

# **INCOMPATIBILIDAD DE LA INCINERACION DE BIOMASA FORESTAL CON LA SALUD DE LAS PERSONAS Y CON LA REDUCCION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

**Resumen estudio F.Palacios,  
J.Ferrís y E.Rodríguez-Farré**



# El material particulado (PM)

- Consiste en una mezcla de partículas sólidas y gotitas líquidas. Tienen muchas formas y tamaños diferentes y puede estar compuestas por cientos de químicos diferentes.
- El PM primario proviene directamente de los procesos de combustión.
- El PM secundario, por otra parte, se forma en el aire a partir de los denominados contaminantes precursores gaseosos tales como óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Emisores: Sistemas de calefacción de distrito o residencial / Instalaciones de incineración de residuos / Tráfico de vehículos de motor, frenos, neumáticos y carreteras / Polvo en remolino en las superficies de la carretera / Construcción / Agricultura (contaminación del polvo secundario/ganado), etc.

# TAMAÑOS DE LAS PM

- Las partículas **gruesas**, o **PM 10**, tienen entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  (micras) de diámetro. No llegan a las partes más profundas de los pulmones y pueden expulsarse al toser.
- Las partículas **finas**, o **PM 2.5**, son aquellas menores de 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro, unas 30 veces más pequeñas que el diámetro de un cabello humano. Se inhalan hasta las partes más profundas de los pulmones, donde quedan incrustadas y pueden provocar enfermedades.
- Las partículas **ultrafinas** o **PM 0,1**. tienen un diámetro de 0,1  $\mu\text{m}$ , o 100 nm (nanómetros), y menos. Abundan en el humo de la leña, son tan minúsculas que se comportan como gases, atravesando los pulmones y pasando al torrente sanguíneo. Una vez en el torrente sanguíneo, estas partículas cargadas de toxinas pueden ser transportadas a **todos los órganos del cuerpo**, causando inflamación y daños allá donde vayan. Traspasan la barrera **hematoencefálica**.

