nd
25	small internal component	nd	nd	nd	nd	<b>0.72</b>
26	motherboard	nd	nd	nd	nd	nd
27	solder	nd	nd	nd	nd	nd
28	internal plastic casing	nd	nd	nd	nd	nd
29	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>6.7</b>
	small component on circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
30	#31					
31	small printed circuit board	nd	nd	nd	nd	<b>3.6</b>
32	fan	nd	nd	nd	nd	<b>6.0</b>
33	fan cover	nd	nd	nd	nd	nd
34	black adhesive tape on fan	nd	nd	nd	nd	nd
35	metal casing of CD drive	nd	<b>0.37</b>	nd	nd	nd
36	screen	nd	nd	nd	nd	nd
37	material surrounding large chip	nd	nd	nd	nd	nd
38	large chip	nd	nd	nd	nd	nd

nd; no detectado con los siguientes límites de detección; Cd (0.01%), Cr (0.1%), Hg (0.05%), Pb (0.05%), Br (0.1%)

\*- también se analizó la presencia de PVC

**Cuantificación de retardantes de flama bromados seleccionados en el ventilador (muestra 32)**

BFR	Grupo de Congéneres	Concentración (mg/kg)
PBDE	<b>Tri-BDEs</b>	Nd
	Tetra-BDEs	Nd
	Penta-BDEs	Nd
	Hexa-BDEs	Nd
	Hepta-BDEs	Nd
	Octa-BDEs	Nd
	Nona-BDEs	Nd
	Deca-BDE	<b>1.0</b>
PBB	Tetra-BBs	Nd
	Penta-BBs	Nd
	Hexa-BBs	Nd
	Hepta-BBs	Nd
	Octa-BBs	Nd
	Nona-BBs	Nd
	Deca-BB	Nd
HBCD	---	Nd
TBBPA	---	<b>55.4</b>

nd; no detectado con el límite de detección de 0.5 mg/kg para todos los analizados

**Análisis de presencia de PVC usando Beilstein/FT-IR**

Muestra	Componente	PVC
7	ribbon cable	nd
10	plastic coating on internal wire	nd
33a	red plastic coating on wire to fan	<i>PVC</i>
34a	white plastic coating on internal wire	nd
39	plastic coating on wire to fan	nd

nd - no detectado; PVC – presencia de PVC confirmada

**Análisis de presencia de cromo hexavalente, Cr (VI)**

Muestra	Componente	Cr (VI)
8	internal metal plate	nd

nd; no detectado

# Apple MacBook Pro

## Datos del microanálisis de X-ray (EDAX)

Muestra	Componente	Cd (%)	Cr (%)	Hg (%)	Pb (%)	Br (%)
1	main plastic body around keyboard	nd	<b>0.51</b>	nd	nd	nd
2	mouse pad	nd	nd	nd	nd	<b>0.84</b>
3	keyboard (space key)	nd	nd	nd	nd	nd
4	grey frame around keyboard	nd	nd	nd	nd	nd
5*	internal ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>1.2</b>
6	small blue circuit board	nd	nd	nd	nd	<b>0.52</b>
7	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
8	internal black plastic sheet	nd	nd	nd	nd	nd
9	internal mesh	nd	nd	nd	nd	nd
10	electrical insulation sheet	nd	nd	nd	nd	nd
11	internal part of external port	nd	nd	nd	nd	nd
12	internal plastic wire connector	nd	nd	nd	nd	nd
13	fan	nd	nd	nd	nd	<b>7.0</b>
14	motherboard	nd	nd	nd	nd	<b>1.6</b>
15	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
16	plastic wire connector	nd	nd	nd	nd	<b>1.5</b>
17	internal speaker	nd	nd	nd	nd	nd
18	plug in card	nd	nd	nd	nd	nd
*19	plastic coating on internal wire	nd	nd	nd	nd	nd
20	internal component	nd	nd	nd	nd	<b>2.6</b>
21	solder	nd	nd	nd	nd	nd
22	internal speaker	nd	nd	nd	nd	nd
23	plastic casing	nd	nd	nd	nd	nd
24	housing for memory chip	nd	nd	nd	nd	nd
25	fan casing	nd	<b>0.23</b>	nd	nd	nd
26	internal cable	nd	nd	nd	nd	<b>3.5</b>
27	solder	nd	nd	nd	nd	<b>0.25</b>
28	internal chip	nd	nd	nd	nd	nd
29	screen	nd	nd	nd	nd	nd
30	metal casing of CD drive	nd	<b>0.35</b>	nd	nd	nd
31	internal chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.59</b>
32	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>2.2</b>
33	hard drive casing	nd	nd	nd	nd	nd
34	memory chip circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
35	internal casing	nd	<b>18</b>	nd	nd	nd
36	of CD drive	nd	<b>18</b>	nd	nd	nd
37	material surrounding large chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.70</b>
38	large chip	nd	nd	nd	nd	nd

nd; no detectado con los siguientes límites de detección; Cd (0.01%), Cr (0.1%), Hg (0.05%), Pb (0.05%), Br (0.1%)

