

EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y VIGILANCIA DE LA SALUD



Dr. Pere Sanz Gallen

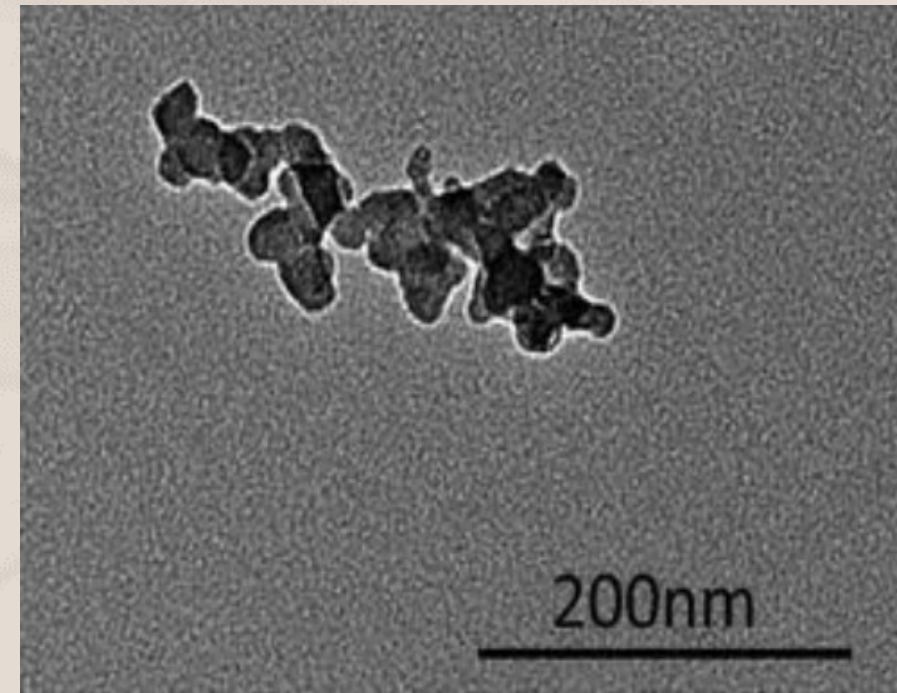


ÍNDICE

- Introducción: Composición de los humos diésel.
- Principales efectos sobre la salud.
- Partículas, gases tóxicos, VOCs y HAPs.
- Aceites minerales y Dermatitis.
- Protocolos de Vigilancia de la Salud y Principales Recomendaciones.
- Referencias Bibliográficas.