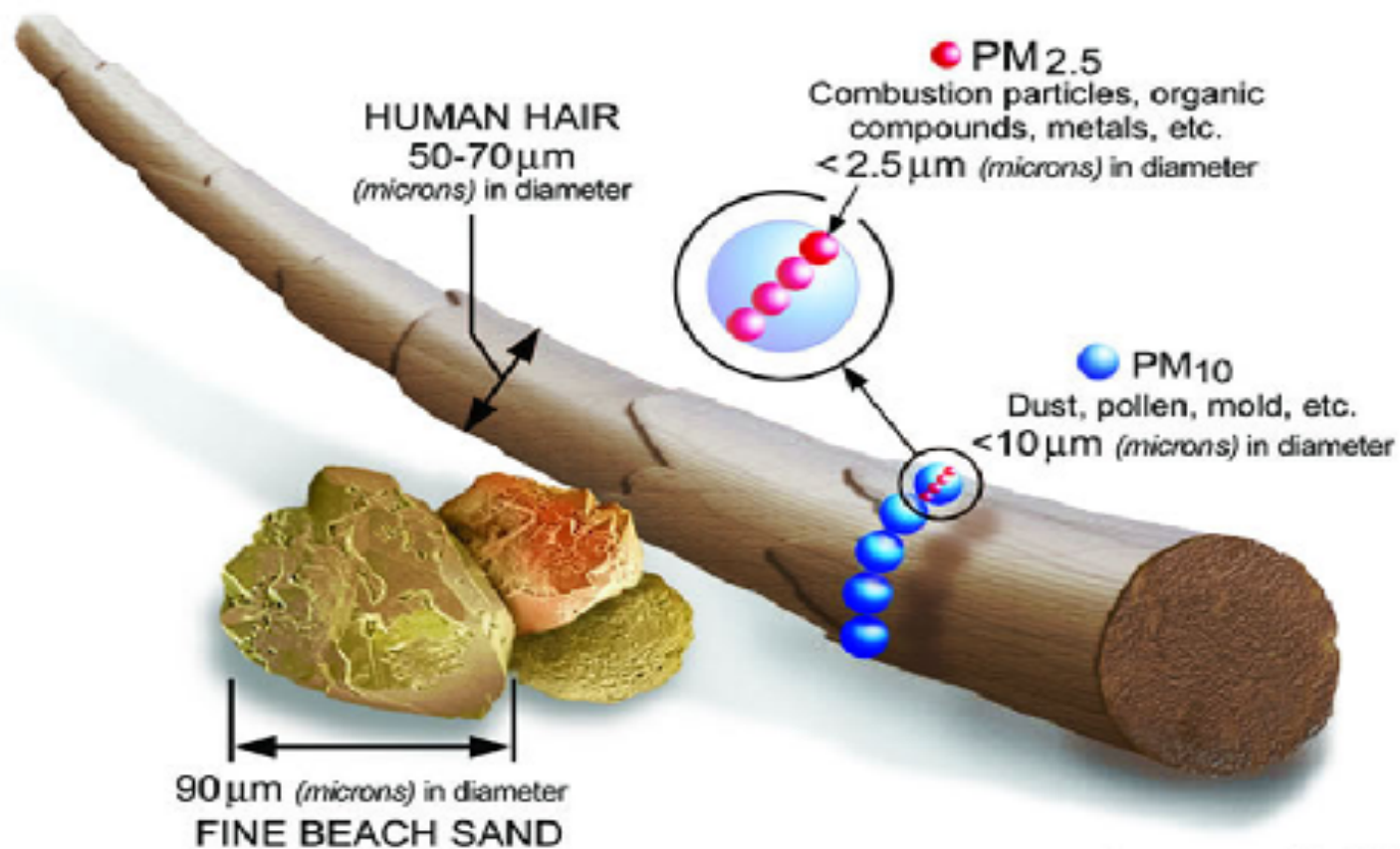


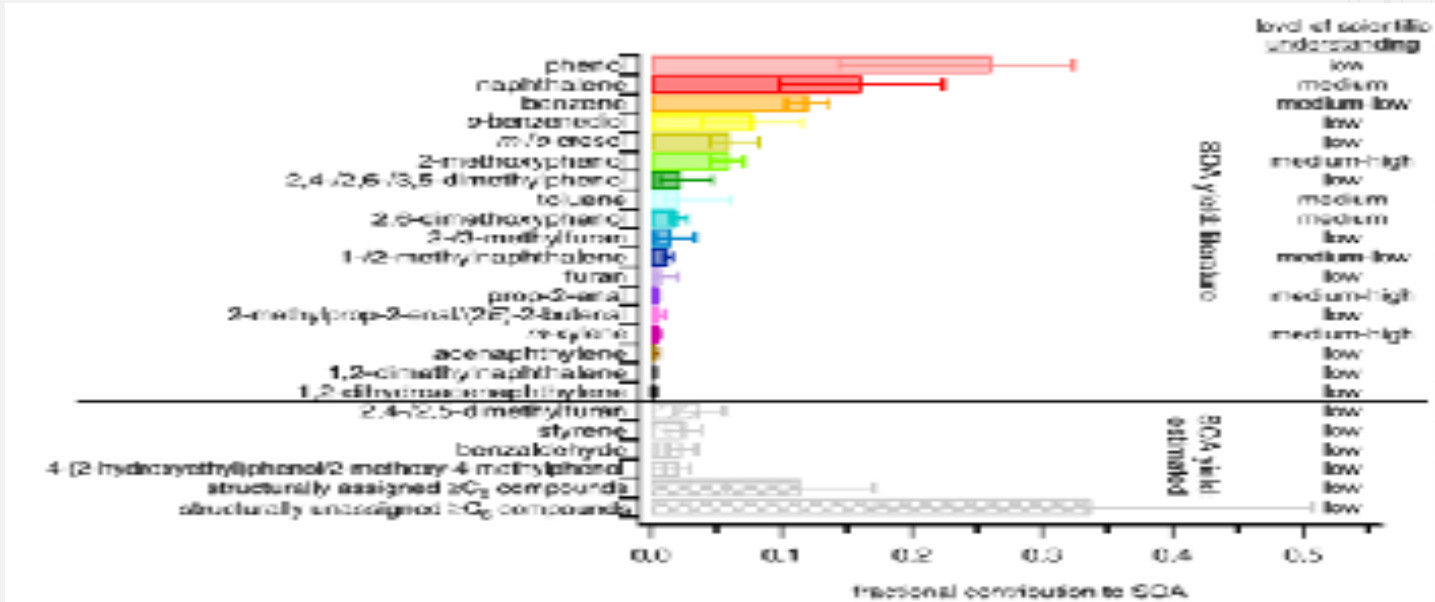
Image courtesy of the U.S. EPA

## **Sustancias que se emiten al aire al incinerar biomasa forestal**

- Por lo general sólo suelen controlarse el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre.
- Fase gaseosa (pino): benceno, tolueno, naftaleno, fenol, cresoles, guaiacoles, formol, acetaldehído, glioxal, etc.
- Fase de partículas (pino): fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno/trifenileno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, bencenodiol, vanillina, coniferaldehído, ácido abiético, etc.
- Dioxinas y furanos (forman parte de los “12 sucios”)

