



## La mortalidad por cáncer en ciudades situadas en las proximidades de incineradoras e instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos peligrosos

Javier García-Pérez<sup>a,b</sup>, Pablo Fernández-Navarro<sup>a,b</sup>, Adela Castelló<sup>a</sup>, María Felicitas López-Cima<sup>a,b</sup>, Rebeca Ramis<sup>a,b</sup>, Elena Boldo<sup>a,b</sup>, Gonzalo López-Abente<sup>a,b</sup>

a Área de Epidemiología Ambiental y Cáncer, Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Avda. Monforte de Lemos, 5, 28029 Madrid, España

b CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España

### Información sobre el artículo Resumen

Historial del artículo:  
Recibido el 23 de julio de 2012  
Aceptado el 18 de octubre de 2012  
Disponible en red xxxx

Palabras clave:  
Mortalidad por cáncer  
Tratamiento de residuos  
Incineradoras  
Vehículos para desguace  
INLA  
Modelo BYM

**Antecedentes:** Las plantas de tratamiento de residuos liberan emisiones tóxicas al medio ambiente que afectan a las ciudades de las inmediaciones.

**Objetivos:** Investigar si podría haber un exceso de mortalidad por cáncer en las ciudades españolas próximas a incineradoras e instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos peligrosos, según las diferentes categorías de actividades industriales.

**Métodos:** Se preparó un estudio ecológico para examinar la mortalidad municipal causada por 33 tipos de cáncer durante el período 1997–2006. Se calculó la exposición de la población a la contaminación en base a la distancia desde la ciudad de residencia a la fuente de contaminación. Utilizando los modelos de regresión de Besag, York y Mollié (BYM) con aproximaciones de Laplace anidadas integradas para la inferencia bayesiana y modelos combinados de regresión Poisson, evaluamos el riesgo de morir de cáncer en un área de 5 kilómetros alrededor de las instalaciones, analizamos el efecto de cada categoría de actividad industrial y realizamos análisis individuales en un radio de 50 kilómetros alrededor de cada instalación.

**Resultados:** Se detectó un exceso de mortalidad por cáncer (modelo BYM: riesgo relativo, intervalos de credibilidad y confianza del 95%) en toda la población residente en las inmediaciones a estas instalaciones en su conjunto (1,06, 1,04–1,09) y, principalmente, en la población próxima a incineradoras (1,09, 1,01–1,18) e instalaciones de manipulación de chatarra o de vehículos para desguace, en particular (1,04, 1,00–1,09). Cabe destacar especialmente los resultados relativos a tumores en la pleura (1,71, 1,34–2,14), el estómago (1,18, 1,10–1,27), el hígado (1,18, 1,06–1,30), los riñones (1,14, 1,04–1,23), los ovarios (1,14, 1,05–1,23), los pulmones (1,10, 1,05–1,15), la leucemia (1,10, 1,03–1,17), en el colon o el recto (1,08, 1,03–1,13) y en la vejiga (1,08, 1,01–1,16) obtenidos en las proximidades de dichas instalaciones.

**Conclusiones:** Nuestros resultados respaldan la hipótesis de un incremento significativo del riesgo de muerte por cáncer en las localidades próximas a incineradoras e instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos peligrosos.

© 2012 Elsevier Ltd. Todos los derechos reservados

## 1. Introducción

La generación de residuos derivada de las actividades humanas es motivo de preocupación en todo el mundo. Las incineradoras y las instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos de los municipios ayudan a abordar este problema aunque, inevitablemente, generan y liberan al medio ambiente emisiones y efluentes tóxicos, como las

Abreviaturas: CIIC, Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IPPC, por sus siglas en inglés), Vehículos para desguace (ELV, por sus siglas en inglés), Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC, por sus siglas en inglés); PRTR europeo, Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes Integrado; INE, Instituto Nacional de Estadística; PCB, bifenilo policlorado; RR, riesgos relativos; BYM,

dioxinas, sustancias carcinógenas reconocidas por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) (CIIC, 1997), que afectan a los municipios cercanos a las mismas.

Algunos estudios han asociado la exposición a las emisiones de las incineradoras con efectos adversos para la reproducción (Dummer et al., 2003), con problemas respiratorios (Miyake et al., 2005) y con el cáncer (Comba et al., 2003; Knox, 2000; Viel et al., 2008). En cuanto al tratamiento (eliminación o recuperación) de residuos peligrosos, que incluye actividades como el reciclaje de chatarra y de vehículos para desguace (ELV), el refinado de aceites usados y el tratamiento físico o químico de los

modelo propuesto por Besag, York y Mollié; INLA, aproximación de Laplace anidada integrada; HAP, hidrocarburo aromático policíclico; NHL, linfoma no Hodgkin.

Autor perteneciente al Área de Epidemiología Ambiental y Cáncer, Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Avda. Monforte de Lemos, 5, 28029 Madrid, España. Tel.: +34 918222643; fax: +34 913877815.

Direcciones de correo electrónico: jgarcia@isciii.es (J. García-Pérez), pfernandezn@isciii.es (P. Fernández-Navarro), acastello@isciii.es (A. Castelló), flcina@isciii.es (M.F. López-Cima), tramis@isciii.es (R. Ramis), eiboldo@isciii.es (E. Boldo), glabente@isciii.es (G. López-Abente).

0160-4120/\$ – véanse preliminares © 2012 Elsevier Ltd. Todos los derechos reservados.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2012.10.003>

En el caso de las fuentes de contaminación en España, las directivas de la Comisión Europea aprobadas en el año 2002 contemplaban un nuevo método para estudiar las consecuencias de la contaminación industrial, llamado Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), de conformidad con la Directiva 96/61/CE (codificada recientemente en la Directiva 2008/1/CE) y con la Ley 16/2002, que incorpora esta Directiva al sistema jurídico español y que establece que, para poder operar en España, las industrias sujetas a los instrumentos legislativos mencionados deben obtener un permiso medioambiental integrado. En 2007, en virtud de este mismo acto normativo se creaba el Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes Integrado (PRTR europeo), que obliga a declarar todas las emisiones contaminantes liberadas a la atmósfera, al agua y al suelo que superen los límites fijados, y ofrece información detallada sobre la dirección y el tipo de actividad industrial que se realiza en las instalaciones. Por lo tanto, los registros IPPC y PRTR europeo constituyen un inventario de industrias, clasificadas por situación geográfica, que tienen un impacto ambiental en Europa y resultan un recurso muy útil para la vigilancia de la contaminación industrial y, por extensión, permiten establecer una asociación entre la proximidad de estas instalaciones contaminantes a zonas residenciales y sus efectos sobre la salud, por ejemplo, sobre la incidencia del cáncer (García-Pérez et al., 2012; López-Abente et al., 2012; López-Cima et al., 2011).

En este contexto, el presente estudio tenía por objeto: 1) evaluar el posible exceso de mortalidad atribuible a 33 tipos de tumores entre la población española residente en las inmediaciones de incineradoras y plantas de tratamiento de residuos peligrosos incluidas en la Directiva IPPC y el reglamento sobre el PRTR europeo; 2) analizar este riesgo según con las diferentes categorías de actividad industrial y para cada una de las instalaciones individuales; y 3) realizar este análisis para el conjunto de la población en general y desglosada por sexo, aplicando distintos enfoques estadísticos.

## 2. Materiales y métodos

Elaboramos un estudio ecológico para evaluar la asociación entre la mortalidad por cáncer y la proximidad a incineradoras y plantas de tratamiento de residuos peligrosos de los municipios (8098 municipios españoles), durante el período 1997–2006. Realizamos análisis independientes para el conjunto de la población y para

residuos, apenas hay estudios epidemiológicos sobre los efectos que estas instalaciones tienen para la salud de la población de los municipios vecinos, aunque se sabe que emiten sustancias carcinógenas, como por ejemplo dioxinas, arsénico, benzina, cadmio y cromo (Agencia de Protección del Medio Ambiente, 2002; Landrigan et al., 1989). Por consiguiente, resultaría conveniente verificar si la proximidad de este tipo de instalaciones contaminantes, tan poco estudiadas, a zonas residenciales podría influir en la incidencia del cáncer.

cada sexo.

### 2.1. Datos sobre mortalidad

Se obtuvieron datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) sobre la mortalidad observada en los municipios durante el período estudiado y correspondientes a 33 tipos de tumores malignos (véanse datos suplementarios en la Tabla 1, donde se muestra la lista de tumores analizados y sus códigos de acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades, revisiones novena y décima). Se calcularon los casos previstos tomando como base las tasas específicas correspondientes al conjunto de la población española y desglosadas por grupos de edades (18 grupos: 0–4, ..., 80–84 años y más de 85 años), sexo y períodos de cinco años, (1997–2001, 2002–2006), y se multiplicaron los datos obtenidos por persona/años para cada municipio, desglosados por los mismos estratos. Se calcularon los datos de persona/años para cada quinquenio multiplicando las poblaciones respectivas por 5 (tomando los datos correspondientes a 1999 y 2004 como estimación del punto medio de población durante el período estudiado). Asimismo, analizamos específicamente las leucemias y el cáncer cerebral en personas de edades comprendidas entre los 15 y los 25 años, dado que estos son los tumores más frecuentes entre los adolescentes y los jóvenes según nuestros datos.

### 2.2. Datos sobre la exposición a la contaminación industrial

Se calculó la exposición de la población a la contaminación industrial tomando la distancia del centroide de la ciudad de residencia a la instalación industrial. Consultamos la base de datos industriales (industrias sujetas a la Directiva IPPC e instalaciones pertenecientes a actividades industriales no sujetas a la Directiva e incluidas en el PRTR europeo) facilitada por el Ministerio español de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en 2007. Teniendo en cuenta los períodos de inducción mínimos para los tumores objeto de estudio, generalmente 10 años para los tumores y 1 año para las leucemias (Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas, 2006), se utilizaron dos bases de datos industriales:

- a) para el estudio de las leucemias, seleccionamos las 129 instalaciones correspondientes a las categorías de la Directiva IPPC 5.1 (instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos peligrosos con una capacidad superior a las 10 toneladas por día) y 5.2 (instalaciones para la incineración de los residuos

municipales con una capacidad superior a 3 toneladas por hora), que entraron en funcionamiento antes de 2002 (un año antes de la mitad del período estudiado), denominadas “instalaciones anteriores a 2002”; y

- b) para el resto de los tumores, seleccionamos las 67 instalaciones correspondientes a las categorías 5.1 y 5.2 de la Directiva IPPC que entraron en funcionamiento antes de 1993 (10 años antes de la mitad del período de estudio), denominadas “instalaciones anteriores a 1993”.

La fecha (año) de inicio de las respectivas actividades industriales fue facilitada por las propias industrias.

Cada instalación se clasificó dentro de una de las nueve categorías de actividades industriales siguientes, atendiendo al tipo de residuos generados y al tratamiento aplicado:

1. “*Incineración*”: incineración de residuos urbanos (municipales) sólidos y especiales (9 instalaciones anteriores a 2002 y 5 anteriores a 1993);
2. “*Chatarra y vehículos para desguace*”: desguace o descontaminación de chatarra reciclada (productos de metales féreos y no féreos) y equipos eléctricos o electrónicos (32 instalaciones anteriores a 2002 y 23 anteriores a 1993);
3. “*Aceites usados y residuos aceitosos*”: tratamiento de aceites usados, contaminantes marinos aceitosos (MARPOL) y descontaminación de equipos contaminados por bifenilos policlorados (PCB) (24 instalaciones anteriores a 2002 y 8 anteriores a 1993);
4. “*Envases*”: reciclaje de envases industriales de metal y de plástico (9 instalaciones anteriores a 2002 y 5 anteriores a 1993);
5. “*Disolventes*”: recuperación de disolventes usados (7 instalaciones anteriores a 2002 y 5 anteriores a 1993);
6. “*Baños agotados*”: regeneración de baños ácidos de decapado y baños básicos y del ácido clorhídrico utilizado para el decapado de metales (7 instalaciones anteriores a 2002 y anteriores a 1993);
7. “*Tratamiento físico/químico*”: tratamiento físico o químico de residuos no incluidos en las secciones anteriores (8 instalaciones anteriores a 2002 y 4 anteriores a 1993);
8. “*Residuos industriales*”: tratamiento de residuos industriales no incluidos en las secciones anteriores, como la recuperación de residuos de la industria del hierro y del acero (15 instalaciones anteriores a 2002 y 7 anteriores a 1993); y
9. “*Residuos no especificados en otra categoría*”: tratamiento de residuos no incluidos en ninguna de las secciones anteriores, como residuos médicos o baterías de plomo, residuos fotoquímicos o textiles (18 instalaciones anteriores a 2002 y 5 anteriores a 1993). Esta categoría también incluye las instalaciones que tratan distintos tipos de residuos o que aplican distintos procesos de tratamiento.