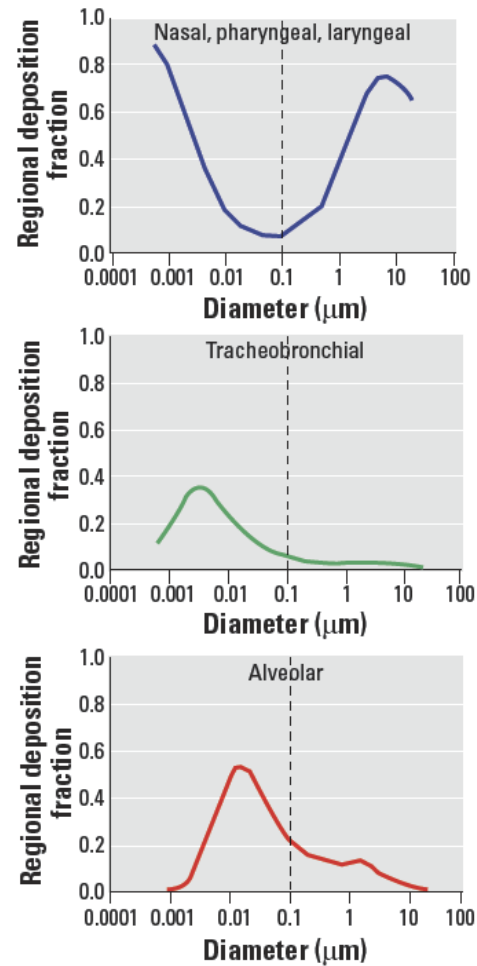
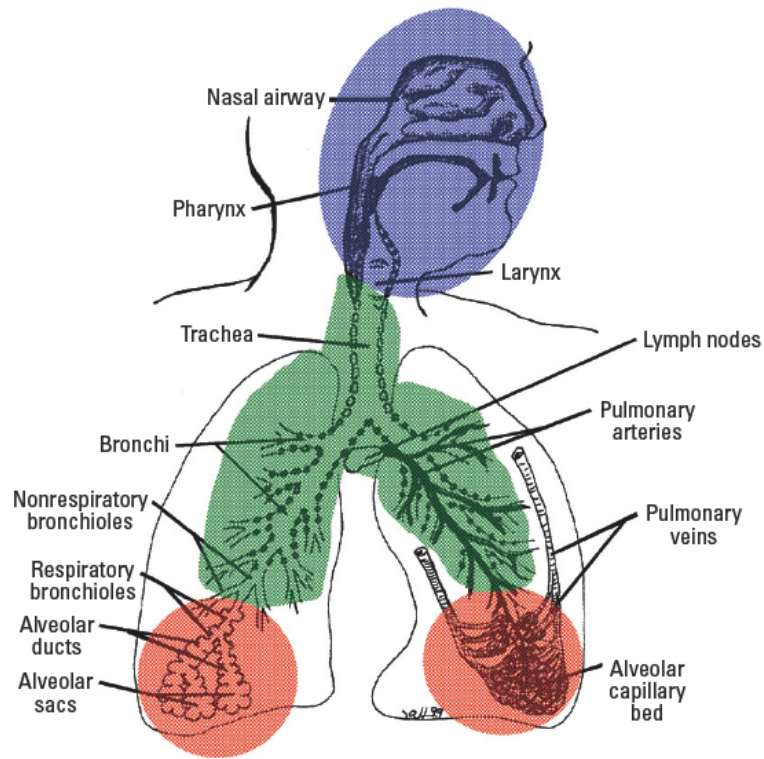
COMPOSICIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE DE LOS MOTORES DIÉSEL

- **MATERIA PARTICULADA (PM): 10-30 % DE DIFERENTES TAMAÑOS, PM 10, PM 2,5 (Partículas Finas) Y PM (Partículas Ultrafinas) 100nm SON ESTAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE PM 0,1 LAS QUE CONOCEMOS COMO HOLLÍN Y ESTÁN COMPUESTAS POR UN NÚCLEO DE CARBONO ELEMENTAL QUE TIENE ADSORBIDO EN SU SUPERFICIE PARTÍCULAS DE HIDROCARBUROS DE ALTA TOXICIDAD.**
- **DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂): 10-15 %**
- **MONÓXIDO DE CARBONO (CO): 1-5 %**
- **DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂): 0,5-2 %**
- **ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x): 5-15 %**
- **COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCS)
E HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP): 1-3 %**



Micrografía electrónica de partículas de agregados de 200 nm, partículas primarias de 20 nm

DEPÓSITO DE LAS PARTICULAS



Fracción INHALABLE

Fracción TORÁCICA

Fracción RESPIRABLE

Figure 8. Predicted fractional deposition of inhaled particles in the nasopharyngeal, tracheobronchial, and alveolar region of the human respiratory tract during nose breathing. Based on data from the International Commission on Radiological Protection (1994). Drawing courtesy of J. Harkema.