# Aerosoles orgánicos secundarios

- Las emisiones directas de la combustión de la madera no solo incluyen numerosas sustancias tóxicas, sino que además estas sustancias al envejecer en la atmósfera se convierten en aerosoles orgánicos secundarios que es necesario también tener en cuenta por su impacto en el medio ambiente y en la salud.



# Toxicidad emisiones de la incineración de madera

- **5 grupos químicos**, clasificados como **cancerígenos** humanos, por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (**IARC**), otros categorizados por la IARC como **probables o posibles** cancerígenos humanos, y al menos 26 sustancias químicas clasificadas por la Agencia de Protección Ambiental (**EPA**) de EE.UU. como **contaminantes aéreos peligrosos**.
- **1** Cancerígenas (1,3-Butadieno, Arsénico, Benceno, Cadmio, Partículas finas, Formol, Cromo hexavalente, Níquel, Tetraclorodibenzodioxinas)
- **2A** Probables cancerígenas (Plomo)
- **2B** Posibles cancerígenas (Acetaldehído, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Etilbenceno, Indenol(1,2,3-cd)pireno).

## **Algunas de las sustancias más peligrosas para la salud que se encuentran en el humo de la madera están citadas nominalmente en el Anejo II del R.D. 1/2016**

- Se trata de compuestos orgánicos volátiles, metales y sus compuestos, partículas finas (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>0,1</sub> -diámetro menor de 100 nm-), cloro y sus compuestos, arsénico y sus compuestos, paradiclorodibenzodioxinas y paradiclorodibenzofuranos.
- Otras sustancias presentes en el humo de la madera cuya toxicidad está confirmada (p.e.1,3-butadieno, benceno, estireno, pireno, criseno, tolueno, naftaleno, formol, benzo(a)pireno, fluoranteno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, acroleína, fenol, cresoles, etc), al haberse demostrado su carácter cancerígeno, mutágeno o tóxico, se encuadran en el Apartado 12 de dicho Anejo II.

## Muchos tóxicos potenciales no son evaluados

- Andersson y Achten (2015) señalan que la lista de sustancias que se utiliza para evaluar la toxicidad para el medio ambiente es insuficiente. **Proponen que la lista de 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos que utiliza la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos desde 1970 se amplie a 40 sustancias.**
- En Europa y en concreto en España no son evaluados la mayoría de estos hidrocarburos aromáticos policíclicos propuestos por Andersson y Achten (2015).

# Patologías relacionadas con la incineración

- Asma, bronquitis aguda, infecciones respiratorias, EPOC
- Enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón
- Daño a las respuestas inmunes respiratorias
- Arteriosclerosis
- Demencia y deterioro cognitivo
- Reducción de la fertilidad
- Trastorno hipertensivo del embarazo
- Bajo peso al nacer, pequeño tamaño para la edad de gestación y mortalidad infantil

## Las emisiones de incineración de biomasa son más tóxicas que las del tráfico

- Para analizar la toxicidad, los investigadores expusieron células pulmonares a niveles de estos aerosoles en el laboratorio. Observaron que el **75% de las células analizadas morían a las veinticuatro horas de la exposición a aerosoles** provenientes de **biomasa**, mientras que **un 35%** lo hacían al exponerlas a los aerosoles provenientes del **tráfico**.
- Organic aerosol in Catalonia. Emission sources and toxicity Clara Jaén, Barend L. van Drooge i Joan O. Grimalt Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC)

# El humo de la madera es mas cancerígeno y mas mutagénico que el humo del tabaco

- Se ha calculado que habría que encender 27.333 cigarrillos para emitir la misma cantidad de benzo (a) pireno que la quema de un kilogramo de madera-  
Comparison of Toxic Chemicals in Wood and Cigarette Smoke. [https://  
assets.website-files.com/  
5ea151307882811ed02c4347/5fce0ecc8664a3add9c15264\\_toxic\\_chemicals\\_wood\\_cigarette\\_smoke.pdf](https://assets.website-files.com/5ea151307882811ed02c4347/5fce0ecc8664a3add9c15264_toxic_chemicals_wood_cigarette_smoke.pdf)