\*- también se analizó la presencia de PVC

**Cuantificación de retardantes de flama bromados seleccionados en el ventilador (muestra 13)**

BFR	Grupo de Congéneres	Concentración (mg/kg)
PBDE	Tri-BDEs	Nd
	Tetra-BDEs	Nd
	Penta-BDEs	Nd
	Hexa-BDEs	Nd
	Hepta-BDEs	Nd
	Octa-BDEs	nd
	Nona-BDEs	2.1
	Deca-BDE	8.5
PBB	Tetra-BBs	nd
	Penta-BBs	nd
	Hexa-BBs	nd
	Hepta-BBs	nd
	Octa-BBs	nd
	Nona-BBs	nd
	Deca-BB	nd
HBCD	---	nd
TBBPA	---	262

nd; no detectado con el límite de detección de 0.5 mg/kg para todos los analizados

**Análisis de presencia de PVC usando Beilstein/FT-IR**

Muestra	Componente	PVC
5	internal ribbon cable	nd
16a	blue plastic coating on wire to fan	<i>PVC</i>
19	plastic coating on internal wire	
25a	plastic coating on internal wire	
39	plastic coating on wire to wire connector #12	

nd - no detectado; PVC – presencia de PVC confirmada

**Análisis de presencia de cromo hexavalente, Cr (VI)**

Muestra	Componente	Cr (VI)
36	metal casing of CD drive	nd

nd; no detectado



## Dell Latitude D810

### Datos del microanálisis de X-ray (EDAX)

Muestra	Componentes	Cd (%)	Cr (%)	Hg (%)	Pb (%)	Br (%)
1	main plastic body around keyboard	nd	nd	nd	nd	nd
2	mouse pad	nd	nd	nd	nd	<b>0.24</b>
3	plastic frame around keyboard	nd	nd	nd	nd	nd
4	space key	nd	nd	nd	nd	nd
5	internal ribbon cable	nd	nd	nd	nd	nd
*6	plastic coating around internal wires	nd	nd	nd	nd	nd
*7	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>2.0</b>
8	internal plastic wire connector	nd	nd	nd	nd	<b>3.5</b>
	metal casing on PCMCIA external card slot	nd	<b>0.32</b>	nd	nd	nd
9						
10	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>2.3</b>
11	internal plastic housing	nd	nd	nd	nd	nd
12	fan cover	nd	nd	nd	nd	<b>7.2</b>
13	Fan	nd	nd	nd	nd	<b>7.0</b>
14	PCMCIA external card	nd	nd	nd	nd	nd
15	material surrounding large chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.26</b>
16	large chip	nd	nd	nd	nd	nd
17	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	nd
18	plastic coating around internal wires	nd	<b>0.30</b>	nd	nd	nd
19	small circuit board	nd	nd	nd	nd	<b>7.1</b>
20	external interface circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
21	internal structural plastic	nd	nd	nd	nd	nd
22	solder	nd	nd	nd	nd	nd
23	metal heat conductor	nd	nd	nd	nd	nd
24	internal part of external port	nd	nd	nd	nd	nd
25	casing of CD drive	nd	nd	nd	nd	nd
26	small component	nd	nd	nd	nd	<b>1.2</b>
27	small circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
28	plastic wire connector	nd	nd	nd	nd	<b>8.6</b>
29	solder	nd	nd	nd	nd	nd
30	plastic wire connector	nd	nd	nd	nd	nd
31	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>4.7</b>
32	casing on external card slot	nd	nd	nd	nd	nd
33	internal metal heat sink	nd	<b>0.27</b>	nd	nd	nd
34	small structural component	nd	nd	nd	nd	nd
35	not analysed	--	--	--	--	--
36	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
37	small component	nd	nd	nd	nd	nd
38	screen	nd	nd	nd	nd	nd
39	motherboard	nd	nd	nd	nd	<b>1.6</b>
40	small circuit board	nd	nd	nd	nd	nd

nd; no detectado con los siguientes límites de detección; Cd (0.01%), Cr (0.1%), Hg (0.05%), Pb (0.05%), Br (0.1%)