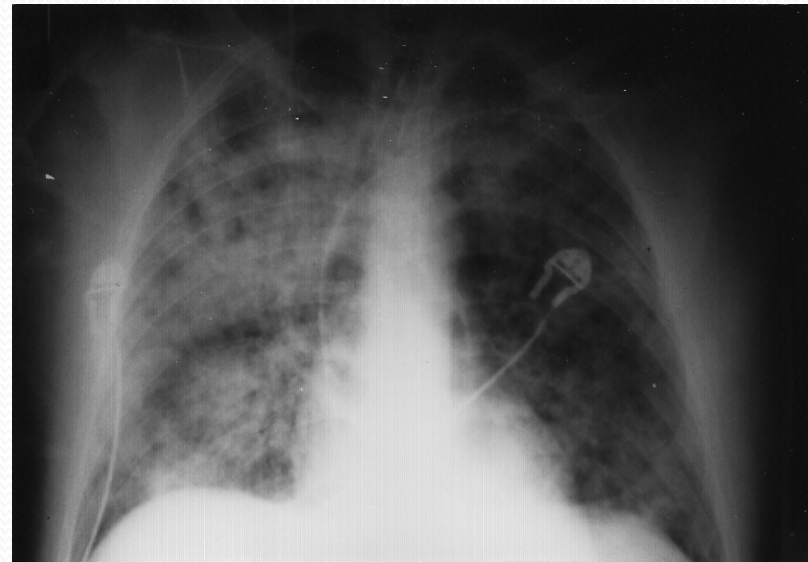
Principales efectos sobre la salud

Los principales efectos para la salud asociados a la exposición a este tipo de emisiones son:

- Reacciones inflamatorias en los pulmones (partículas, gases).
- Enfermedades cardiovasculares :isquemia, infartos de miocardio, trombosis (partículas, gases).
- Alergia Respiratoria.
- Alteraciones neurológicas (VOCs).
- Cáncer de pulmón (HAPs).

GASES TÓXICOS

- Gases Asfixiantes.
- Gases Irritantes.



GASES TÓXICOS

Asfixiantes:

- Simples (metano, nitrógeno, dióxido de carbono): Desplazan el oxígeno del aire inspirado.
- Químicos o Mitocondriales (CO, CNH): pasan a la sangre e intervienen en la cadena respiratoria celular.

INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO

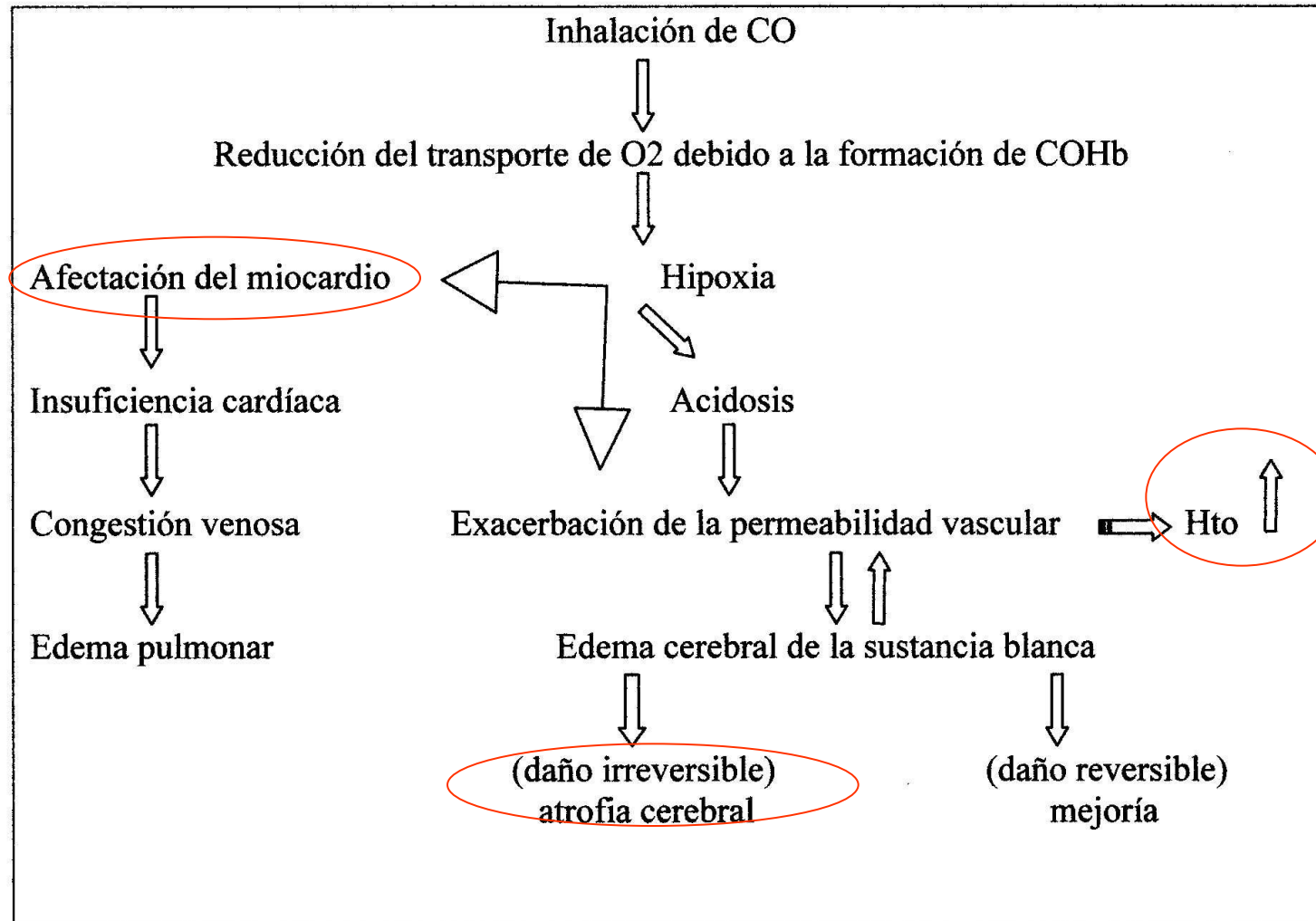
Fuentes Contaminantes:

- La combustión incompleta de diferentes materiales orgánicos que contienen carbono: tubos de escape de automóviles (hasta un 8%).
- En **altos hornos**, el gas puede tener hasta un 30% de CO.
- Producción de **gas de calefacción**.
- El CO es el responsable en el 80% de los casos de las alteraciones provocadas por la inhalación de humo en el transcurso de un **incendio**.
- Aerosoles domésticos e industriales, quitamanchas, que contienen **cloruro de metileno** (disolvente que al ser inhalado se metaboliza lentamente hacia CO).



INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO

Mecanismo de acción:



Intoxicación Crónica. Control Ambiental y Biológico

- Alteraciones del Sistema Cardio-Vascular (mayor predisposición a padecer anginas de pecho e infartos de miocardio).
- Alteraciones Neuro-Psiquiátricas.

VLA-ED: 20 ppm. VLA-EC: 100 ppm

VLB: Carboxihemoglobinemia: 3.5%. CO aire alveolar: 20 ppm.

GASES TÓXICOS

IRRITANTES PRIMARIOS

- Afectan principalmente Vías Respiratorias Altas (Amoniaco, HCl, HCHO).
- Afectan principalmente VRA y Bronquios (Cloro, Bromo, Dióxido de Azufre).
- Afectan principalmente al parénquima pulmonar (Dióxido de Nitrógeno, Ozono, Fosgeno).

- Es un gas a temperatura ambiente, más pesado que el aire.
- Está presente en diversos fueles y se forma en los silos debido a los procesos de fermentación de los cereales (enfermedad de los silos).
- Se puede desprender en la soldadura con arco y llama de oxiacetileno.
- Puede liberarse al medio ambiente a través de las centrales eléctricas alimentadas por gas natural y fuel e incluso se encuentra en el humo del tabaco.

Intoxicación aguda

- Puede ocasionar tos, laringitis y conjuntivitis, entre 6 y 24 horas puede aparecer un edema agudo de pulmón.

Como secuelas posteriores pueden aparecer bronquiolitis obliterante, enfisema, fibrosis pulmonar.

Intoxicación crónica

Enfisema pulmonar e infecciones pulmonares.

VLA-ED: 0.5 ppm. VLA-EC: 1 ppm.