# El humo de la madera es más dañino que el diésel

- ... las partículas de humo de madera causan un **mayor daño oxidativo a las células endoteliales umbilicales humanas** y estimulan el aumento de la adhesión de los monocitos en comparación con las partículas diésel. Arrhythmias and particulate matter. Jonathan Grigg [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(17\)30027-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(17)30027-X/fulltext)
- ...la materia en partículas del humo de la madera causa **más daño al ADN** que la materia de partículas del tráfico. Oxidative damage to DNA and repair induced by Norwegian wood smoke particles in human A549 and THP-1 cell lines. Pernille Høgh Danielsen 1 , Steffen Loft, Anette Kocbach, Per E Schwarze, Peter Møller. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19041418/>

**EEUU. A nivel nacional, en 2017, los impactos en la salud de la combustión de biomasa y madera son mayores que los de la combustión de carbón y gas individualmente.**

- En 2008, los efectos la salud de la contaminación atmosférica procedente de fuentes fijas se debían en gran medida a la combustión de carbón.
- En 2017, los efectos sobre la salud de la combustión de biomasa y madera ya eran mayores que los de la combustión de carbón y gas por separado.
- La biomasa y la combustión de madera han sustituido al carbón como principales fuentes de mortalidad por combustión de combustibles en muchos estados.
- Sustituir una fuente de combustible contaminante por otra no es el camino hacia un sistema energético saludable.
- *A decade of the U.S. energy mix transitioning away from coal: historical reconstruction of the reductions in the public health burden of energy. Jonathan J Buonocore, Parichehr Salimifard, Drew R Michanowicz and Joseph G Allen*

# ¿Hay límites seguros para las emisiones?

- La contaminación por partículas es similar a la contaminación por plomo o algunas sustancias cancerígenas: no hay evidencia de un límite seguro, no importa cuán bajo sea.

Original Article | [Open access](#) | Published: 31 January 2017

## Particulate air pollutants, APOE alleles and their contributions to cognitive impairment in older women and to amyloidogenesis in experimental models

M Cacciottolo, X Wang, I Driscoll, N Woodward, A Saffari, J Reyes, M L Serre, W Vizueté, C Sioutas, T E

Morgan, M Gatz, H C Chui, S A Shumaker, S M Resnick, M A Espeland, C E Finch  & J C Chen 

## ¿Qué dice la Ley?

- El Artículo 22 del Real Decreto 1/2016, por el que se aprueba el texto refundido de la **Ley de prevención y control integrados de la contaminación**, en relación al contenido mínimo de la AAI (autorización ambiental integrada), indica que deben figurar los valores límite de emisión de las sustancias contaminantes enumeradas en el Anejo II, y en el punto 12 de la lista de dicho Anejo se menciona **“sustancias y preparados respecto de los cuales se haya demostrado que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas o puedan afectar a la reproducción a través del aire”**.

# Principio de Precaución

- El Recurso al Principio de Precaución, está definido en el **Artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea** (Diario Oficial de la Unión Europea (2016/C 202/01, 7 junio 2016) y en la Comunicación de la Comisión sobre el Recurso al principio de precaución de 2 de febrero de 2000.
- La decisión de invocar el principio de precaución es pertinente. Se ejerce cuando la información científica es insuficiente, poco concluyente o incierta, y cuando hay **indicios de que los posibles efectos sobre el medio ambiente y la salud humana, animal o vegetal pueden ser potencialmente peligrosos e incompatibles con el nivel de protección elegido.**

## La incineración de madera contribuye al incremento de gases de efecto invernadero

- Genera CO<sub>2</sub>, uno de los principales contribuyentes al calentamiento global (el 50% de la madera es carbono), en mayor medida que otros combustibles, puesto que tiene el **factor de emisión de carbono más alto**.
- **No es carbono neutra**. Una masa forestal se corta y se incinera en muy poco tiempo emitiendo a la atmósfera de golpe todo el carbono almacenado en la madera.
- Una **plantación** para alcanzar el mismo volumen de madera y **secuestrar la misma cantidad de carbono** que la masa cortada requiere algo más de **30 años** en el caso de *Pinus radiata* (Cantero y cols 1995) y un mayor periodo de años en otras especies.