\*- también se analizó la presencia de PVC

**Cuantificación de retardantes de flama bromados seleccionados en el ventilador (muestra 13)**

BFR	Grupo de congénerres	Concentración (mg/kg)
PBDE	Tri-BDEs	nd
	Tetra-BDEs	nd
	Penta-BDEs	nd
	Hexa-BDEs	nd
	Hepta-BDEs	nd
	Octa-BDEs	nd
	Nona-BDEs	nd
	Deca-BDE	nd
PBB	Tetra-BBs	nd
	Penta-BBs	nd
	Hexa-BBs	nd
	Hepta-BBs	nd
	Octa-BBs	nd
	Nona-BBs	nd
	Deca-BB	nd
HBCD	---	nd
TBBPA	---	7.8

nd; no detectado con el límite de detección de 0.5 mg/kg para todos los analizados

**Análisis de presencia de PVC usando Beilstein/FT-IR**

Muestra	Componente	PVC
6	plastic coating around internal wires	nd
7	ribbon cable	nd
41	plastic coating on wire to fan	nd
42	plastic coating on red internal wire	nd

nd - no detectado; PVC – presencia de PVC confirmada

**Análisis de presencia de cromo hexavalente, Cr (VI)**

Muestra	Componente	Cr (VI)
9	metal casing on PCMCIA external card slot	nd

nd; no detectado

# Hewlett Packard Pavillion dv4000 Series (dv4357EA)

## Datos del microanálisis de X-ray (EDAX)

Muestra	Componente	Cd (%)	Cr (%)	Hg (%)	Pb (%)	Br (%)
1	main plastic body around keyboard	nd	nd	nd	nd	<b>0.22</b>
2	mouse pad	nd	nd	nd	nd	<b>8.1</b>
3	plastic frame around keyboard	nd	nd	nd	nd	nd
4	space key	nd	nd	nd	nd	nd
5	external plastic housing	nd	nd	nd	nd	nd
6	DVD control button	nd	nd	nd	nd	nd
*7	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	nd
8	plastic internal wire connector	nd	nd	nd	nd	<b>6.8</b>
9	internal metal plate	nd	<b>0.20</b>	nd	nd	nd
10	internal metal plate	nd	nd	nd	nd	nd
11	internal foil	nd	nd	nd	nd	nd
12	small circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
13	internal chip	nd	nd	nd	nd	nd
14	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
15	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
16	large chip	nd	nd	nd	nd	nd
17	material surrounding large chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.56</b>
18	fan	nd	nd	nd	nd	<b>5.3</b>
*19	plastic coating around internal wires	nd	nd	nd	nd	<b>1.5</b>
20	not analysed	--	--	--	--	--
21	foil	nd	nd	nd	nd	<b>0.86</b>
22	internal housing	nd	nd	nd	nd	nd
23	plastic casing of main body	nd	nd	nd	nd	nd
24	internal housing	nd	nd	nd	nd	nd
25	electrical insulation sheet	nd	nd	nd	nd	<b>9.4</b>
26	mother board	nd	nd	nd	nd	nd
27	internal metal plate	nd	<b>0.20</b>	nd	nd	nd
28	solder??	nd	nd	nd	<b>4.5</b>	<b>0.86</b>
29	metal casing of CD drive	nd	<b>0.13</b>	nd	nd	nd
30	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>1.9</b>
31	external casing	nd	nd	nd	nd	nd
32	solder	nd	nd	nd	nd	nd
33	plastic internal wire connector	nd	nd	nd	nd	<b>3.2</b>
34	plastic coating on internal wire	nd	<b>9.0</b>	nd	nd	nd
35	small internal battery cover	nd	nd	nd	nd	nd
36	internal electrical connector	nd	nd	nd	<b>9.8</b>	nd
37	metallic connector	nd	nd	nd	nd	<b>0.19</b>
	connector - edge of small circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
38	board					
39	metal clip on edge of hard drive	nd	nd	nd	nd	nd
40	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	nd
41	casing	nd	nd	nd	nd	nd
42	plastic wire connector	nd	nd	nd	nd	nd
43	screen	nd	nd	nd	nd	nd
44	solder	nd	nd	nd	<b>13</b>	nd

nd; no detectado con los siguientes límites de detección; Cd (0.01%), Cr (0.1%), Hg (0.05%), Pb (0.05%), Br (0.1%)

\*- también se analizó la presencia de PVC

**Cuantificación de retardantes de flama bromados seleccionados en el ventilador (muestra 18)**

BFR	Grupo de congéneres	Concentración (mg/kg)
PBDE	Tri-BDEs	Nd
	Tetra-BDEs	Nd
	Penta-BDEs	Nd
	Hexa-BDEs	Nd
	Hepta-BDEs	0.6
	Octa-BDEs	56.7
	Nona-BDEs	2040
	Deca-BDE	1650
PBB	Tetra-BBs	nd
	Penta-BBs	nd
	Hexa-BBs	nd
	Hepta-BBs	nd
	Octa-BBs	nd
	Nona-BBs	nd
	Deca-BB	nd
HBCD	---	nd
TBBPA	---	86.7

nd; no detectado con el límite de detección de 0.5 mg/kg para todos los analizados