Debido a su baja solubilidad las lesiones en la vía aérea superior son escasas, por lo que llega con facilidad a **bronquiolos y alvéolos** donde se combina con **agua** produciendo **nitrógeno y ácido nítrico**. Se lesionan sobretodo las células tipo I de los alvéolos, las cuales son reemplazadas por células con características de tipo II.

Secuelas: Bronquiolitis Obliterante y Fibrosis Pulmonar.

VLA-ED: 0.5 ppm. VLA-EC: 1 ppm (NO_2).

VLA-ED: 2 ppm (NO).

Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs)

- Irritantes de piel y mucosas.
- Depresores del Sistema Nervioso Central (cefaleas, somnolencias, mareos, vértigos, etc).
- Leucemias, cáncer linfático (benceno, 1-3 butadieno).

Table 1. Summary statistics of selected VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for the time per

	>MDL %	<MDL %	Missing %	Arithmetic mean	Geometric mean	M
Benzene	100	0	0	0.59	0.52	
Toluene	100	0	0	1.79	1.44	
Ethylbenzene	98	2	0	0.26	0.21	
<i>m,p</i> -Xylene	99	1	0	0.87	0.69	
<i>o</i> -Xylene	97	3	0	0.30	0.25	
3-Ethyltoluene	88	12	0	0.16	0.12	
4-Ethyltoluene	79	21	0	0.08	0.06	
1,2,4-Trimethylbenzene	78	22	1	0.25	0.19	
Ethane	100	0	0	6.33	5.57	
Propane	100	0	0	5.19	4.25	
<i>n</i> -Butane	100	0	0	4.07	3.37	
Isobutane	100	0	0	1.83	1.48	
2,3-Dimethylbutane	100	0	0	0.11	0.08	
<i>n</i> -Pentane	100	0	0	1.20	0.95	
Isopentane	100	0	0	2.07	1.76	
2-Methylpentane	99	1	0	0.49	0.40	
3-Methylpentane	94	6	0	0.34	0.28	
2,3-Dimethylpentane	100	0	0	0.31	0.26	
2,4-Dimethylpentane	99	1	0	0.12	0.10	
2,2,4-Trimethylpentane	100	0	0	0.45	0.37	
2,3,4-Trimethylpentane	91	9	0	0.10	0.08	
Cyclopentane	98	2	0	0.09	0.08	
Methylcyclopentane	100	0	0	0.26	0.22	
<i>n</i> -Hexane	99	1	0	0.51	0.40	
2-Methylhexane	100	0	0	0.23	0.19	
3-Methylhexane	100	0	0	0.28	0.23	
Cyclohexane	94	6	0	0.11	0.09	
Methylcyclohexane	98	2	0	0.15	0.12	
<i>n</i> -Heptane	72	27	0	0.26	0.21	
2-Methylheptane	67	33	0	0.07	0.06	
3-Methylheptane	78	22	0	0.06	0.05	
<i>n</i> -Octane	68	32	0	0.08	0.07	
<i>n</i> -Nonane	85	15	0	0.08	0.07	
<i>n</i> -Decane	87	13	0	0.12	0.09	
<i>n</i> -Undecane	85	14	1	0.12	0.09	
Ethylene	100	0	0	1.54	1.29	
Propylene	100	0	0	0.45	0.39	
Acetylene	100	0	0	0.93	0.74	
1,3-Butadiene	62	38	0	0.07	0.05	
1-Butene/Isobutene	79	21	0	0.28	0.25	
2-Methyl-1-butene	79	21	0	0.07	0.06	
2-Methyl-2-butene	70	30	0	0.07	0.05	
<i>trans</i> -2-Pentene	74	26	0	0.06	0.05	
Freon11	100	0	0	1.63	1.62	
Freon12	100	0	0	2.60	2.60	
Freon22	100	0	0	0.99	0.95	
Freon113	67	0	33	0.60	0.59	
Carbon tetrachloride	100	0	0	0.53	0.52	
Chloromethane	100	0	0	1.17	1.17	
Dichloromethane	100	0	0	0.36	0.33	
Chloroform	68	32	0	0.10	0.10	
Tetrachloroethylene	67	32	0	0.22	0.14	
Isoprene	74	26	0	0.21	0.10	
2-Ethyltoluene ¹	45	54	0	0.06	0.05	
1,2,3-Trimethylbenzene ¹	42	57	1	0.06	0.05	
1,3,5-Trimethylbenzene ¹	55	44	1	0.07	0.06	
<i>n</i> -Dodecane ¹	44	54	1	0.08	0.06	
Naphthalene ¹	43	57	0	0.09	0.06	
1,2-Dichloroethane ¹	46	54	0	0.07	0.07	
1,4-Dichlorobenzene ¹	54	46	0	0.06	0.05	
Styrene ¹	29	68	3	0.05	0.03	
α -Pinene ¹	28	69	3	0.08	0.05	
4-Methylheptane	53	47	0	0.03	0.02	
2,4-Dimethylhexane	46	54	0	0.06	0.04	
2,5-Dimethylhexane	52	48	0	0.04	0.03	
<i>trans</i> -2-Butene	49	51	0	0.06	0.05	
<i>cis</i> -2-Butene	47	53	0	0.07	0.04	
<i>cis</i> -2-Pentene	33	67	0	0.03	0.03	
1-Propyne (Propyne)	46	21	33	0.04	0.03	