**Las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido de nitrógeno son más altas cuando se incinera madera que cuando se incineran otros combustibles, como la antracita y el lignito**

**Table 1: Greenhouse gas emissions of wood, coal and natural gas, net calorific basis**

Source	Emissions (kg CO <sub>2</sub> /TJ) (1 TJ = 278 MWh)				
	Wood	Anthracite	Bituminous	Lignite	Natural gas
Carbon dioxide	112,000 (95,000–132,000)	98,300 (94,600–101,000)	94,600 (89,500–99,700)	101,000 (90,900–115,000)	56,100 (54,300–58,300)
Merhane	30 (10–100)	1 (0.3–3)	1 (0.3–3)	1 (0.3–3)	1 (0.3–3)
Nitrous oxide	4 (1.5–15)	1.5 (0.5–5)	1.5 (0.5–5)	1.5 (0.5–5)	0.1 (0.03–0.3)

Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol. 2 (Energy), Table 2.2, pp. 2.16–2.17.

# Afectación Zamora



# Afectación Zamora 5 km

## Afectación Zamora 5 km



Distribución de metales comunes en la turba cercana a una fundición en Flin Flon, Manitoba. S.C.

Zoltai <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00226493#page-1>

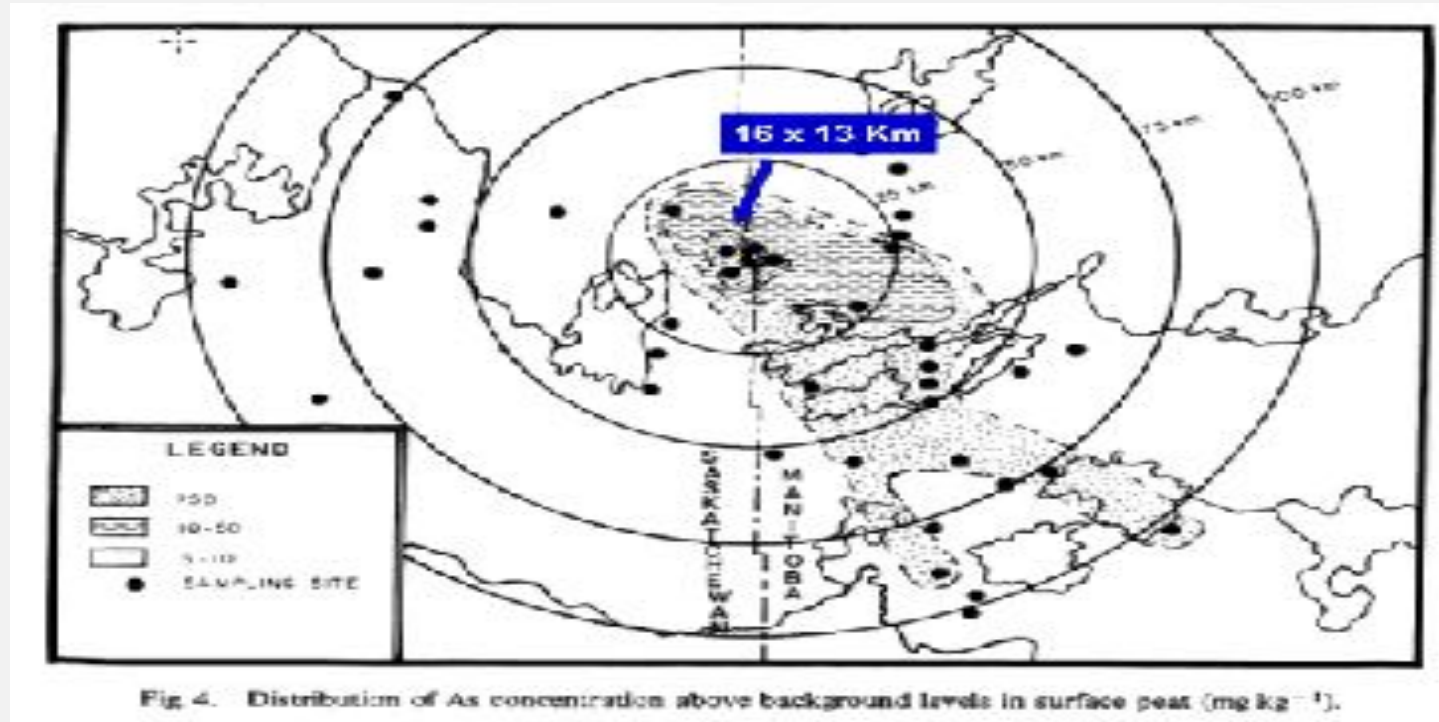


Fig. 4. Distribution of As concentration above background levels in surface peat ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