Debido a la presencia de errores en la localización inicial de las industrias, se validaron previamente las coordenadas geográficas de las instalaciones industriales registradas en la base de datos de 2007 de los registros IPPC y PRTR europeo; cada una de las direcciones se comprobó

exhaustivamente utilizando Google Earth (con la aplicación *street-view*), el sistema español de información geográfica sobre terrenos agrícolas (que incluye ortofotografías y mapas topográficos que muestran los nombres de las industrias) (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2012), el servidor de Google Maps y la página Web de las “Páginas amarillas” (que permite buscar direcciones y empresas) y las páginas Web de las propias industrias, para verificar que la instalación industrial estaba situada exactamente en el lugar correcto. En el 25% de los casos, las coordenadas de las incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos se corrigieron en una distancia de 4471 metros o más en relación con la localización original incluida en la base de datos de los registros IPPC y PRTR europeo.

### 2.3. Análisis estadístico

Se llevaron a cabo tres tipos de análisis para evaluar el posible exceso de mortalidad por cáncer en municipios próximos (“próximos”) respecto a los situados en la lejanía (“alejados”) de incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos, denominados análisis de “municipios próximos respecto a municipios alejados”. En todos los casos se tomó una distancia de 5 km como área de proximidad (“exposición”) a las instalaciones industriales, de acuerdo con la distancia utilizada en otros estudios sobre estos tipos de instalaciones (Federico et al., 2010; Knox, 2000; Leem et al., 2006):

1. En una primera fase, hicimos un análisis de los “municipios próximos respecto a los alejados” con objeto de calcular los riesgos relativos (RR) de los municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de las incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto. La variable, “exposición”, se codificó como: a) zona expuesta o cercana (“próxima”), que comprendía los municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de una incineradora o de una instalación de tratamiento de residuos peligrosos; b) zona intermedia, que comprendía los municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de una instalación industrial distinta de las incineradoras o las instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos, y c) zona no expuesta (“alejada”), que comprendía municipios en los que no hay ninguna industria registrada (en los registros IPPC y PRTR europeo) en un radio de 5 km alrededor de su centroide municipal (grupo de referencia).
2. En un segundo análisis, decidimos estratificar el riesgo del análisis anterior según las distintas categorías de actividad industrial y, para ello, creamos una variable de “exposición” según la cual la zona expuesta se estratificó en los siguientes grupos: Grupo 1, compuesto por los municipios situados en las cercanías ( $\leq 5$  km) de una o más instalaciones pertenecientes a la categoría “Incineración”; Grupo 2, si la categoría era “Chatarra y vehículos para desguace”, y así sucesivamente, hasta llegar al Grupo 9, si la categoría era “Residuos no especificados en otra categoría”; y el Grupo 10, compuesto por los municipios situados en las inmediaciones dos o más instalaciones pertenecientes a diferentes categorías de actividad (“múltiples categorías de sustancias contaminantes”). Las zonas intermedias y no expuestas se definieron igual que en la fase anterior.
3. Por último, teniendo en cuenta que las características

suelen variar de una incineradora o una instalación de tratamiento de residuos peligrosos a otra, efectuamos varios análisis de “municipios próximos respecto a municipios alejados” para cada instalación individual, limitando el análisis a un área de 50 km alrededor de cada una de dichas instalaciones, con el fin de contar con un grupo de comparación a nivel local.

En todos los análisis anteriores empleamos dos enfoques estadísticos basados en los modelos log-lineales para calcular los RR y sus intervalos de credibilidad y confianza del 95% (95% CrIs/CIs, por sus siglas en inglés), suponiendo que el número de muertes por estrato seguía la distribución de Poisson:

- a) un modelo autorregresivo condicional bayesiano propuesto por Besag, York y Mollié (BYM) (Besag et al., 1991), con variables explicativas:

$$O_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i \mu_i); \text{ con } \mu_i \sim E_i \lambda_i$$

$$\log \lambda_i \sim \alpha \text{Expos}_i + \sum_j \beta_j \text{Soc}_{ij} + h_i + b_i + \log \delta_{\mu_i}$$

$$\log E_i \sim \alpha \text{Expos}_i + \sum_j \beta_j \text{Soc}_{ij} + h_i + b_i$$

$$\text{Soc}_{ij} \sim \psi_i + \text{ill}_i + \text{far}_i + \text{unem}_i + \text{pph}_i + \text{inc}_i$$

$i \sim 1; \dots; 8098$  municipios;  $j \sim 1; \dots; 6$  posibles variables de confusión

$$h_i \sim \text{Normal}(\delta, \tau_h)$$

$$b_i \sim \text{Car:Normal}(\eta_i, \tau_b)$$

—  
—

- b) un modelo de regresión de Poisson combinado (Gelman y Hill, 2007):

$$O_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i \mu_i); \text{ with } \mu_i \sim E_i \lambda_i$$

$$\log \lambda_i \sim \alpha \text{Expos}_i + \sum_j \beta_j \text{Soc}_{ij} + p_i$$

$$\log E_i \sim \alpha \text{Expos}_i + \sum_j \beta_j \text{Soc}_{ij} + p_i$$

$$\text{Soc}_{ij} \sim \psi_i + \text{ill}_i + \text{far}_i + \text{unem}_i + \text{pph}_i + \text{inc}_i$$

$i \sim 1; \dots; 8098$  municipios;  $j \sim 1; \dots; 6$  posibles variables de confusión

donde  $\lambda_i$  es el riesgo relativo (RR) en el municipio  $i$ , la variable dependiente es el número de muertes observadas en el municipio  $i$  para cada tipo de cáncer ( $O_i$ ) y la desviación es el número de muertes previstas en el municipio  $i$  para cada tipo de cáncer ( $E_i$ ), en ambos casos. Todas las estimaciones para la variable de “exposición” ( $\text{Expos}_i$ ) se ajustaron para los siguientes indicadores sociodemográficos estandarizados, ( $\text{Soc}_{ij}$ ), tomados como variables potenciales de confusión directamente del censo de 1991 por su disponibilidad a nivel municipal y su capacidad explicativa con respecto a determinados patrones de mortalidad geográfica (López-Abente et al., 2006): tamaño de la población ( $\psi_i$ ) (clasificada en tres niveles: 0–2000, 2000–10.000 y  $\geq 10.000$  habitantes); porcentaje de analfabetismo ( $\text{ill}_i$ ), agricultores ( $\text{far}_i$ ) y desempleados ( $\text{unem}_i$ ); promedio de personas por familia ( $\text{pph}_i$ ); y renta media ( $\text{inc}_i$ ) según el Anuario de Marketing español, como medida del nivel de renta (Ayuso Orejana et

al., 1993). Sus patrones geográficos muestran el desarrollo económico, demográfico y social de España, apreciándose cierta correspondencia espacial entre analfabetismo, desempleo y zonas de población más jóvenes. La variable de “exposición” y las covariantes potenciales de confusión eran las expresiones de los efectos fijos en los modelos.

Para poder evaluar el problema de la autocorrelación espacial (presencia de patrones geográficos en los datos espaciales contiguos) se aplicó la estadística I de Moran a los cocientes de mortalidad estandarizados (Bivand et al., 2008). El modelo autorregresivo bayesiano BYM aborda este problema mediante la inclusión de dos componentes de efectos aleatorios, a saber, una expresión espacial con los factores de contigüidad de los municipios ( $b_i$ ); y una expresión de heterogeneidad municipal ( $h_i$ ). Como herramienta se utilizaron aproximaciones de Laplace anidadas integradas (INLA) (Rue et al., 2009) para obtener la inferencia bayesiana. Para este fin, utilizamos R-INLA (The R-INLA project, 2012) con la opción de estimación de Laplace simplificada de los parámetros. Se incluyeron un total de 8.098 municipios y se obtuvieron los datos espaciales sobre los municipios contiguos mediante el procesamiento de los mapas oficiales del INE.

Además, el modelo de regresión de Poisson combinado incluye la provincia como expresión de los efectos aleatorios ( $p_i$ ), para poder tener en cuenta la variabilidad geográfica y la dispersión extra-Poisson y considerar los municipios no expuestos pertenecientes a la misma provincia como grupo de referencia en cada caso, algo que se justifica por las diferencias geográficas observadas en la mortalidad atribuible a algunos tumores (López-Abente et al., 2006).

Por último, se llevó a cabo un análisis residual (basado en las desviaciones residuales) para someter a prueba los modelos.

### 3. Resultados

La Fig. 1 representa la distribución geográfica de las 129 instalaciones estudiadas según las diferentes categorías de actividades industriales, junto con sus códigos PRTR y el año de inicio de las operaciones. Véanse los datos suplementarios, Tabla 2, donde se ofrece una descripción detallada del tipo de actividad que se realiza en cada instalación y las sustancias contaminantes emitidas durante la década precedente. En total, las 129 instalaciones emitieron 525.428 toneladas de sustancias tóxicas a la atmósfera y 4.984 toneladas al agua en el año 2007, incluidas sustancias carcinógenas como el arsénico (32 kg a la atmósfera y 33 kg al agua), el cromo (81 kg a la atmósfera y 80 kg al agua) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (48 kg a la atmósfera y 126 kg al agua). Información más detallada sobre el volumen de las emisiones se ofrece en los datos suplementarios, en las Tablas 3 y 4, donde se muestran los tipos de sustancias emitidos por estas instalaciones a la atmósfera y al agua respectivamente y el volumen de las mismas.



Fig. 1. Distribución geográfica de las incineradoras y las instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en España.

En la Tabla 1 se muestran los riesgos relativos (RR) y los intervalos de credibilidad y confianza del 95% de los cánceres estadísticamente significativos en los municipios situados a  $\leq 5$  km de distancia de incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos, calculados utilizando modelos de regresión combinados de BYM y de Poisson y el test I de Moran para la autocorrelación espacial. En general, en ambos sexos se observó un exceso de mortalidad por cáncer y los dos modelos mostraban RR idénticos, que eran más elevados en los hombres (RR = 1,08) que en las mujeres (RR = 1,03). En el caso de tumores específicos, las estimaciones de ambos modelos eran bastante similares en general (ligeramente más elevadas y significativas en el modelo combinado en el caso de tumores de la cavidad oral y la faringe, el esófago y el linfoma no Hodgkin (NHL) y algo más elevadas en el modelo BYM en el caso del cáncer renal). Algunos tipos de cáncer –por ejemplo, todos los cánceres combinados (en hombres y mujeres) o los tumores malignos en el estómago (en hombres y mujeres) y en el pulmón, la vejiga, la cavidad oral y la faringe, en el colon o el recto y en el hígado (en los hombres)– mostraban una autocorrelación espacial estadísticamente significativa, por lo que se consideró oportuno utilizar el modelo BYM a fin de tener en cuenta esta autocorrelación espacial. Con este modelo como base aparecieron RR estadísticamente significativos para los tumores en el estómago, el hígado, la pleura y el riñón (en hombres y mujeres), en el colon o el recto, en el pulmón, la vejiga, la vesícula y la leucemia (en los hombres) y en el cerebro y

los ovarios (en las mujeres). En estos resultados debe tenerse en cuenta el exceso de riesgo de cáncer de pleura (RR = 1,84 en los hombres y RR = 1,52 en las mujeres). En lo que respecta a las leucemias y el cáncer cerebral en los grupos menores de 15 años y menores de 25 años, no se observó un exceso de riesgo estadísticamente significativo (véanse los datos suplementarios, Tabla 5, donde se muestran los RR de morir de leucemia y de cáncer cerebral entre los grupos menores de 15 años y menores de 25 años en municipios situados a  $\leq 5$  km de distancia de incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos, calculados a partir de modelos BYM).

Los análisis de la Tabla anterior, incluyendo los dos modelos de regresión y el test de autocorrelación espacial, se realizaron por separado para cada uno de los tumores (véanse los datos suplementarios, Tablas 6 y 7, donde se muestra el RR de muerte por cáncer en los municipios situados a  $\leq 5$  km de distancia de incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto –calculado utilizando los modelos BYM– y los valores p del test I de Moran para los análisis de autocorrelación espacial respectivamente). En el análisis residual del modelo BYM para todos los tumores estudiados, los gráficos de las desviaciones residuales en relación con la distancia a la instalación más próxima mostraban un patrón de dispersión aparentemente aleatorio, coherente con un modelo bien adaptado (véanse los datos suplementarios, Fig. 1).

**Tabla 1**

Riesgo relativo de morir por cáncer con resultados significativos en municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de las incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto, calculado utilizando los modelos BYM y de regresión combinado de Poisson y el test I de Moran de autocorrelación espacial. Los resultados significativos se destacan en negrita.