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Usos:

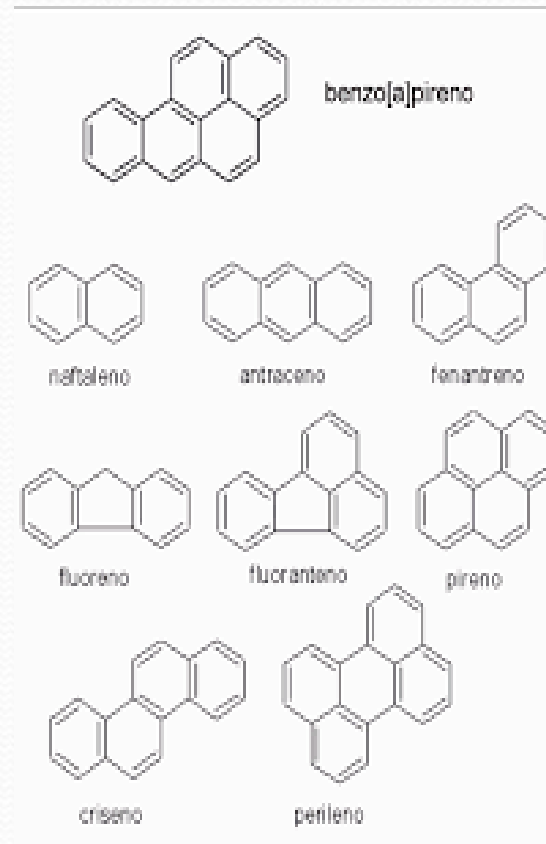
Aceites minerales, refinerías de petróleo, gas de horno de coque, asfalto, hollín, emisiones de humos de diésel, etc.

Clínica:

Cancerígenos (Benzopireno):

-Cáncer de piel y escroto.

-Cáncer de pulmón.



Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

- La importancia desde el punto de vista toxicológico de los HAPs es que algunos de ellos se les considera cancerígenos principalmente: **Benzo (a) pireno**, Benzo (a) antraceno y el Benzo (a, h) antraceno (Se han detectado más de 100 tipos de HPAs).
- Exposiciones > 15 años.
- Los puntos de fusión de los HAPs cancerígenos se encuentran entre 167 y 270°C.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Marcador biológico:

1-Hidroxipireno en orina:

2.5-2.6 $\mu\text{g/l}$ (ACGIH de USA y Finlandia).

Población general:

- No fumadores ($<0.7 \mu\text{g/l}$).
- Fumadores (0.57-1.02 $\mu\text{g/g}$ creatinina).