**Análisis de presencia de PVC usando Beilstein/FT-IR**

Muestra	Componente	PVC
7	ribbon cable	nd
19	plastic coating around internal wires	nd
45	plastic coating on white wire to small board (#37/#38)	nd
46	red plastic coating on wire to internal battery cover	<b>PVC</b>
47	plastic coating on wire to fan	<b>PVC</b>

nd - no detectado; PVC – presencia de PVC confirmada

**Análisis de presencia de cromo hexavalente, Cr (VI)**

Muestra	Componente	Cr (VI)
27	internal metal plate	nd

nd; no detectado

## Sony VAIO VGN-FJ Series (FJ180)

### Datos del microanálisis de X-ray (EDAX)

Muestra	Componente	Cd (%)	Cr (%)	Hg (%)	Pb (%)	Br (%)
1	plastic casing (black)	nd	nd	nd	nd	nd
2	main plastic body around keyboard	nd	nd	nd	nd	nd
3	return key	nd	nd	nd	nd	nd
4	right mouse button	nd	nd	nd	nd	<b>2.6</b>
5	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	nd
6	internal casing	nd	nd	nd	nd	nd
7	internal structural component	nd	nd	nd	nd	nd
8	small circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
9	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>2.0</b>
10	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	nd
11	plastic internal wire connector	nd	nd	nd	nd	<b>8.7</b>
12	electrical insulation sheet	nd	nd	nd	nd	nd
13	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
*14	ribbon cable	nd	nd	nd	nd	<b>0.83</b>
15	small internal component	nd	nd	nd	nd	<b>0.83</b>
16	fan	nd	nd	nd	nd	<b>6.3</b>
17	processor housing	nd	nd	nd	nd	nd
18	material surrounding large chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.55</b>
19	large chip with surrounding material	nd	nd	nd	nd	nd
20	large chip	nd	nd	nd	nd	<b>0.24</b>
21	electrical insulation sheet	nd	nd	nd	nd	nd
22	motherboard	nd	nd	nd	nd	<b>2.8</b>
23	solder	nd	nd	nd	nd	nd
24	small circuit board	nd	nd	nd	nd	<b>0.26</b>
25	internal structural component	nd	nd	nd	nd	nd
26	small internal component	nd	nd	nd	nd	nd
27	chip on small circuit board (#26)	nd	nd	nd	nd	nd
28	part of hard drive	nd	nd	nd	nd	nd
29	external casing underside	nd	nd	nd	nd	nd
30	hard drive circuit board	nd	nd	nd	nd	nd
31	memory housing	nd	nd	nd	nd	nd
32	solder	nd	nd	nd	nd	<b>0.31</b>
33	metal casing on external card slot	nd	<b>17</b>	nd	nd	nd
34	internal metal plate	nd	<b>0.34</b>	nd	nd	nd
35	fan casing	nd	nd	nd	nd	nd
36	metal casing of CD drive	nd	<b>0.29</b>	nd	nd	nd
37	screen	nd	nd	nd	nd	nd
38	solder	nd	nd	nd	nd	nd

nd; no detectado con los siguientes límites de detección; Cd (0.01%), Cr (0.1%), Hg (0.05%), Pb (0.05%), Br (0.1%)

\*- también se analizó la presencia de PVC

***Cuantificación de retardantes de flama bromados seleccionados en el ventilador (muestra 16)***

BFR	Grupo de congéneres	Concentración (mg/kg)
PBDE	<b>Tri-BDEs</b>	nd
	Tetra-BDEs	nd
	Penta-BDEs	nd
	Hexa-BDEs	nd
	Hepta-BDEs	nd
	Octa-BDEs	nd
	Nona-BDEs	nd
	Deca-BDE	nd
PBB	Tetra-BBs	nd
	Penta-BBs	nd
	Hexa-BBs	nd
	Hepta-BBs	nd
	Octa-BBs	nd
	Nona-BBs	nd
	Deca-BB	nd
HBCD	---	nd
TBBPA	---	nd

nd; no detectado con el límite de detección de 0.5 mg/kg para todos los analizados

***Análisis de presencia de PVC usando Beilstein/FT-IR***

Muestra	Componente	PVC
14	ribbon cable	nd
39	plastic coating on wire to fan	nd
40	plastic coating on internal wire (adjacent to #24)	nd
41	plastic coating on grey internal wire (adjacent to #21)	nd
42	plastic coating around internal wires (adjacent to #21)	nd

nd - no detectado; PVC – presencia de PVC confirmada

***Análisis de presencia de cromo hexavalente, Cr (VI)***

Muestra	Componente	Cr (VI)
33	metal casing on external card slot	nd

nd; no detectado