	T <sup>a</sup>	Obs <sup>b</sup>	Exp <sup>c</sup>	Modelo BYM		Modelo combinado		Test I de Moran
				RR <sup>d</sup>	95%CrI <sup>e</sup>	RR <sup>d</sup>	95%CI <sup>f</sup>	Valor p
<b>Todos los cánceres <sup>g</sup></b>								
Total	163	91,708	85,109.6	1.06	1.04–1.09	1.06	1.05–1.07	0.0001
Hombres	163	58,275	53,071.8	1.08	1.05–1.11	1.08	1.07–1.10	0.0001
Mujeres	163	33,433	32,037.8	1.03	1.01–1.06	1.03	1.01–1.04	0.0006
<b>Cáncer oral y de faringe</b>								
Total	163	2482	2178.7	1.04	0.95–1.14	1.11	1.05–1.19	0.0039
Hombres	163	2056	1804.5	1.03	0.94–1.13	1.11	1.04–1.19	0.0031
Mujeres	163	426	374.2	1.09	0.94–1.26	1.07	0.93–1.24	0.4660
<b>Cáncer de esófago</b>								
Total	163	1960	1733.3	0.99	0.90–1.09	1.07	1.00–1.15	0.0725
Hombres	163	1710	1504.0	1.01	0.91–1.11	1.08	1.00–1.16	0.0979
Mujeres	163	250	229.4	0.92	0.74–1.13	1.02	0.84–1.24	0.7441
<b>Cáncer de estómago</b>								
Total	163	6123	5646.0	1.18	1.10–1.27	1.07	1.03–1.11	0.0001
Hombres	163	3822	3461.8	1.18	1.09–1.28	1.09	1.04–1.15	0.0073
Mujeres	163	2301	2184.3	1.16	1.06–1.27	1.04	0.98–1.11	0.0049
<b>Cáncer de colon o recto</b>								
Total	163	12,265	11367.2	1.08	1.03–1.13	1.06	1.03–1.09	0.0004
Hombres	163	7084	6343.6	1.12	1.06–1.18	1.08	1.04–1.12	0.0131
Mujeres	163	5181	5023.6	1.04	0.98–1.10	1.03	0.99–1.08	0.6319
<b>Cáncer de hígado</b>								
Total	163	2929	2310.4	1.18	1.06–1.30	1.23	1.15–1.31	0.0012
Hombres	163	2075	1678.6	1.17	1.05–1.30	1.22	1.13–1.31	0.0014
Mujeres	163	854	631.8	1.20	1.02–1.40	1.24	1.10–1.40	0.8100
<b>Cáncer de vesícula</b>								
Total	163	1339	1262.6	1.10	0.99–1.21	1.10	1.01–1.19	0.2574
Hombres	163	511	432.5	1.26	1.08–1.45	1.23	1.07–1.41	0.5436
Mujeres	163	828	830.1	1.02	0.90–1.15	1.04	0.94–1.15	0.6723
<b>Cáncer de pulmón</b>								
Total	163	19,214	17,394.4	1.10	1.05–1.15	1.10	1.07–1.12	0.0001
Hombres	163	17,156	15,336.5	1.12	1.06–1.18	1.12	1.10–1.15	0.0001
Mujeres	163	2058	2057.8	0.92	0.84–1.00	0.91	0.85–0.97	0.9473
<b>Cáncer de pleura</b>								
Total	163	394	206.8	1.71	1.34–2.14	1.74	1.44–2.11	0.1093
Hombres	163	284	147.0	1.84	1.39–2.40	1.86	1.48–2.34	0.0688
Mujeres	163	110	59.7	1.52	1.04–2.14	1.51	1.07–2.14	0.8281
<b>Cáncer de piel</b>								
Total	163	354	424.0	1.11	0.93–1.31	1.10	0.94–1.27	0.3792
Hombres	163	209	226.5	1.23	0.99–1.50	1.26	1.03–1.53	0.4815
Mujeres	163	145	197.5	0.97	0.75–1.23	0.88	0.70–1.10	0.2312
<b>Cáncer de ovarios</b>								
Mujeres	163	1852	1770.0	1.14	1.05–1.23	1.12	1.05–1.21	0.8134
<b>Cáncer de vejiga</b>								
Total	163	4131	3809.9	1.08	1.01–1.16	1.07	1.02–1.12	0.0140
Hombres	163	3419	3138.4	1.10	1.02–1.18	1.09	1.03–1.14	0.0092
Mujeres	163	712	671.5	1.02	0.91–1.15	1.02	0.91–1.13	0.7499
<b>Cáncer de riñón</b>								
Total	163	1918	1651.3	1.14	1.04–1.23	1.07	1.00–1.15	0.6497
Hombres	163	1268	1094.0	1.12	1.02–1.24	1.07	0.98–1.17	0.4631
Mujeres	163	650	557.4	1.16	1.02–1.31	1.11	0.99–1.26	0.9937
<b>Cáncer de cerebro</b>								
Total	163	2380	2245.9	1.04	0.97–1.12	1.03	0.97–1.10	0.9354
Hombres	163	1285	1248.8	1.00	0.91–1.09	1.00	0.92–1.08	0.1687
Mujeres	163	1095	997.0	1.11	1.00–1.22	1.10	1.00–1.20	0.2573
<b>Linfoma no Hodgkin</b>								
Total	163	2396	2240.2	1.02	0.94–1.11	1.09	1.02–1.16	0.3802
Hombres	163	1274	1171.1	1.07	0.97–1.19	1.12	1.03–1.22	0.7342
Mujeres	163	1122	1069.1	0.96	0.87–1.07	1.03	0.94–1.13	0.1000
<b>Leucemia</b>								
Total	237	5378	4947.1	1.10	1.03–1.17	1.06	1.01–1.11	0.6310
Hombres	237	2956	2713.8	1.12	1.04–1.21	1.09	1.02–1.16	0.1279
Mujeres	237	2422	2233.4	1.07	0.98–1.17	1.04	0.97–1.20	0.2602

a Número de municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de las incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto.

b Muertes observadas.

c Muertes previstas.

d RR ajustados al tamaño de la población, porcentaje de analfabetismo, agricultores y desempleados, promedio de personas por familia y renta media.

e Intervalo de credibilidad del 95%.

f Intervalo de confianza del 95%.

g Suma de los 33 tipos de cáncer analizados.

**Tabla 2**

Riesgo relativo de morir por cáncer con resultados significativos en municipios situados a una distancia de 5 km o inferior de las incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto, calculado utilizando los modelos BYM y desglosado por categoría de actividad industrial. Los resultados significativos se destacan en negrita.

	T <sup>a</sup>	Total			Hombres			Mujeres		
		Obs <sup>b</sup>	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>	Obs	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>	Obs	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>
<b>Todos los cánceres <sup>e</sup></b>										
Incineración	12	13,051	1.09	1.01–1.18	8385	1.09	0.99–1.19	4666	1.06	0.98–1.14
Chatarra+vehículos desguace	52	11,981	1.04	1.00–1.09	7668	1.06	1.00–1.12	4313	1.03	0.98–1.08
Aceites usados+residuos aceitosos	7	8277	1.08	0.99–1.18	5214	1.09	0.99–1.21	3063	1.07	0.98–1.16
Envases	2	2471	1.09	0.97–1.22	1591	1.13	0.98–1.29	880	1.02	0.91–1.14
Disolventes	6	1108	0.97	0.87–1.08	693	0.98	0.87–1.11	415	0.95	0.84–1.08
Baños agotados	15	12412	1.06	0.98–1.14	7833	1.09	1.00–1.18	4579	1.03	0.95–1.11
Tratamiento físico/químico	5	369	1.11	0.97–1.26	230	1.08	0.92–1.27	139	1.15	0.95–1.37
Residuos industriales	7	8261	1.07	0.98–1.17	5166	1.09	0.99–1.21	3095	1.01	0.92–1.11
Otros residuos no especificados	1	144	0.98	0.74–1.26	93	0.99	0.71–1.33	51	0.98	0.70–1.31
Múltiples categorías contaminantes	56	33,634	1.08	1.04–1.13	21402	1.10	1.05–1.15	12232	1.04	1.00–1.09
<b>Cáncer de estómago</b>										
Incineración	12	801	1.21	0.98–1.47	492	1.11	0.89–1.36	309	1.38	1.09–1.72
Chatarra+vehículos desguace	52	794	1.14	1.00–1.29	508	1.17	1.01–1.34	286	1.11	0.94–1.31
Aceites usados+residuos aceitosos	7	522	1.22	0.97–1.51	326	1.30	1.01–1.64	196	1.10	0.83–1.42
Envases	2	193	1.38	1.02–1.82	134	1.53	1.20–2.04	59	1.08	0.76–1.49
Disolventes	6	76	1.10	0.79–1.47	50	1.15	0.79–1.60	26	1.01	0.63–1.50
Baños agotados	15	842	1.23	1.00–1.48	523	1.20	0.97–1.48	319	1.20	0.96–1.49
Tratamiento físico/químico	5	17	0.90	0.50–1.41	15	1.24	0.67–1.99	2	0.35	0.06–0.94
Residuos industriales	7	700	1.33	1.05–1.67	407	1.22	0.94–1.55	293	1.33	1.03–1.68
Otros residuos no especificados	1	10	1.25	0.52–2.41	7	1.47	0.53–3.01	3	1.01	0.22–2.51
Múltiples categorías contaminantes	56	2168	1.17	1.05–1.29	1360	1.14	1.01–1.28	808	1.17	1.03–1.33
<b>Cáncer colorrectal</b>										
Incineración	12	1645	1.07	0.95–1.20	933	1.08	0.94–1.24	712	1.04	0.91–1.18
Chatarra+vehículos desguace	52	1583	1.05	0.97–1.14	894	1.09	0.98–1.19	689	1.04	0.93–1.14
Aceites usados+residuos aceitosos	7	1072	1.09	0.95–1.25	576	1.09	0.92–1.27	496	1.12	0.95–1.31
Envases	2	347	1.16	0.97–1.37	215	1.29	1.05–1.55	132	0.99	0.79–1.22
Disolventes	6	148	1.05	0.85–1.27	85	1.10	0.85–1.39	63	0.99	0.74–1.28
Baños agotados	15	1763	1.11	0.99–1.25	1045	1.20	1.05–1.37	718	1.04	0.90–1.20
Tratamiento físico/químico	5	43	1.03	0.73–1.37	20	0.84	0.51–1.26	23	1.31	0.82–1.91
Residuos industriales	7	1201	1.11	0.96–1.28	710	1.15	0.97–1.34	491	1.05	0.88–1.23
Otros residuos no especificados	1	15	0.90	0.48–1.49	9	0.93	0.41–1.69	6	0.92	0.34–1.81
Múltiples categorías contaminantes	56	4448	1.09	1.02–1.16	2597	1.13	1.04–1.21	1851	1.03	0.95–1.12
<b>Cáncer de hígado</b>										
Incineración	12	521	1.26	0.96–1.63	375	1.28	0.97–1.66	146	1.28	0.87–1.81
Chatarra+vehículos desguace	52	364	1.08	0.90–1.29	273	1.13	0.92–1.36	91	0.97	0.71–1.29
Aceites usados+residuos aceitosos	7	290	1.19	0.85–1.60	181	1.14	0.80–1.56	109	1.43	0.88–2.18
Envases	2	80	1.24	0.83–1.78	59	1.28	0.85–1.85	21	1.14	0.60–1.93
Disolventes	6	43	1.17	0.76–1.70	30	1.19	0.74–1.79	13	1.37	0.66–2.42
Baños agotados	15	326	1.43	1.09–1.83	240	1.30	0.98–1.68	86	1.55	1.01–2.25
Tratamiento físico/químico	5	11	1.52	0.72–2.65	8	1.51	0.64–2.81	3	1.75	0.40–4.25
Residuos industriales	7	186	1.03	0.73–1.39	133	1.00	0.70–1.37	53	1.14	0.66–1.79
Otros residuos no especificados	1	3	1.84	0.37–4.84	2	1.61	0.23–4.68	1	3.71	0.22–13.91
Múltiples categorías contaminantes	56	1105	1.18	1.02–1.36	774	1.18	1.01–1.37	331	1.20	0.96–1.49
<b>Cáncer de vesícula</b>										
Incineración	12	201	1.24	0.98–1.55	81	1.43	1.04–1.92	120	1.11	0.83–1.44
Chatarra+vehículos desguace	52	172	1.10	0.90–1.32	65	1.24	0.91–1.62	107	1.04	0.81–1.30
Aceites usados+residuos aceitosos	7	116	1.04	0.77–1.36	43	1.23	0.79–1.78	73	1.01	0.71–1.39
Envases	2	33	1.01	0.66–1.46	12	1.09	0.54–1.87	21	1.01	0.59–1.55
Disolventes	6	17	1.22	0.69–1.92	6	1.31	0.49–2.57	11	1.21	0.59–2.07
Baños agotados	15	177	1.07	0.83–1.35	64	1.25	0.85–1.76	113	0.97	0.71–1.29
Tratamiento físico/químico	5	7	1.75	0.71–3.28	4	2.90	0.85–6.33	3	1.27	0.30–3.02
Residuos industriales	7	104	0.94	0.69–1.23	44	1.23	0.78–1.80	60	0.84	0.57–1.17
Otros residuos no especificados	1	3	2.08	0.47–5.13	1	2.60	0.17–9.31	2	2.24	0.35–6.31
Múltiples categorías contaminantes	56	509	1.13	0.98–1.29	191	1.25	1.01–1.53	318	1.06	0.89–1.25
<b>Cáncer de pulmón</b>										
Incineración	12	2960	1.17	1.01–1.34	2682	1.19	1.01–1.38	278	0.94	0.75–1.16
Chatarra+vehículos desguace	52	2496	1.05	0.96–1.14	2255	1.07	0.98–1.17	241	0.88	0.74–1.05
Aceites usados+residuos aceitosos	7	1772	1.13	0.97–1.31	1618	1.15	0.98–1.35	154	0.90	0.67–1.17
Envases	2	474	1.03	0.85–1.24	414	1.05	0.85–1.28	60	0.96	0.67–1.32
Disolventes	6	229	0.94	0.77–1.14	204	0.96	0.77–1.18	25	0.80	0.49–1.19
Baños agotados	15	2485	1.12	0.99–1.27	2132	1.13	0.99–1.29	353	1.07	0.84–1.33
Tratamiento físico/químico	5	82	1.24	0.94–1.58	69	1.18	0.88–1.54	13	1.72	0.89–2.82
Residuos industriales	7	1570	1.09	0.94–1.26	1388	1.13	0.96–1.32	182	0.82	0.62–1.07
Otros residuos no especificados	1	35	1.20	0.71–1.88	31	1.21	0.69–1.95	4	1.29	0.36–2.95
Múltiples categorías contaminantes	56	7111	1.14	1.06–1.22	6363	1.17	1.08–1.26	748	0.91	0.80–1.03
<b>Cáncer de pleura</b>										
Incineración	12	55	1.55	0.94–2.39	42	1.98	1.09–3.29	13	1.16	0.52–2.15
Chatarra+vehículos desguace	52	38	1.37	0.87–2.01	22	1.13	0.63–1.83	16	1.93	0.99–3.27
Aceites usados+residuos aceitosos	7	49	3.45	1.97–5.54	43	4.85	2.50–8.34	6	1.25	0.41–2.71
Envases	2	9	1.64	0.66–3.19	7	1.88	0.65–3.98	2	1.44	0.22–4.04
Disolventes	6	2	0.93	0.15–2.57	1	0.74	0.05–2.64	1	2.28	0.15–8.12
Baños agotados	15	43	1.50	0.86–2.41	35	1.87	0.98–3.18	8	0.93	0.35–1.88