ACEITES MINERALES USADOS EN MOTORES

- LOS ACEITES MINERALES USADOS DE MOTOR SON DERIVADOS DEL PETRÓLEO REFINADOS CON ADITIVOS QUÍMICOS QUE SE UTILIZAN PARA LA LUBRICACIÓN Y LA REFRIGERACION DE LAS PARTES MÓVILES DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA, ASÍ COMO PARA LA PROTECCIÓN DE LOS METALES FRENTE A LA CORROSIÓN.
- LOS ACEITES MINERALES DE MOTOR SIN USAR PRESENTAN UN CONTENIDO EN HAPs MUY BAJO Y POR ELLO NO SE CONSIDERAN CANCERÍGENOS; SIN EMBARGO, DURANTE SU USO EN LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA SE PRODUCEN CAMBIOS EN SU COMPOSICIÓN, ORIGINADOS PRINCIPALMENTE POR EL AUMENTO DE TEMPERATURAS Y LA ACUMULACION DE RESTOS DE COMBUSTIBLE SIN QUEMAR Y DE PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN, JUNTO CON LA PRESENCIA DE AIRE HACEN QUE AUMENTE CONSIDERABLEMENTE EL CONTENIDO EN HAPs.



PRINCIPALES ALTERACIONES DERMATOLÓGICAS

- DERMATITIS DE CONTACTO (Irritativa y Alérgica).
- Acné, Alteraciones de la pigmentación, Botón de aceite (foliculitis).
- **Cáncer Cutáneo (basocelular, espinocelular).**

PROTOCOLOS DE VIGILANCIA DE LA SALUD

- Protocolo del Asma Laboral de Ministerio de Sanidad y Consumo.

https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/asma_laboral.pdf

- Protocolo de Dermatitis Laborales del Ministerio de Sanidad y Consumo.

<https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/dermatitis.pdf>

PRINCIPALES RECOMENDACIONES

- Debido al riesgo de enfermedades respiratorias como el enfisema, bronquiolitis obliterante, fibrosis pulmonar y principalmente el cáncer de pulmón valorar la realización de Radiología de Tórax (1-3 años) y/o TAC pulmonar.
- La Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) ha iniciado una investigación para evaluar la utilización de la TAC pulmonar en fumadores que finalizará en el año 2028, con la finalidad de la detección precoz de dicho cáncer, es el proyecto Cassandra (SEPAR NP proyecto Cassandra (16 nov 22).pdf), siguiendo las experiencias previas realizadas en Estados Unidos y en varios países europeos.

PRINCIPALES RECOMENDACIONES

La recomendación más importante es seguir el **CÓDIGO EUROPEO CONTRA EL CÁNCER:**

- 1 - No fume. No consuma ningún tipo de tabaco. 2 - Haga de su casa un hogar sin humo. Apoye las políticas antitabaco en su lugar de trabajo.**
- 3 - Mantenga un peso saludable. 4 - Haga ejercicio a diario. Limite el tiempo que pasa sentado.**
- 5 - Coma saludablemente:**
 - **Consuma gran cantidad de cereales integrales, legumbres, frutas y verduras.**
 - **Limite los alimentos hipercalóricos (ricos en azúcar o grasa) y evite las bebidas azucaradas.**
 - **Evite la carne procesada; limite el consumo de carne roja y de alimentos con mucha sal.**
- 6 - Limite el consumo de alcohol, aunque lo mejor para la prevención del cáncer es evitar las bebidas alcohólicas. 7 - Evite una exposición excesiva al sol, sobre todo en niños. Utilice protección solar. No use cabinas de rayos UVA.**
- 8 - En el trabajo, protéjase de las sustancias cancerígenas cumpliendo las instrucciones de la normativa de protección de la salud y seguridad laboral.**
- 9 - Averigüe si está expuesto a la radiación procedente de altos niveles naturales de radón en su domicilio y tome medidas para reducirlos.**
- 10 Para las mujeres:**
 - **La lactancia materna reduce el riesgo de cáncer de la madre. Si puede, amamante a su bebé.**
 - **La terapia hormonal sustitutiva (THS) aumenta el riesgo de determinados tipos de cáncer. Limite el tratamiento con THS.**
- 11 - Asegúrese de que sus hijos participan en programas de vacunación contra:**
 - **La hepatitis B (los recién nacidos) · El virus del papiloma humano (VPH) (las niñas).**
- 12 - Participe en programas organizados de cribado del cáncer: · Colorectal (hombres y mujeres)· De mama (mujeres)· Cervicouterino (mujeres).**