# Distribución de metales comunes en la turba cercana a una fundición en Flin Flon, Manitoba. S.C. Zoltai <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00226493#page-1>

[link.springer.com/article/10.1007/BF00226493#page-1](https://link.springer.com/article/10.1007/BF00226493#page-1)

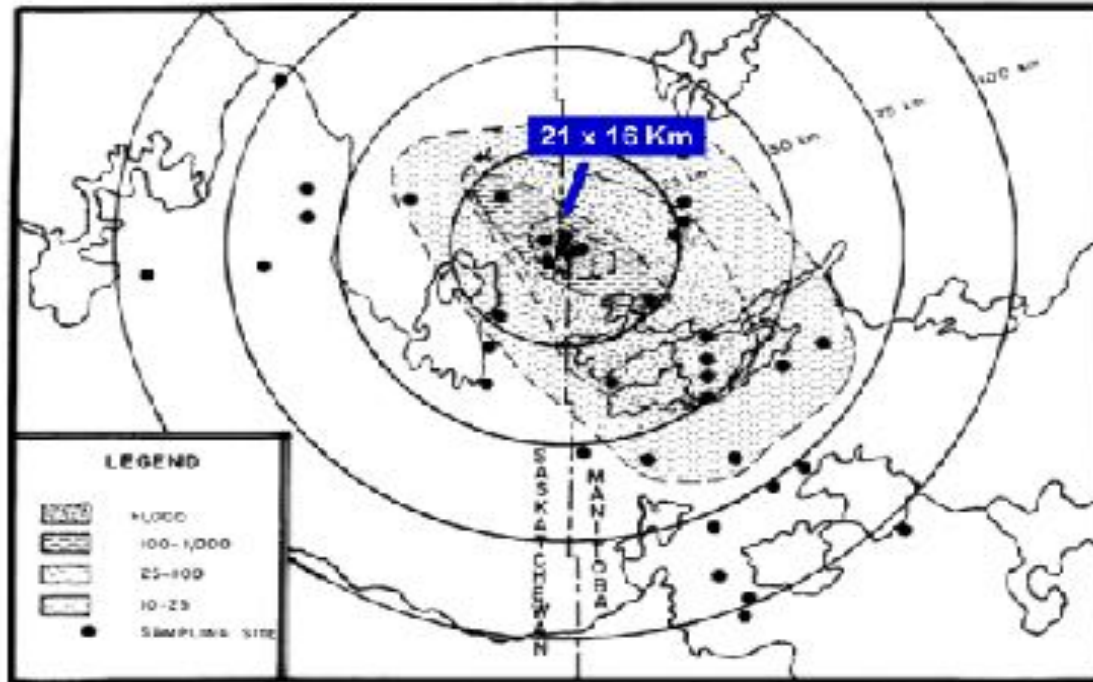


Fig. 2. Distribution of Pb concentration above background levels in surface peat ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

# Contaminación por metales pesados Cu-Ni en torno a la fundición de Harja valta, Finlandia.

## Oili Kiikkilä

[https://www.researchgate.net/publication/237259255\\_Heavy-metal\\_Pollution\\_and\\_Remediation\\_of\\_Forest\\_Soil\\_around\\_the\\_Harja\\_valta\\_Cu-Ni\\_Smelter\\_in\\_SW\\_Finland](https://www.researchgate.net/publication/237259255_Heavy-metal_Pollution_and_Remediation_of_Forest_Soil_around_the_Harja_valta_Cu-Ni_Smelter_in_SW_Finland)



**Fig. 1.** The moderately polluted area. The ellipse indicates the area where the accumulation of copper in moss bogs was over 5-fold compared to background areas in 1981–1982 (modified from Hyvärinen 1986).

## DESCONTAMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA FUNDICIÓN DE TACOMA.EE.UU



Figure 1: Estimate of Area Affected by Historical Tacoma Smelter Emissions with Wind Rose Diagram of Predominant Wind Directions at the Smelter Site (Based on Data Available as of January 2000)

Enology, 2002  
 Class, 2002

<b>Estudio</b>	<b>Localidad</b>	<b>Metales</b>	<b>Distancia o área en la que se producen afecciones significativas</b>
<b>Carpi et al 1994</b>	<b>New Jersey</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Hasta 4.5 Km</b>
<b>Kettles y Bohham-Carter 2002</b>	<b>Quebec</b>	<b>Cobre y Plomo</b>	<b>Hasta 17.2 Km</b>
<b>Zoltai 1988</b>	<b>Manitoba</b>	<b>Plomo Arsénico</b>	<b>21 x 16 Km 16 x 13 Km</b>
<b>Goodarzi et al 2002</b>	<b>British Columbia</b>	<b>Plomo y Cinz</b>	<b>Hasta 4.5 Km</b>
<b>Kiikkilä 2003</b>	<b>Finlandia</b>	<b>Cobre</b>	<b>13 x 8 Km</b>
<b>Dept. of Ecology, State of Washington</b>	<b>Tacoma, Washington</b>	<b>Arsénico</b>	<b>50 x 18 Km</b>

# Mortalidad e incineración

Environment International 51 (2013) 11–44



ELSEVIER

Listas de contenidos disponibles en SciVerse ScienceDirect

Environment International

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envint](http://www.elsevier.com/locate/envint)



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>

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

<sup>b</sup> CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España

# Mortalidad e incineración

- Las siguientes localidades presentan mortalidades superiores a los municipios más alejados:
- **Castellbisbal** (Barcelona) un 11 % superior.
- **Molins de Rei** (Barcelona) un 10 %
- **Viladecans** (Barcelona) un 11 %
- **Santa Fe** (Granada) un 18 %
- **Muskiz** (Vizcaya) un 25 %
- **Rubí** (Barcelona) un 12 %
- **Bilbao** presenta un 69 % (mieloma)
- **Valladolid** un 67 % (cáncer de páncreas)



**Consumo de electricidad per cápita 2022**  
(kWh per cápita -kilovatio hora unidad  
de energía igual a 3.6 megajulios-).