Tabla 2 (continuación)

	n <sup>a</sup>	Total			Hombres			Mujeres		
		Obs <sup>b</sup>	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>	Obs	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>	Obs	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>
Cáncer de pleura										
Tratamiento físico/químico	5	1	1.78	0.12–6.32	0	0	0-inf	1	7.11	0.46–25.47
Residuos industriales	7	30	1.78	0.95–2.98	20	1.82	0.83–3.35	10	1.85	0.77–3.56
Otros residuos no especificados	1	0	0	0-inf	0	0	0-inf	0	0	0-inf
Múltiples categorías contaminantes	56	167	1.79	1.31–2.36	114	1.90	1.32–2.64	53	1.83	1.13–2.76
Cáncer del tejido conjuntivo y otros tejidos blandos										
Incineración	12	57	1.04	0.74–1.41	24	0.85	0.53–1.26	33	1.29	0.81–1.92
Chatarra+vehículos desguace	52	58	1.10	0.81–1.45	30	1.13	0.74–1.60	28	1.12	0.71–1.63
Aceites usados+residuos aceitosos	7	52	1.48	1.01–2.06	22	1.32	0.80–1.99	30	1.47	0.85–2.28
Envases	2	13	1.18	0.61–1.94	9	1.59	0.72–2.81	4	0.82	0.24–1.81
Disolventes	6	2	0.40	0.07–1.08	1	0.46	0.03–1.61	1	0.52	0.04–1.83
Baños agotados	15	53	1.11	0.77–1.54	27	1.15	0.72–1.70	26	1.04	0.61–1.62
Tratamiento físico/químico	5	0	0	0-inf	0	0	0-inf	0	0	0-inf
Residuos industriales	7	41	1.03	0.69–1.46	23	1.23	0.74–1.86	18	0.97	0.53–1.57
Otros residuos no especificados	1	1	1.94	0.13–6.89	0	0	0-inf	1	4.38	0.28–15.77
Múltiples categorías contaminantes	56	156	1.06	0.85–1.29	84	1.13	0.86–1.44	72	1.00	0.73–1.32
Cáncer de piel										
Incineración	12	39	1.12	0.71–1.66	22	1.07	0.61–1.69	17	1.15	0.58–1.99
Chatarra+vehículos desguace	52	35	0.92	0.61–1.30	18	0.86	0.49–1.33	17	0.99	0.55–1.59
Aceites usados+residuos aceitosos	7	54	1.50	0.95–2.22	38	2.14	1.31–3.22	16	1.06	0.50–1.88
Envases	2	9	1.05	0.45–1.96	8	1.70	0.71–3.18	1	0.36	0.02–1.29
Disolventes	6	10	2.34	1.06–4.20	7	3.30	1.30–6.34	3	1.49	0.33–3.70
Baños agotados	15	47	1.04	0.65–1.55	25	1.12	0.65–1.77	22	0.96	0.48–1.66
Tratamiento físico/químico	5	0	0	0-inf	0	0	0-inf	0	0	0-inf
Residuos industriales	7	41	1.00	0.60–1.55	28	1.40	0.82–2.19	13	0.68	0.29–1.29
Otros residuos no especificados	1	1	1.76	0.11–6.44	0	0	0-inf	1	3.75	0.21–14.19
Múltiples categorías contaminantes	56	116	1.14	0.88–1.46	62	1.07	0.77–1.45	54	1.14	0.77–1.60
Cáncer de vulva y de vagina										
Incineración	12							42	1.01	0.70–1.40
Chatarra+vehículos desguace	52							40	1.03	0.72–1.41
Aceites usados+residuos aceitosos	7							47	1.85	1.28–2.56
Envases	2							6	0.81	0.30–1.59
Disolventes	6							6	1.68	0.63–3.27
Baños agotados	15							37	0.89	0.58–1.29
Tratamiento físico/químico	5							1	1.33	0.09–4.65
Residuos industriales	7							41	1.55	1.02–2.24
Otros residuos no especificados	1							0	0	0-inf
Múltiples categorías contaminantes	56							96	0.89	0.69–1.12
Cáncer de ovario										
Incineración	12							251	1.13	0.95–1.34
Chatarra+vehículos desguace	52							228	1.08	0.92–1.25
Aceites usados+residuos aceitosos	7							151	1.08	0.87–1.33
Envases	2							59	1.34	0.99–1.75
Disolventes	6							23	1.07	0.67–1.56
Baños agotados	15							281	1.29	1.07–1.53
Tratamiento físico/químico	5							8	1.32	0.58–2.37
Residuos industriales	7							158	1.08	0.86–1.33
Otros residuos no especificados	1							2	0.94	0.16–2.56
Múltiples categorías contaminantes	56							691	1.15	1.03–1.27
Cáncer de vejiga										
Incineración	12	567	1.13	0.95–1.34	474	1.13	0.94–1.36	93	0.98	0.75–1.24
Chatarra+vehículos desguace	52	573	1.11	0.98–1.25	483	1.16	1.02–1.32	90	0.99	0.77–1.24
Aceites usados+residuos aceitosos	7	413	1.09	0.88–1.33	348	1.11	0.88–1.38	65	1.11	0.80–1.48
Envases	2	128	1.27	0.98–1.62	102	1.24	0.93–1.61	26	1.43	0.90–2.09
Disolventes	6	46	0.98	0.69–1.33	36	0.95	0.64–1.33	10	1.26	0.60–2.16
Baños agotados	15	528	1.01	0.84–1.20	431	1.02	0.84–1.23	97	0.99	0.74–1.28
Tratamiento físico/químico	5	15	1.09	0.60–1.72	13	1.16	0.61–1.89	2	1.03	0.17–2.78
Residuos industriales	7	363	1.05	0.84–1.28	302	1.04	0.82–1.30	61	1.00	0.71–1.35
Otros residuos no especificados	1	5	0.87	0.28–1.84	3	0.66	0.15–1.60	2	2.46	0.40–6.73
Múltiples categorías contaminantes	56	1493	1.09	0.99–1.20	1227	1.09	0.98–1.21	266	1.02	0.86–1.19
Cáncer de riñón										
Incineración	12	240	1.08	0.88–1.30	150	1.04	0.83–1.28	90	1.18	0.88–1.53
Chatarra+vehículos desguace	52	290	1.36	1.17–1.58	198	1.39	1.16–1.64	92	1.33	1.03–1.67
Aceites usados+residuos aceitosos	7	151	1.14	0.90–1.44	99	1.10	0.83–1.42	52	1.17	0.81–1.63
Envases	2	55	1.24	0.90–1.67	36	1.19	0.80–1.66	19	1.32	0.77–2.03
Disolventes	6	21	0.98	0.59–1.46	12	0.84	0.43–1.39	9	1.33	0.61–2.35
Baños agotados	15	284	1.06	0.86–1.27	189	1.04	0.83–1.28	95	1.16	0.86–1.52
Tratamiento físico/químico	5	14	2.25	1.22–3.61	10	2.43	1.16–4.17	4	2.15	0.64–4.66
Residuos industriales	7	165	0.95	0.75–1.19	107	0.95	0.73–1.22	58	1.03	0.72–1.39
Otros residuos no especificados	1	3	1.16	0.27–2.80	3	1.77	0.41–4.26	0	0	0-inf
Múltiples categorías contaminantes	56	695	1.11	0.99–1.25	464	1.11	0.97–1.26	231	1.12	0.93–1.33
Cáncer de cerebro										
Incineración	12	322	0.99	0.84–1.16	178	0.97	0.79–1.18	144	1.03	0.82–1.27
Chatarra+vehículos desguace	52	288	1.00	0.86–1.15	160	0.96	0.80–1.14	128	1.04	0.85–1.26



Tabla 2 (continuación)

	n <sup>a</sup>	Total			Hombres			Mujeres		
		Obs <sup>b</sup>	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>	Obs	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>	Obs	RR <sup>c</sup>	95%CrI <sup>d</sup>
<b>Cáncer de cerebro</b>										
Aceites usados+residuos aceitosos	7	193	1.00	0.80–1.22	90	0.85	0.65–1.09	103	1.24	0.94–1.59
Envases	2	82	1.31	0.99–1.68	51	1.41	1.01–1.90	31	1.18	0.77–1.68
Disolventes	6	35	1.07	0.73–1.48	22	1.14	0.70–1.69	13	0.98	0.52–1.59
Baños agotados	15	300	0.99	0.82–1.19	153	0.94	0.75–1.17	147	1.07	0.84–1.35
Tratamiento físico/químico	5	7	0.75	0.31–1.39	6	1.11	0.42–2.15	1	0.37	0.03–1.30
Residuos industriales	7	233	1.12	0.90–1.37	132	1.11	0.86–1.41	101	1.15	0.87–1.48
Otros residuos no especificados	1	9	1.99	0.88–3.60	3	1.32	0.31–3.17	6	3.29	1.20–6.56
Múltiples categorías contaminantes	56	911	1.06	0.96–1.17	490	1.01	0.89–1.14	421	1.14	0.99–1.30
<b>Cáncer de tiroides</b>										
Incineración	12	31	0.93	0.59–1.36	7	0.63	0.25–1.20	24	1.09	0.64–1.69
Chatarra+vehículos desguace	52	52	1.63	1.16–2.20	22	1.97	1.17–3.00	30	1.42	0.91–2.06
Aceites usados+residuos aceitosos	7	20	1.05	0.59–1.66	6	0.89	0.33–1.77	14	1.13	0.57–1.93
Envases	2	10	1.51	0.70–2.66	3	1.37	0.32–3.29	7	1.66	0.65–3.18
Disolventes	6	5	1.68	0.57–3.45	1	1.20	0.08–4.22	4	2.16	0.63–4.75
Baños agotados	15	39	1.14	0.73–1.66	14	1.31	0.67–2.22	25	1.14	0.66–1.79
Tratamiento físico/químico	5	2	2.42	0.40–6.57	0	0.00	0-inf	2	3.82	0.62–10.43
Residuos industriales	7	25	1.09	0.65–1.68	8	1.08	0.45–2.03	17	1.08	0.57–1.78
Otros residuos no especificados	1	0	0	0-inf	0	0.00	0-inf	0	0	0-inf
Múltiples categorías contaminantes	56	98	1.06	0.81–1.35	30	0.94	0.59–1.37	68	1.12	0.81–1.49
<b>Linfoma de Hodgkin</b>										
Incineración	12	32	0.87	0.56–1.26	18	0.90	0.51–1.41	14	0.95	0.49–1.56
Chatarra+vehículos desguace	52	45	1.41	0.99–1.91	27	1.52	0.97–2.21	18	1.38	0.79–2.15
Aceites usados+residuos aceitosos	7	15	0.81	0.43–1.32	9	0.89	0.40–1.59	6	0.74	0.27–1.46
Envases	2	4	0.63	0.19–1.38	3	0.87	0.21–2.06	1	0.53	0.04–1.84
Disolventes	6	4	1.14	0.34–2.48	3	1.50	0.36–3.58	1	0.98	0.07–3.43
Baños agotados	15	25	0.93	0.56–1.42	11	0.72	0.35–1.25	14	1.12	0.58–1.90
Tratamiento físico/químico	5	3	3.39	0.81–8.05	3	5.64	1.34–13.43	0	0	0-inf
Residuos industriales	7	16	0.78	0.42–1.26	10	0.89	0.41–1.58	6	0.71	0.26–1.41
Otros residuos no especificados	1	1	3.46	12.26	1	5.95	21.08	0	0	0-inf
Múltiples categorías contaminantes	56	93	1.04	0.79–1.32	48	0.96	0.67–1.30	45	1.21	0.83–1.68
<b>Leucemia</b>										
Incineración	16	416	1.05	0.97–1.13	245	1.08	0.98–1.18	171	1.03	0.93–1.13
Chatarra+vehículos desguace	56	430	1.14	1.01–1.28	227	1.09	0.93–1.26	203	1.23	1.04–1.43
Aceites usados+residuos aceitosos	24	387	1.08	0.90–1.28	216	1.14	0.91–1.39	171	1.03	0.80–1.28
Envases	9	135	1.15	0.89–1.44	79	1.11	0.80–1.48	56	1.21	0.85–1.64
Disolventes	4	33	1.29	0.94–1.70	16	1.28	0.83–1.82	17	1.35	0.85–1.98
Baños agotados	14	195	1.01	0.85–1.18	112	1.12	0.92–1.35	83	0.86	0.68–1.06
Tratamiento físico/químico	8	1573	1.33	0.74–2.08	840	0.97	0.37–1.87	733	1.95	0.90–3.39
Residuos industriales	13	354	1.01	0.84–1.21	188	1.04	0.83–1.28	166	0.99	0.77–1.24
Otros residuos no especificados	11	22	1.03	0.30–2.25	12	1.40	0.33–3.34	10	0.79	0.06–2.77
Múltiples categorías contaminantes	82	1833	1.13	1.04–1.23	1021	1.14	1.02–1.26	812	1.12	0.99–1.26