Base de datos y documentos del INSST

- **LEP, 2024.** <https://www.insst.es/noticias-insst/limites-de-exposicion-profesional-para-agentes-quimicos-2024>

- **INFOCARQUIM:** Una herramienta para la identificación de cancerígenos, mutágenos y reprotóxicos en el trabajo. <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/base-de-datos-infocarquim>


- **INSST, 2015. DIRECTRICES PARA LA DECISIÓN CLÍNICA DE ENFERMEDADES PROFESIONALES. Cáncer de pulmón** DDC-RES-02.

<https://www.insst.es/documents/94886/361694/DDC-RES-02.+C%C3%A1ncer+de+pulm%C3%B3n+A%C3%B1o+2015.pdf/f15f2957-8185-496e-9217-da7b3a40b9d6>

- **Biotox.** Guide biotoxicologique pour médecins du travail. INRS. Paris. 2023.
<https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>

Referencias Bibliográficas

- Cui S, Pang B, Yan H, Wu Bo, Li M, Xing C, Li J. Using Urinary Biomarkers to Estimate the Benzene Exposure Levels in Individuals Exposed to Benzene. *Toxics* 2022, 10: 636. <https://doi.org/10.3390/toxics10110636>
- Vermeulen R, Portengen, L, Li GL et al. Benzene exposure and risk of benzene poisoning in Chinese workers. *Occupational and Environmental Medicine* 2022; 79: 610-617. <https://doi.org/10.1136/oemed-2021-108155>
- Hesterberg, T. W., Long, C. M., Sax, S. N., Lapin, C. A., McClellan, R. O., Bunn, W. B., et al. (2011). Particulate Matter in New Technology Diesel Exhaust (NTDE) is Quantitatively and Qualitatively Very Different from that Found in Traditional Diesel Exhaust (TDE). <http://dx.doi.org/10.1080/10473289.2011.599277>
- Weiterkamp C, Kerr LB, Dishaw L, Nichols J, Lein Mc, Stewart MJ. A systematic review of the health effects associated with the inhalation of particle-filtered and whole diesel exhaust *Inhal Toxicol.* 2020; 32(1): 1–13. <https://doi.org/10.1080/08958378.2020.1725187>
- Bari A, Kindzienski WB. Ambient volatile organic compounds (VOCs) in Calgary, Alberta: Sources and screening health risk assessment. *Science of The Total Environment* 2018; 631–632 :627-640 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.023>
- Mckee RH, Adenuga MD, Carrillo JC. Characterization of the toxicological hazards of hydrocarbon solvents. *Crit Rev Toxicol.* 2015;45: 273–365. <https://doi.org/10.3109/10408444.2015.1016216>
- NIOSH. Hazard Review. Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt. US. Department of Health and Human Services. Cincinnati, USA December 2000. Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt | NIOSH | CDC
- Sanz-Gallen P, Barrot C, Herrera-Mozo I, Pujalte S. Rodriguez-Lagunas A. Occupational Contact Dermatitis due to Organic Bromine Compounds. *Current Allergy and Clinical Immunology* 2024; 37(2): 98-101. <https://www.researchgate.net/profile/PereSanz/publication/381131597>

A black and white photograph of a rocky coastline. The foreground is dominated by large, dark, jagged rocks. In the background, the ocean is visible with white foam from waves crashing against the shore. The sky is dark and overcast.

Moltes gràcies
Mila esker
Moitas grazas
Obrigado
Muchas gracias