**Noruega 23.000**

Bahrain 19.970

EE.UU. 12.994

Suecia 12.509

**Francia 6.595**

Alemania 6.147

**España 5.259**

Rumanía 2.654

Media Europa 4.500

Cuba 1.448

**Países pobres 211**

**Consumo de energía (kg de  
equivalente de petróleo per cápita)**

**Quatar 19.903**

Islandia 17.479

EEUU 6.804

Arabia Saudi 6.646

**España 2.571**

Cuba 1.032

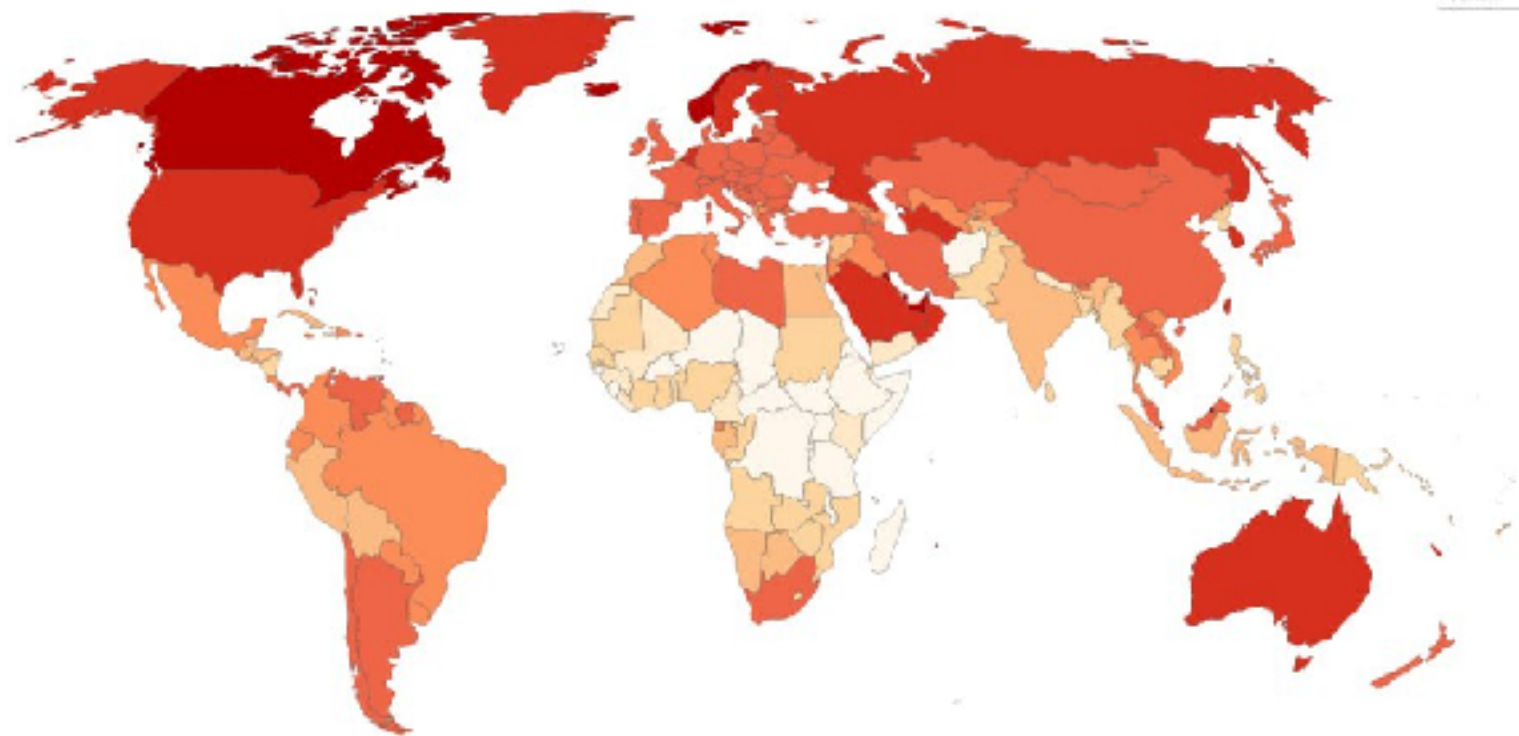
**Bhutan 358**

## Energy use per person, 2021

Energy use not only includes electricity, but also other areas of consumption including transport, heating and cooking.

Our World  
in Data

World

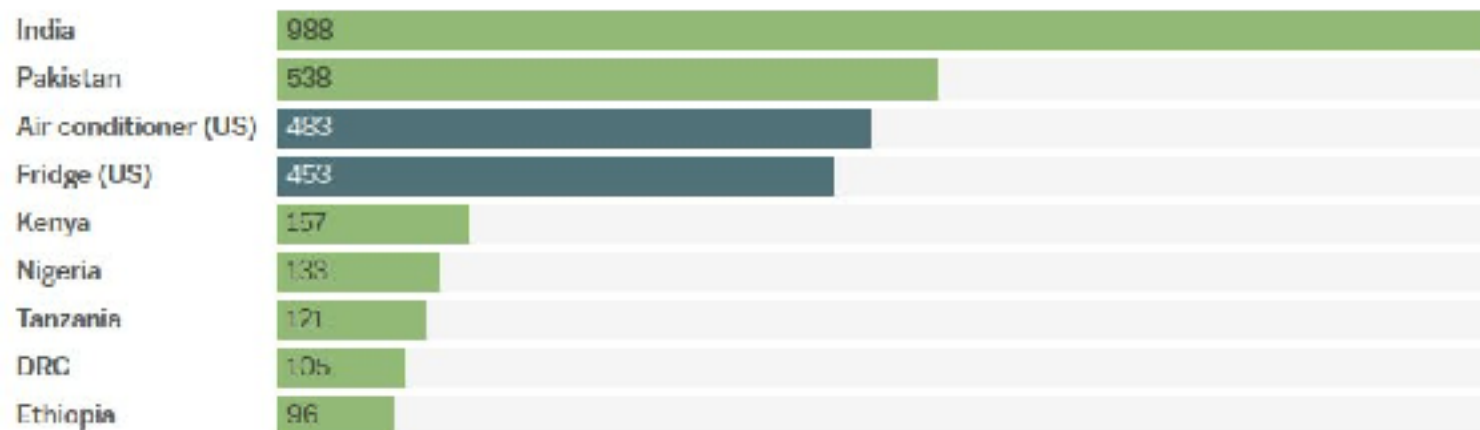


Un frigorífico en EE.UU. consume más energía en un año que una persona en muchos países -450 kilovatios-hora de energía (kWh)-

## A fridge in the US consumes more energy in a year than an individual in many countries

Annual electricity consumption in kilowatt-hours

■ A person (of the country) ■ Fridge (US) ■ Air conditioner (US)



# INDUSTRIAS TOXICAS O SALUD