a Número de municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de las incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto.

b Muertes observadas.

c RR ajustados al tamaño de la población, porcentaje de analfabetismo, agricultores y desempleados, promedio de personas por familia y renta media.

d Intervalo de credibilidad del 95%.

e Suma de los 33 tipos de cáncer analizados.

En la Tabla 2 se muestran los RR y los intervalos de credibilidad y confianza del 95% calculados con modelos BYM para cánceres que dieron unos resultados estadísticamente significativos en el análisis del riesgo estratificado por categoría de actividad industrial. En todos los cánceres combinados se observó un exceso de riesgo estadísticamente significativo asociado a varias categorías de sustancias contaminantes (en hombres y mujeres), incineradoras e instalaciones para el reciclaje de chatarra y vehículos para desguace (población total) e instalaciones para la regeneración de baños agotados (en hombres), aunque en ningún caso superaron el 10%. En cuanto al resto de los tumores, cabe señalar el exceso de riesgos significativos observados para los siguientes tipos de cáncer (hemos destacado los RR estadísticamente significativos más elevados para cada tumor): cánceres de estómago y colorrectal en hombres que residen cerca de industrias de reciclaje de envases (RR = 1,53 y 1,29 respectivamente); cánceres de hígado y ovarios en mujeres

que residen en los alrededores de instalaciones para la regeneración de baños agotados (RR = 1,55 y 1,29 respectivamente); cánceres de vesícula, pulmón y pleura en hombres que residen cerca de incineradoras (RR = 1,43, 1,19 y 1,98 respectivamente); cáncer de piel en hombres que residen cerca de instalaciones de tratamiento de disolventes (RR = 3,30); linfoma de Hodgkin y cáncer de riñón en hombres que residen en los alrededores de instalaciones de tratamiento físico/químico (RR = 5,64 y 2,43 respectivamente); cáncer de vejiga y tiroides en hombres y leucemia en mujeres que residen cerca de instalaciones de reciclaje de chatarra y vehículos para desguace (RR = 1,16, 1,97 y 1,23 respectivamente); cáncer cerebral en mujeres que residen en las cercanías de otras instalaciones de tratamiento de residuos (RR = 3,29); y cánceres de pleura en los hombres, vulva y vagina en las mujeres, y del tejido conjuntivo en la población total (RR = 4,85, 1,85 y 1,48 respectivamente),

en zonas situadas en torno a instalaciones de tratamiento de aceites usados y residuos aceitosos. Si analizamos los resultados de la estratificación del riesgo por categoría de actividad industrial, vemos que se encontraron las siguientes asociaciones entre tumores malignos y la proximidad a zonas residenciales de determinados tipos de instalaciones: a) “Incineradoras” y tumores en el pulmón, la pleura y la vesícula (hombres) y en el estómago (mujeres); b) “Instalaciones para el reciclaje de chatarra y vehículos para desguace” y cáncer de riñón (hombres y mujeres), tumores en el estómago, la vejiga y el tiroides (hombres) y leucemia (mujeres); c) “Instalaciones para el tratamiento de aceites usados y residuos aceitosos” y cáncer del tejido conjuntivo (población total), tumores en el estómago, la pleura y la piel (hombres) y en la vulva y la vagina (mujeres); d) “instalaciones para el reciclaje de envases” y tumores en el estómago, cáncer colorrectal y cerebral (hombres); e) “Instalaciones para la recuperación de disolventes usados” y cáncer de piel (hombres); f) “Instalaciones para la regeneración de baños agotados” y el cáncer de estómago (población total), cáncer colorrectal (hombres) y tumores en el hígado y los ovarios (mujeres); g) “Instalaciones para el tratamiento físico/químico de residuos” y cáncer de riñón (hombres); h) “instalaciones de tratamiento de residuos industriales” y tumores en el estómago, la vulva y la vagina (mujeres); e, i) “Instalaciones para el tratamiento de residuos no especificados en otra categoría” y cáncer cerebral (mujeres). Además, los municipios próximos a diversas instalaciones de “varias categorías de sustancias contaminantes” presentaban importantes resultados relativos a tumores malignos en el estómago y la pleura (hombres y mujeres), en el colon o el recto, el hígado, la vesícula, el pulmón y leucemia (hombres) y tumores en los ovarios (mujeres).

En la Tabla 3 se muestran los RR en las proximidades de incineradoras e instalaciones específicas de tratamiento de residuos peligrosos que registraron un exceso de riesgo estadísticamente significativo en el análisis de los “municipios próximos respecto a los municipios alejados” y en los que se habían producido  $\geq 15$  muertes. Se obtuvieron resultados significativos en un total de 3 incineradoras, 15 instalaciones para el reciclaje de chatarra y vehículos para el desguace, 6 para el tratamiento de aceites usados y residuos aceitosos, 3 de reciclaje de envases, 2 para la recuperación de disolventes usados, 3 para la regeneración de baños agotados, 3 para el tratamiento físico/químico de residuos, 4 de tratamiento de residuos industriales y 6 instalaciones para el tratamiento de residuos no especificados en otra categoría. Muchas de las instalaciones presentaban RR considerablemente elevados para más de un tumor simultáneamente, y esto se aplicaba especialmente a las instalaciones ‘372’, ‘4699’ y ‘5692’ (“chatarra y vehículos para desguace”), ‘3710’ (“residuos industriales”), y ‘6053’ (“residuos no especificados en otra categoría”), con resultados estadísticamente significativos para 6 tumores, y las instalaciones ‘3055’ y ‘7476’ (“chatarra y vehículos para desguace”), ‘3713’ (“baños agotados”), ‘3110’ (“tratamiento físico/químico”), ‘3711’ (“residuos industriales”), y ‘7478’ (“residuos no especificados en otra categoría”), con resultados estadísticamente significativos para 5 tumores. También cabe señalar que hay 11 instalaciones con un exceso de riesgo significativo para todos los cánceres combinados: instalaciones ‘372’ (RR = 1,28 en mujeres), ‘3055’ (RR = 1,10 en la población total), ‘5692’ (RR = 1,30 en mujeres), ‘6051’ (RR = 1,21 en mujeres), ‘3050’

(RR = 1,19 en mujeres), ‘3110’ (RR = 1,30 en mujeres) y ‘7478’ (RR = 1,10 en la población total), en la provincia de Barcelona; instalaciones ‘4699’ (RR = 1,13 en los hombres), ‘5910’ (RR = 1,27 en hombres), ‘3710’ (RR = 1,13 en hombres) y ‘3711’ (RR = 1,33 en hombres), en la provincia de Vizcaya) e instalación ‘5493’ (RR = 1,20 en hombres), en la provincia de Granada.

#### 4. Análisis

El presente estudio es uno de los primeros en utilizar los datos industriales que figuran en los registros IPPC y PRTR europeo en la exploración de los efectos del tratamiento de residuos industriales en la mortalidad por cáncer en los municipios próximos a dichas instalaciones. En general, los resultados obtenidos sugieren que existe un moderado aumento del riesgo de muerte por todos los cánceres combinados, mayor entre los hombres que entre las mujeres, en las poblaciones españolas próximas a incineradoras y plantas de tratamiento de residuos peligrosos en su conjunto. Al estratificar el riesgo por actividad industrial, se detectó un exceso de riesgo elevado en municipios próximos a “incineradoras” (población total), “instalaciones para el reciclaje de chatarra y vehículos para desguace”, “instalaciones para la regeneración de baños agotados” (hombres), y varias instalaciones de “diversas categorías de sustancias contaminantes” (hombres y mujeres).

Al analizar cada tipo de cáncer individualmente se observó un exceso significativo de riesgo de sufrir tumores malignos en el estómago, el hígado, la pleura y los riñones (hombres y mujeres), en el colon o el recto, los pulmones, la vejiga y la vesícula y de leucemia (hombres) y de tumores en el cerebro y los ovarios (mujeres). Asimismo, al estratificar el riesgo por categorías de actividad industrial, se encontraron las siguientes asociaciones entre otros tumores malignos y la proximidad de zonas residenciales a determinados tipos de instalaciones: “instalaciones para el reciclaje de chatarra y vehículos para desguace” y tumores de estómago y del tiroides (hombres); “instalaciones para el tratamiento de aceites usados y residuos aceitosos” y el cáncer del tejido conjuntivo (población total), tumores cutáneos (hombres) y en la vulva y la vagina (mujeres); “instalaciones para la recuperación de disolventes usados” y tumores cutáneos (hombres); e “instalaciones de tratamiento de residuos industriales” y tumores en la vulva y la vagina (mujeres).

El hecho de que aparecieran resultados estadísticamente significativos, con un RR  $\geq 1,10$ , principalmente para los tumores de los sistemas digestivo y respiratorio (en la población total), nos indujo a sospechar que existen dos rutas posibles de exposición a la contaminación generada por dichas instalaciones, a saber: exposición directa a las sustancias contaminantes emitidas a la atmósfera y exposición indirecta a las sustancias contaminantes y a los efluentes líquidos vertidos al agua, que posteriormente pueden pasar al suelo y a los acuíferos, y a las sustancias contaminantes emitidas a la atmósfera, que posteriormente pasan a las plantas. En tales casos, las toxinas pueden pasar a la cadena trófica y afectar a la población.

La hipótesis de que un exceso de mortalidad por cáncer podría deberse a la exposición de la población a la contaminación industrial se ve reforzada por estudios

recientes que han encontrado asociaciones entre la proximidad a las zonas residenciales de determinados tipos de instalaciones industriales y algunos tumores malignos (García-Pérez et al., 2010, 2012; López-Abente et al., 2012; Musti et al., 2009; Tsai et al., 2009). En lo que respecta a las incineradoras y las plantas de tratamiento de residuos peligrosos, los estudios se han centrado casi exclusivamente en las zonas próximas a las incineradoras, donde se han encontrado asociaciones con algunos tumores, como el NHL (Floret et al., 2003; Viel et al., 2011), los sarcomas de los tejidos blandos (Comba et al., 2003) y los tumores infantiles (Knox, 2000).

Estudios ecológicos, como los aquí mencionados, proponen nuevas hipótesis y líneas de investigación con respecto a la exposición de la población a la contaminación industrial. En este sentido, uno de los principales puntos fuertes de nuestro estudio radica en la integridad del análisis exploratorio, consistente en un examen exhaustivo de la mortalidad debida a 33 tipos de cáncer con referencia a diferentes categorías de actividad industrial. Otro de los puntos fuertes es el empleo de diversos enfoques metodológicos para llevar a cabo el análisis estadístico: uno basado en un modelo espacial jerárquico a nivel municipal, con inclusión de variables explicativas (modelo BYM), en el que el uso de expresiones espaciales en el modelo no solo lo hacía menos susceptible a la presencia de la falacia ecológica (Clayton et al., 1993), sino que, además, permitía tener en cuenta la heterogeneidad geográfica de la distribución de la mortalidad; el otro enfoque, basado en un modelo de regresión combinado de Poisson, estaba justificado por su simplicidad de ajuste y por tiempos de cálculo más breves. Aunque los resultados de los dos modelos utilizados no son muy diferentes en términos generales, la presencia de autocorrelación espacial en algunos de los tumores estudiados aconseja el uso de modelos espaciales. Además, el método de cálculo que permite el INLA, como alternativa a los métodos Montecarlo basados en cadenas de Markov, constituye un salto cualitativo en el uso de modelos jerárquicos con variables explicativas (Rue et al., 2009). Hay que tener en cuenta que, a la hora de detectar asociaciones potenciales, los modelos combinados parecen ser más sensibles que los modelos espaciales, que son más restrictivos. Un ejemplo de lo anterior son los resultados obtenidos sobre el NHL en los varones, donde el modelo combinado ofreció resultados estadísticamente significativos ( $RR = 1,12$ , intervalo de confianza del 95% =  $1,03-1,22$ ) mientras que el modelo BYM no mostraba una asociación estadísticamente significativa ( $RR = 1.07$ , intervalo de credibilidad del 95% =  $0.97-1,19$ ).

Otras ventajas del estudio son su elevada capacidad estadística, gracias a la inclusión de un gran número de muertes notificadas, factor que permite identificar un exceso de mortalidad de una magnitud inferior, de acuerdo con los efectos previstos de las exposiciones medioambientales; un análisis del riesgo en las inmediaciones a actividades industriales, como plantas de reciclaje de chatarra o de vehículos para desguace, que nunca habían sido estudiadas en su conjunto, así como análisis individuales pormenorizados de las instalaciones respectivas; la eliminación, a efectos del presente estudio, de las instalaciones que habían entrado en funcionamiento recientemente y cuya posible influencia en el desarrollo de tumores es discutible, si se tienen en cuenta los períodos mínimos de latencia de los tumores analizados; y la

inclusión en los análisis de municipios situados en las proximidades de otras industrias distintas de las incineradoras y las instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos como “categoría intermedia”, lo que evita resultados que induzcan a una interpretación errónea de los efectos de dichas industrias (que emiten sustancias tóxicas que podrían tener relación con los tumores estudiados) y permite establecer un grupo de referencia “limpio” constituido por municipios en cuyas proximidades no hay ninguna instalación industrial.

Aparte de las limitaciones inherentes a todos los estudios ecológicos, en nuestro caso también debemos mencionar lo siguiente: la inclusión de muchas variables en los modelos, debido a lo cual los análisis podrían ser susceptibles al error del tipo I; la no inclusión de factores de confusión que podrían estar asociados con la distancia (aunque los ajustes realizados para incluir las variables socioeconómicas mitigarían en cierta medida esta falta de información, dado que muchos factores de riesgo relacionados con el estilo de vida, como el hábito de fumar, el consumo de alcohol, el tipo de dieta o los agentes infecciosos, muestran una distribución correlacionada con la situación socioeconómica (Prattala et al., 2009; Woitas-Slubowska et al., 2010)); el empleo de la distancia desde el municipio de residencia a los centros industriales como “variable sustitutiva” de la exposición de la población a la contaminación industrial, basándonos en el supuesto de un modelo isotrópico, dado que la exposición real puede depender de los regímenes de viento o de la forma del relieve geográfico (aunque ello podría limitar la capacidad de detectar resultados positivos, sin invalidar las asociaciones observadas); y el uso de datos de mortalidad en lugar de datos de incidencia, debido a la ausencia de un registro nacional de incidencias basado en la población (aunque en España los tumores con índices de supervivencia más bajos están bien documentados en los certificados de defunción (Pérez-Gómez et al., 2006)).

Una decisión crítica durante la elaboración del estudio fue la elección, a la hora de estratificar el riesgo en los análisis, de las categorías de actividad industrial de acuerdo con las características de los residuos aplicables y el tipo de tratamiento utilizado (Agència de Residus de Catalunya, 2012; Plan Territorial Especial de Ordenación de Residuos (PTEOR), 2012). Además, en el estudio no se incluyeron los vertederos, las plantas de compostaje ni las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, puesto que no pertenecen a las categorías 5.1 y 5.2 del registro IPPC.

Otro aspecto a considerar es que las comunidades pobres no tienen otro remedio que vivir en zonas contaminadas, próximas a vertederos e instalaciones industriales (Parodi et al., 2005), por lo que es muy importante insistir en que los resultados y las conclusiones no son simplemente un reflejo de la situación socioeconómica.

#### 4.1. Incineradoras

La incineración es un tratamiento térmico que genera sustancias sospechosas y reconocidas como carcinógenas, como por ejemplo, dioxinas, arsénico, cromo, bencina, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), cadmio, plomo, tetracloroetano, hexaclorobenceno, níquel y naftalina (Comisión Europea, 2006).

**Tabla 3**

Riesgo relativo de morir por cáncer con resultados significativos y un número de muertes observadas de  $\geq 5$  en municipios situados a una distancia inferior a 5 km de incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos específicas, calculado utilizando los modelos BYM. Los resultados significativos se destacan en negrita.

Actividad industrial <sup>a</sup>	PRTR Código	T <sup>b</sup>	Obs <sup>c</sup>	Modelo BYM		Actividad industrial <sup>a</sup>	Código PRTR	T <sup>b</sup>	Obs <sup>c</sup>	Modelo BYM				
				RR <sup>d</sup>	95% CrI <sup>e</sup>					RR <sup>d</sup>	95% CrI <sup>e</sup>			
<b>Todos los cánceres <sup>f</sup></b>														
2	372	Total	4	949	1.11	1.01–1.23	2	5680	Total	5	24	1.94	1.11–3.09	
		Hombres	4	591	1.03	0.91–1.17			Hombres	5	12	1.35	0.61–2.47	
		Mujeres	4	358	1.28	1.10–1.48			Mujeres	5	12	3.15	1.38–5.95	
2	3055	Total	5	1370	1.10	1.00–1.20	2	5691	Total	3	27	2.08	1.27–3.14	
		Hombres	5	916	1.10	0.98–1.22			Hombres	3	15	2.06	1.07–3.47	
		Mujeres	5	454	1.09	0.95–1.25			Mujeres	3	12	2.16	1.02–3.84	
2	4699	Total	6	4803	1.10	0.99–1.21	2	7476	Total	2	137	1.36	0.90–1.95	
		Hombres	6	3184	1.13	1.00–1.27			Hombres	2	71	1.09	0.62–1.77	
		Mujeres	6	1619	1.04	0.91–1.19			Mujeres	2	66	1.86	1.04–3.06	
2	5692	Total	3	864	1.09	0.98–1.21	7	3110	Total	3	32	1.27	0.77–1.94	
		Hombres	3	531	0.99	0.87–1.13			Hombres	3	23	1.86	1.05–3.00	
		Mujeres	3	333	1.30	1.11–1.51			Mujeres	3	9	0.76	0.31–1.45	
2	6051	Total	3	2441	1.11	1.00–1.23	8	65	Total	2	388	1.67	1.01–2.60	
		Hombres	3	1612	1.06	0.94–1.20			Hombres	2	202	2.08	1.08–3.66	
		Mujeres	3	829	1.21	1.04–1.39			Mujeres	2	186	1.30	0.61–2.41	
3	5493	Total	3	561	1.18	1.00–1.38	8	6749	Total	9	299	1.30	0.85–1.90	
		Hombres	3	350	1.20	1.00–1.42			Hombres	9	153	1.79	1.03–2.89	
		Mujeres	3	211	1.11	0.90–1.36			Mujeres	9	146	0.93	0.49–1.58	
3	5910	Total	3	472	1.25	1.08–1.43	9	6053	Total	2	137	1.36	0.90–1.95	
		Hombres	3	309	1.27	1.07–1.51			Hombres	2	71	1.10	0.62–1.78	
		Mujeres	3	163	1.21	0.97–1.47			Mujeres	2	66	1.84	1.03–3.05	
4	3050	Total	3	1308	1.12	1.01–1.24	6	3713	Total	6	42	2.00	0.59–5.00	
		Hombres	3	847	1.08	0.95–1.23			Hombres	6	19	9.04	4.80–32.66	
		Mujeres	3	461	1.19	1.02–1.38			Mujeres	6	23	0.93	0.22–2.80	
7	3110	Total	3	654	1.09	0.97–1.22	6	3713	Total	6	42	2.00	0.59–5.00	
		Hombres	3	398	0.99	0.86–1.14			Hombres	6	19	9.04	4.80–32.66	
		Mujeres	3	256	1.30	1.09–1.52			Mujeres	6	23	0.93	0.22–2.80	
8	3710	Total	6	4803	1.10	0.99–1.21	2	372	Total	4	21	1.91	1.02–3.21	
		Hombres	6	3184	1.13	1.00–1.27			Hombres	4	21	2.11	1.12–3.58	
		Mujeres	6	1619	1.04	0.91–1.19			Mujeres	4	0	0	0-inf	
8	3711	Total	4	713	1.26	1.11–1.42	2	3055	Total	5	31	1.88	1.09–3.01	
		Hombres	4	478	1.33	1.14–1.54			Hombres	5	30	1.99	1.13–3.23	
		Mujeres	4	235	1.13	0.93–1.35			Mujeres	5	1	1.49	0.13–5.00	
9	7478	Total	5	1370	1.10	1.00–1.20	2	5692	Total	3	20	1.96	1.03–3.32	
		Hombres	5	916	1.10	0.98–1.22			Hombres	3	20	2.17	1.13–3.70	
		Mujeres	5	454	1.09	0.95–1.25			Mujeres	3	0	0	0-inf	
Cáncer de esófago	2	3055	Total	5	45	1.59	1.00–2.38	9	7478	Total	5	31	1.88	1.09–3.01
			Hombres	5	44	1.74	1.08–2.64			Hombres	5	30	1.99	1.13–3.23
			Mujeres	5	1	0.47	0.05–1.51			Mujeres	5	1	1.49	0.13–5.00
9	7478	Total	5	45	1.59	1.00–2.38	2	4699	Total	6	990	1.20	0.96–1.48	
		Hombres	5	44	1.74	1.08–2.64			Hombres	6	893	1.30	1.02–1.64	
		Mujeres	5	1	0.47	0.05–1.51			Mujeres	6	97	0.77	0.47–1.19	
Cáncer de estómago	2	6049	Total	5	49	1.63	0.96–2.58	2	7476	Total	2	566	1.39	1.05–1.81
			Hombres	5	27	1.35	0.73–2.29			Hombres	2	511	1.43	1.07–1.90
			Mujeres	5	22	2.26	1.00–4.29			Mujeres	2	55	1.04	0.55–1.84
3	5493	Total	3	36	1.31	0.82–1.94	3	5493	Total	3	135	1.39	1.04–1.81	
		Hombres	3	25	1.73	1.02–2.68			Hombres	3	120	1.33	0.98–1.76	
		Mujeres	3	11	0.82	0.36–1.51			Mujeres	3	15	2.27	1.06–4.14	
6	4719	Total	8	43	1.72	1.03–2.69	3	7412	Total	1	819	1.31	0.97–1.71	
		Hombres	8	31	1.60	0.87–2.70			Hombres	1	743	1.40	1.02–1.87	
		Mujeres	8	12	1.98	0.77–4.07			Mujeres	1	76	0.81	0.43–1.38	
6	4833	Total	2	94	1.59	1.05–2.32	5	1678	Total	2	164	1.24	0.98–1.56	
		Hombres	2	44	1.27	0.73–2.05			Hombres	2	143	1.29	1.00–1.63	
		Mujeres	2	50	2.26	1.24–3.78			Mujeres	2	21	0.89	0.50–1.46	
Cáncer colorrectal	2	372	Total	4	134	1.25	0.98–1.58	2	3710	Total	6	990	1.20	0.96–1.48
			Hombres	4	71	1.14	0.82–1.52			Hombres	6	893	1.30	1.02–1.64
			Mujeres	4	63	1.41	1.00–1.92			Mujeres	6	97	0.77	0.47–1.19
2	4699	Total	6	605	1.19	0.95–1.47	8	3711	Total	4	141	1.38	1.02–1.82	
		Hombres	6	380	1.35	1.02–1.74			Hombres	4	126	1.45	1.06–1.95	
		Mujeres	6	225	1.00	0.72–1.37			Mujeres	4	15	1.09	0.51–2.00	
2	7476	Total	2	433	1.35	1.04–1.72	9	6053	Total	2	566	1.37	1.05–1.79	
		Hombres	2	247	1.48	1.09–1.96			Hombres	2	511	1.42	1.07–1.88	
		Mujeres	2	186	1.23	0.81–1.75			Mujeres	2	55	1.04	0.55–1.84	
6	3713	Total	6	1976	1.19	0.96–1.46	2	4699	Total	6	30	4.75	0.74–13.97	
		Hombres	6	1182	1.34	1.03–1.72			Hombres	6	25	4.33	4.56–13.64	
		Mujeres	6	794	1.03	0.74–1.38			Mujeres	6	5	inf	0-inf	
6	3713	Total	6	1976	1.19	0.96–1.46	6	3713	Total	6	61	2.82	0.73–9.02	
		Hombres	6	1182	1.34	1.03–1.72			Hombres	6	25	4.33	4.56–13.64	
		Mujeres	6	794	1.03	0.74–1.38			Mujeres	6	5	inf	0-inf	



**Tabla 3**  
**(continuación)**

Actividad industrial <sup>a</sup>	PRTR Código	T <sup>b</sup>	Obs <sup>c</sup>	Modelo BYM		Actividad industrial <sup>a</sup>	Código PRTR	T <sup>b</sup>	Obs <sup>c</sup>	Modelo BYM		
				RR <sup>d</sup>	95% CrI <sup>e</sup>					RR <sup>d</sup>	95% CrI <sup>e</sup>	
Cáncer de vejiga						Mieloma						
		Hombres	2	97	1.68	1.03–2.56		Hombres	4	23	1.73	0.78–3.34
		Mujeres	2	19	0.85	0.33–1.81		Mujeres	4	31	2.24	1.05–4.32
9	6053	Total	2	116	1.47	0.92–2.19	9	Total	5	31	1.91	1.11–3.04
		Hombres	2	97	1.67	1.01–2.55		Hombres	5	20	2.25	1.09–4.09
		Mujeres	2	19	0.86	0.33–1.81		Mujeres	5	11	1.56	0.64–3.09
Cáncer de cerebro						Leucemia						
1	2438	Total	2	69	1.14	0.70–1.79	2	Total	4	42	1.59	1.03–2.30
		Hombres	2	27	0.78	0.37–1.66		Hombres	4	22	1.27	0.72–2.05
		Mujeres	2	42	2.05	1.01–3.72		Mujeres	4	20	2.28	1.16–3.98
2	372	Total	4	30	1.49	0.89–2.31	2	Total	5	59	1.58	1.08–2.23
		Hombres	4	13	0.99	0.47–1.78		Hombres	5	36	1.56	0.96–2.38
		Mujeres	4	17	2.59	1.17–4.92		Mujeres	5	23	1.69	0.90–2.87
2	4699	Total	6	111	1.42	0.92–2.10	2	Total	10	50	1.63	1.06–2.40
		Hombres	6	59	1.90	1.04–3.20		Hombres	10	28	1.70	0.96–2.79
		Mujeres	6	52	1.12	0.59–1.90		Mujeres	10	22	1.65	0.84–2.88
2	5692	Total	3	27	1.43	0.84–2.25	2	Total	6	136	1.24	0.82–1.80
		Hombres	3	12	0.98	0.45–1.78		Hombres	6	77	0.96	0.58–1.51
		Mujeres	3	15	2.50	1.09–4.86		Mujeres	6	59	1.97	1.01–3.49
3	5910	Total	3	16	2.25	1.11–3.95	2	Total	5	16	2.31	1.18–3.95
		Hombres	3	8	2.63	0.94–5.52		Hombres	5	10	2.83	1.16–5.51
		Mujeres	3	8	2.05	0.73–4.36		Mujeres	5	6	1.92	0.63–4.13
4	3050	Total	3	46	1.60	1.02–2.40	2	Total	3	39	1.60	1.03–2.35
		Hombres	3	25	1.36	0.76–2.24		Hombres	3	20	1.26	0.69–2.05
		Mujeres	3	21	2.14	1.03–3.92		Mujeres	3	19	2.37	1.19–4.18
7	2088	Total	3	37	1.91	1.02–3.24	2	Total	3	81	1.28	0.85–1.86
		Hombres	3	22	1.97	0.84–3.86		Hombres	3	43	1.01	0.60–1.60
		Mujeres	3	15	1.88	0.68–4.12		Mujeres	3	38	2.02	1.02–3.67
8	3710	Total	6	111	1.42	0.92–2.10	3	Total	2	147	2.11	1.13–3.65
		Hombres	6	59	1.90	1.04–3.20		Hombres	2	85	2.87	1.25–5.82
		Mujeres	6	52	1.12	0.59–1.90		Mujeres	2	62	1.57	0.63–3.27
8	3711	Total	4	25	2.42	1.31–4.03	4	Total	5	49	1.60	1.07–2.29
		Hombres	4	14	3.42	1.47–6.66		Hombres	5	25	1.25	0.72–1.97
		Mujeres	4	11	1.78	0.70–3.60		Mujeres	5	24	2.37	1.26–4.05
9	2089	Total	3	43	1.92	1.03–3.28	8	Total	6	136	1.24	0.82–1.80
		Hombres	3	22	1.52	0.62–3.07		Hombres	6	77	0.96	0.58–1.51
		Mujeres	3	21	2.47	0.94–5.31		Mujeres	6	59	1.97	1.01–3.49
9	7403	Total	3	43	1.92	1.03–3.28	9	Total	5	49	1.60	1.07–2.29
		Hombres	3	22	1.52	0.62–3.07		Hombres	5	25	1.25	0.72–1.97
		Mujeres	3	21	2.47	0.94–5.31		Mujeres	5	24	2.37	1.26–4.05
Cáncer de tiroides												
1	467	Total	3	21	1.11	0.38–2.59	9	Total	2	109	1.65	1.00–2.51
		Hombres	3	6	0.66	0.13–2.18		Hombres	2	57	1.69	0.89–2.88
		Mujeres	3	15	2.05	1.52–6.14		Mujeres	2	52	1.78	0.97–3.00
1	4857	Total	3	21	1.10	0.38–2.57	9	Total	5	59	1.58	1.08–2.23
		Hombres	3	6	0.65	0.14–2.14		Hombres	5	36	1.56	0.96–2.38
		Mujeres	3	15	2.04	1.49–6.13		Mujeres	5	23	1.69	0.90–2.87

a 1 = incineración. 2 = chatarra y vehículos para desguace. 3 = aceites y residuos aceitosos. 4 = envases. 5 = disolventes. 6 = baños agotados. 7 = tratamiento físico/químico. 8 = residuos industriales. 9 = residuos no especificados en otra categoría.

b Número de municipios situados a una distancia de  $\leq 5$  km de incineradoras e instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos específicas.

c Muertes observadas.

d RR ajustados al tamaño de la población, porcentaje de analfabetismo, agricultores y desempleados, promedio de personas por familia y renta media.

e Intervalo de credibilidad del 95%.

f Suma de los 33 tipos de cáncer analizados.

g Sin calcular: no pudo calcularse el riesgo utilizando los modelos INLA.

Los estudios epidemiológicos que analizan los aumentos de la incidencia del cáncer en municipios próximos a incineradoras han proporcionado una evidencia limitada (Porta et al., 2009). Los resultados de un estudio sobre la incidencia del cáncer en las proximidades de 72 incineradoras del Reino Unido (Elliott et al., 1996), que mostraba aumentos estadísticamente significativos de ciertos cánceres, se revisaron con criterio crítico (Elliott et al., 2000) y, según los autores, estos resultados podrían haberse visto afectados por factores parciales, lo que a su vez, significaría que los efectos observados no podrían atribuirse a las emisiones de las incineradoras. Sin embargo, en estudios realizados en otros países se

observó un exceso de riesgos de tumores hematológicos, de cáncer de pulmón y de algunos cánceres del sistema digestivo (Biggeri et al., 1996; Comba et al., 2003; Floret et al., 2003; Knox, 2000; Ranzi et al., 2011; Viel et al., 2011).

Los resultados de nuestro estudio muestran un exceso de riesgos para todos los cánceres combinados y de cáncer de pulmón y, concretamente, un notable incremento del riesgo de tumores en la pleura y la vesícula (hombres) y en el estómago (mujeres). Los análisis individualizados de las instalaciones revelaron riesgos relativos estadísticamente significativos de linfoma no Hodgkin (NHL) en las proximidades a las instalaciones '467' y '4857', situadas en

el mismo municipio, así como un elevado riesgo de tumores en el ovario y en el cerebro en mujeres residentes en las inmediaciones de la incineradora '2438'.

#### 4.2. Instalaciones de reciclaje de chatarra y de desguace de vehículos de motor

Uno de los resultados más sorprendentes de nuestro estudio es el exceso de riesgo detectado – estadísticamente significativo en todos los cánceres combinados, tumores malignos en el estómago, la vejiga y el tiroides (en los hombres), cáncer renal (en hombres y mujeres) y leucemia (en las mujeres) y casi estadísticamente significativos en tumores malignos en el colon o el recto, en el pulmón (en los hombres), cáncer de pleura (en las mujeres) y linfoma de Hodgkin (en la población total) – en las proximidades de instalaciones dedicadas al reciclaje de chatarra y al desguace o descontaminación de vehículos. La razón de agrupar estas actividades en una sola categoría, a efectos analíticos, se debió a que en España hasta hace relativamente poco tiempo estos tipos de residuos entraban dentro del ámbito del sector de la chatarra (Muñoz et al., 2011). En Europa, desde el año 2002, los vehículos para desguace están definidos como residuos peligrosos debido a la composición tóxica de los materiales constituyentes, es decir, aceites usados, líquido de frenos, filtros de aceite, materiales absorbentes, baterías y combustible. El tratamiento aplicado por estos tipos de instalaciones (Joung et al., 2007; Nourreddine, 2007; Santini et al., 2012) genera sustancias sospechosas y reconocidas como carcinógenas, como por ejemplo, dioxinas, furanos, PCB similares a las dioxinas, plomo, cromo, HAP, cadmio o níquel y otras sustancias peligrosas, como por ejemplo, polvos granulados.

Según los datos con los que contamos, no se ha realizado ningún estudio epidemiológico sobre las poblaciones que viven en las inmediaciones de este tipo de instalaciones. En cuanto a la exposición profesional, de algunos estudios se desprende la existencia de asociaciones entre la exposición al polvo orgánico y problemas gastrointestinales y respiratorios entre los trabajadores de instalaciones de recuperación y reciclaje de materiales (Gladding et al., 2003; Ivens et al., 1997). No obstante, debe puntualizarse que existen estudios que han evaluado la exposición a la radiación ionizante y a los materiales radioactivos entre los trabajadores dedicados al procesamiento y reciclaje de chatarra (Lubenau y Yusko, 1998; Vearrier et al., 2009). Estos agentes son sustancias reconocidas como carcinógenas que provocan leucemia y cáncer de tiroides y podrían tener relación con el exceso significativo del riesgo de padecer estos tumores detectado en las proximidades de estas instalaciones por nuestro estudio.

#### 4.3. Instalaciones de tratamiento de aceites usados y residuos aceitosos

En estas instalaciones se lleva a cabo el tratamiento (limpieza, refinado, fraccionamiento térmico, gasificación y destilación) de todo tipo de aceites usados y residuos aceitosos y la descontaminación de equipos contaminados por bifenilos policlorados (PCB), un grupo de sustancias organocloradas definidas como residuos aceitosos por el

Catálogo Europeo de Residuos y en la Lista de Residuos Peligrosos (Agencia de Protección del Medio Ambiente, 2002). Entre las sustancias emitidas por estas instalaciones hay sustancias sospechosas y reconocidas como carcinógenas, como por ejemplo, dioxinas, arsénico, PAH, bencina, cromo, níquel, plomo, naftalina o tetracloroetano.

Según los datos con los que contamos, no se han realizado estudios epidemiológicos ni ocupacionales de las poblaciones que viven cerca de este tipo de instalaciones. Por lo tanto, nuestro estudio es pionero en el análisis del riesgo de morir de cáncer en las zonas próximas a estas fuentes de contaminación y, de hecho, se ha detectado un exceso de riesgos de padecer tumores malignos en el tejido conjuntivo (población total), la pleura, la piel y el estómago (en hombres) y en la vulva y la vagina (en mujeres). Algunas de estas instalaciones se dedican al refinado de aceites, actividad en la que pueden generarse unos niveles considerables de hidrocarburos aromáticos policíclicos y PCB derivados de la fusión de los aceites de corte de los motores usados y los aceites para transformadores (Hewstone, 1994). Se sabe que la exposición a largo plazo a determinados líquidos de corte y aceites minerales provoca el incremento de algunos cánceres profesionales, como por ejemplo, los de estómago y piel (DHHS (NIOSH), 1998; Mackerer, 1989). Esto podría explicar el exceso de riesgos observados en relación con estos tumores, ya que solo se observaron en los hombres, y sugeriría una posible exposición profesional, suponiendo que el lugar de residencia de los trabajadores estuviera distribuido homogéneamente.

#### 4.4. Instalaciones de regeneración de baños agotados.

En las operaciones de decapado de metales (es decir, la inmersión de metales, como el acero inoxidable, en baños ácidos para eliminar la capa de óxidos que se forma en la superficie tras los tratamientos térmicos) en Europa se descarga anualmente una gran cantidad de efluentes procedentes de los baños agotados (Frias y Pérez, 1998). Dichos efluentes representan un grave problema para el medio ambiente, ya que este tipo de residuos contiene nitratos, fluoruros, ácidos y metales pesados (Singhal et al., 2006; Vijay y Sihorwala, 2003). Además, los trabajadores de las plantas de tratamiento de estos residuos están expuestos a materiales radioactivos (Donzella et al., 2007). Nuestro estudio observó un incremento estadísticamente significativo en el riesgo general de muerte por todos los tipos de cánceres (en hombres) en las proximidades de dichas instalaciones y esto se aplica especialmente en el caso de los tumores malignos en el estómago (población total), en el colon o el recto (en hombres), en el hígado (en mujeres) y los ovarios, y casi estadísticamente significativos en los tumores en el pulmón y la pleura (hombres).

### 5. Conclusión

Los resultados de nuestro estudio respaldan la hipótesis de un riesgo estadísticamente significativo más elevado de morir de todos los tipos de cánceres, tanto los hombres como las mujeres que viven en municipios situados cerca de incineradoras y plantas de tratamiento de residuos peligrosos y, concretamente, un mayor exceso de riesgo de padecer tumores en el estómago, el hígado, la pleura, los riñones y los ovarios. Además, este es uno de los primeros

estudios en analizar el riesgo de muerte por cáncer asociado a actividades industriales específicas en este sector a nivel nacional y en resaltar el exceso de riesgo observado en las proximidades a incineradoras e instalaciones de reciclaje de chatarra y vehículos para desguace, la regeneración de baños agotados y el tratamiento de aceites usados y residuos aceitosos.

## Reconocimiento

El presente estudio ha sido financiado por el Fondo de Investigación Sanitaria de España (FIS 080662 y FIS CP11/0012) y por ISCIII EPY 1398/09 y forma parte del proyecto MEDEA (Mortalidad en áreas pequeñas españolas y desigualdades socioeconómicas y ambientales).

## Apéndice A. Datos suplementarios

Los datos suplementarios de este artículo pueden consultarse en red en la dirección <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2012.10.003>.

## Referencias

- Agència de Residus de Catalunya. Tipo de residuos; 2012. Disponible en: [http://www20.gencat.cat/portal/site/arc/menuitem.0b722e55d906c87b624a1d25b0c0e1a0/?vgnnextoid=04082010862b6210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnextchannel=04082010862b6210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default&newLang=en\\_GB](http://www20.gencat.cat/portal/site/arc/menuitem.0b722e55d906c87b624a1d25b0c0e1a0/?vgnnextoid=04082010862b6210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnextchannel=04082010862b6210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default&newLang=en_GB). [accessed 24 September 2012].
- Ayuso Orejana J, Fernández Cuesta JA, Plaza Ibeas JL. Anuario del Mercado Español. Madrid: Banco Español de Crédito; 1993.
- Besag J, York J, Mollié A. Bayesian image restoration, with two applications in spatial statistics (with discussion). *Ann Inst Stat Math* 1991;43:1-59.
- Biggeri A, Barbone F, Lagazio C, Bovenzi M, Stanta G. Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy: spatial analysis of risk as a function of distance from sources. *Environ Health Perspect* 1996;104:750–4.
- Bivand RS, Pebesma EJ, Gomez-Rubio V. *Applied spatial data analysis with R*. New York: Springer; 2008.
- Clayton DG, Bernardinelli L, Montomoli C. Spatial correlation in ecological analysis. *Int J Epidemiol* 1993;22:1193–202.
- Comba P, Ascoli V, Belli S, Benedetti M, Gatti L, Ricci P, et al. Risk of soft tissue sarcomas and residence in the neighbourhood of an incinerator of industrial wastes. *Occup Environ Med* 2003;60:680–3.
- DHHS (NIOSH). Criteria for a recommended standard: occupational exposure to metal-working fluids. No. 98–102. National Institute for Occupational Safety and Health; 1998.
- Donzella A, Formisano P, Giroletti E, Zenoni A. Risk assessment for chemical pickling of metals contaminated by radioactive materials. *Radiat Prot Dosimetry* 2007;123:74–82.
- Dummer TJ, Dickinson HO, Parker L. Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, north west England, 1956–93. *J Epidemiol Community Health* 2003;57:456–61.
- Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I, Jolley D, Walls P, Beresford J, et al. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996;73:702–10.
- Elliott P, Eaton N, Shaddick G, Carter R. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: histopathological and case-note review of primary liver cancer cases. *Br J Cancer* 2000;82:1103–6.
- Environmental Protection Agency. European waste catalogue and hazardous waste list; 2002. Available: <http://www.environ.ie/en/Publications/Environment/Waste/WEEE/FileDownload,1343,en.pdf>. [accessed 24 September 2012].
- European Commission. Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference document on best available techniques for the waste incineration; 2006. Available: <http://www.prtres.es/data/images/BREF%20Incineraci%C3%B3n%20de%20Residuos-43EA4732C41F2B44.pdf> [accessed 24 September 2012].
- Federico M, Pirani M, Rashid I, Caranci N, Cirilli C. Cancer incidence in people with residential exposure to a municipal waste incinerator: an ecological study in Modena (Italy), 1991–2005. *Waste Manag* 2010;30:1362–70.
- Floret N, Mauny F, Challier B, Arveux P, Cahn JY, Viel JF. Dioxin emissions from a solid waste incinerator and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Epidemiology* 2003;14:392–8.
- Frias O, Perez O. Acids and metals recovery from spent pickling baths of stainless steels. *Rev Metal Madrid* 1998;34:427–31.
- Garcia-Perez J, Lopez-Cima MF, Boldo E, Fernandez-Navarro P, Aragonés N, Pollan M, et al. Leukemia-related mortality in towns lying in the vicinity of metal production and processing installations. *Environ Int* 2010;36:746–53.
- Garcia-Perez J, Lopez-Cima MF, Pollan M, Perez-Gomez B, Aragonés N, Fernandez-Navarro P, et al. Risk of dying of cancer in the vicinity of multiple pollutant sources associated with the metal industry. *Environ Int* 2012;40:116–27.
- Gelman A, Hill J. *Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*. New York: Cambridge University Press; 2007.
- Gladding T, Thorn J, Stott D. Organic dust exposure and work-related effects among recycling workers. *Am J Ind Med* 2003;43:584–91.
- Hewstone RK. Health, safety and environmental aspects of used crankcase lubricating oils. *Sci Total Environ* 1994;156:255–68.
- IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 69: polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans; 1997. Available: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol69/volume69.pdf> [accessed 24 September 2012].
- Ivens UI, Ebbeloh N, Poulse OM, Skov T. Gastrointestinal symptoms among waste recycling workers. *Ann Agric Environ Med* 1997;4:153–7.
- Joung HT, Seo YC, Kim KH. Distribution of dioxins, furans, and dioxin-like PCBs in solid products generated by pyrolysis and melting of automobile shredder residues. *Chemosphere* 2007;68:1636–41.
- Knox E. Childhood cancers, birthplaces, incinerators and landfill sites. *Int J Epidemiol* 2000;29:391–7.
- Landrigan PJ, Halper LA, Silbergeld EK. Toxic air pollution across a state line: implications for the siting of resource recovery facilities. *J Public Health Policy* 1989;10:309–23.
- Leem JH, Lee DS, Kim J. Risk factors affecting blood PCDDs and PCDFs in residents living near an industrial incinerator in Korea. *Arch Environ Contam Toxicol* 2006;51:478–84.
- Lopez-Abente G, Ramis R, Pollan M, Perez-Gomez B, Gomez-Barroso D, Carrasco JM, et al. Atlas municipal de mortalidad por cáncer en España, 1989–1998. Instituto de Salud Carlos III; 2006.
- Lopez-Abente G, Fernandez-Navarro P, Boldo E, Ramis R, Garcia-Perez J. Industrial pollution and pleural cancer mortality in Spain. *Sci Total Environ* 2012;424:57–62.
- Lopez-Cima MF, Garcia-Perez J, Perez-Gomez B, Aragonés N, Lopez-Abente G, Tardon A, et al. Lung cancer risk and pollution in an industrial region of Northern Spain: a hospital-based case-control study. *Int J Health Geogr* 2011;10:10.
- Lubenu JO, Yusko JG. Radioactive materials in recycled metals—an update. *Health Phys* 1998;74:293–9.
- Mackerer CR. Health effects of oil mists: a brief review. *Toxicol Ind Health* 1989;5: 429–40.
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. SIGPAC; 2012. Available: <http://sigpac.mapa.es/feaga/visor/>. [accessed 24 September 2012].
- Miyake Y, Yura A, Misaki H, Ikeda Y, Usui T, Iki M, et al. Relationship between distance of schools from the nearest municipal waste incineration plant and child health in Japan. *Eur J Epidemiol* 2005;20:1023–9.
- Muñoz C, Vidal MR, Justel D. Análisis ambiental del proceso de fin de vida de vehículos en España; 2011. Available: <http://www.gid.uji.es/sites/default/files/libros/Analisis%20ambiental%20del%20proceso%20de%20fin%20de%20vida%20de%20vehiculos.pdf> [accessed 24 September 2012].
- Musti M, Pollice A, Cavone D, Dragonieri S, Bilancia M. The relationship between malignant mesothelioma and an asbestos cement plant environmental risk: a spatial case-control study in the city of Bari (Italy). *Int Arch Occup Environ Health* 2009;82:489–97.



- Nourredine M. Recycling of auto shredder residue. *J Hazard Mater* 2007;139:481–90. Parodi S, Stagnaro E, Casella C, Puppo A, Daminelli E, Fontana V, et al. Lung cancer in an urban area in Northern Italy near a coke oven plant. *Lung Cancer* 2005;47:155–64. Perez-Gomez B, Aragones N, Pollan M, Suarez B, Lope V, Llacer A, et al. Accuracy of cancer death certificates in Spain: a summary of available information. *Gac Sanit* 2006;20(Suppl. 3):42–51.
- Porta D, Milani S, Lazzarino AI, Perucci CA, Forastiere F. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health* 2009;8:60.
- Prattala R, Hakala S, Roskam AJ, Roos E, Helmer U, Klumbiene J, et al. Association between educational level and vegetable use in nine European countries. *Public Health Nutr* 2009;12:2174–82.
- Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci CA, Forastiere F. Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion model-ing for exposure assessment. *Environ Health* 2011;10:22.
- Rue H, Martino S, Chopin N. Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models using integrated nested Laplace approximations (with discussion). *J R Stat Soc Ser B* 2009;71:319–92.
- Santini A, Passarini F, Vassura I, Serrano D, Dufour J, Morselli L. Auto shredder residue recycling: mechanical separation and pyrolysis. *Waste Manag* 2012;32:852–8.
- Singhal A, Tewari VK, Prakash S. A study on sludge minimization during the treatment of pickling effluent. *J Environ Sci Eng* 2006;48:109–12.
- Special Territorial Plan of Waste Management (PTEOR). Appendix I: Study of national and international waste management models (Anexo I: Estudio nacional e internacional de modelos de gestión de residuos); 2012. Available: [http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Anexo01\\_Info13.pdf](http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Anexo01_Info13.pdf). [accessed 24 September 2012].
- The R-INLA project; 2012. Available: <http://www.r-inla.org/>. [accessed 24 September 2012].
- Tsai SS, Tiao MM, Kuo HW, Wu TN, Yang CY. Association of bladder cancer with resi-dential exposure to petrochemical air pollutant emissions in Taiwan. *J Toxicol Environ Health A* 2009;72:53–9.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2006 report: volume I — annex A: epidemiological studies of radiation and cancer; 2006. Available: <http://www.unscear.org/unscear/en/publications.html>. [accessed 24 September 2012].
- Vearrier D, Curtis JA, Greenberg MI. Technologically enhanced naturally occurring radioactive materials. *Clin Toxicol (Phila)* 2009;47:393–406.
- Viel JF, Daniau C, Goria S, Fabre P, Crouy-Chanel P, Sauleau EA, et al. Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environ Health* 2008;7:51.
- Viel JF, Floret N, Deconinck E, Focant JF, De Pauw E, Cahn JY. Increased risk of non-Hodgkin lymphoma and serum organochlorine concentrations among neighbors of a municipal solid waste incinerator. *Environ Int* 2011;37:449–53.
- Vijay R, Sihorwala TA. Identification and leaching characteristics of sludge generated from metal pickling and electroplating industries by toxicity characteristics leaching procedure (TCLP). *Environ Monit Assess* 2003;84:193–202.
- Woitak-Slubowska D, Hurnik E, Skarpanska-Stejnborn A. Correlates of smoking with socioeconomic status, leisure time physical activity and alcohol consumption among Polish adults from randomly selected regions. *Cent Eur J Public Health* 2010;18:179–85.