

# CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ESTÉRILES MINEROS EN UN ESPACIO TURÍSTICO EN DESARROLLO, LA SIERRA MINERA DE CARTAGENA-LA UNIÓN (SURESTE DE ESPAÑA)

*Francisco Belmonte Serrato, Asunción Romero Díaz  
y Jesús Moreno Brotóns*  
Universidad de Murcia

## RESUMEN

En este trabajo se analiza la situación de las escombreras y pantanos mineros de lavado en la Sierra minera de Cartagena-La Unión, como potenciales áreas de riesgo para la salud de las poblaciones de la sierra minera y áreas adyacentes, así como la población turística.

Se alerta sobre la relación entre elevadas concentraciones de determinados metales pesados y la incidencia de algunos tipos de cáncer, puesta de manifiesto por diferentes trabajos y se muestran los elevados porcentajes de cáncer de pulmón y pleura en los municipios de Cartagena y La Unión, en relación a los encontrados en el resto de la Región.

**Palabras clave:** Estériles mineros, metales pesados, contaminación atmosférica, cáncer.

**Environmental pollution by sterile miners in a tourist area under development: sierra minera de Cartagena-La Union (southeast of Spain)**

## ABSTRACT

This paper examines the status of mining tailings washing and swamps in the mining Sierra of Cartagena-La Union, as potential areas of risk to the health of populations in the Sierra mining and adjacent areas and the tourist population.

Are warning about the relationship between high concentrations of certain heavy metals and the incidence of some cancers, as demonstrated by various studies and shown high rates

---

Fecha de recepción: 6 de octubre de 2009

Fecha de aceptación: 14 de abril de 2010

Departamento de Geografía. Universidad de Murcia, Campus de la Merced. 30001 MURCIA (España).  
E-mail: franbel@um.es, arodi@um.es.

of lung and pleura in the municipalities of Cartagena and La Union, in relation to those found in the rest of the region.

**Key words:** Sterile mining, heavy metals, air pollution, cancer.

## 1. INTRODUCCIÓN

La minería es un proceso mediante el cual se extraen minerales de un yacimiento, bien para utilizarlos directamente (caso del carbón) o bien para extraer de ellos los metales que lo componen. En este caso (minería metálica), el metal representa normalmente una pequeña fracción del resto de los materiales que forman el yacimiento y generalmente va más o menos mezclado con ellos, por lo que para su utilización hay que separarlo del resto.

Un yacimiento es explotable económicamente cuando el valor de venta de los metales excede el costo de separarlos del mineral (coste de extracción, lavado, comercialización, etc.). El contenido en metales de un yacimiento se expresa en porcentaje y se habla de «ley de corte» para especificar el mínimo contenido en metal que hace explotable un yacimiento (Tchernitchin y Herrera, 2006). Evidentemente, la ley de corte depende de la tecnología utilizada en la extracción y de los precios del mercado, pero también del grado de cumplimiento de la normativa ambiental (que eleva el costo). El mineral que contiene metales por debajo de la ley de corte, pero que es preciso remover para sacar el mineral de ley, se le considera «estéril», y se amontona en zonas próximas a la mina formando escombreras. El mineral con metales por encima de la ley de corte, se procesa triturándolo, rociándolo con productos químicos para separar los metales y lavándolo en balsas, donde los metales (más pesados) caerán al fondo y el resto, un lodo fluido que contiene los metales no extraídos y pequeñas proporciones de los metales que interesan, se convierte en estéril y se vierte mediante tuberías de bombeo a depósitos o pantanos y, en ocasiones, directamente en el mar, donde se amontonan. Por tanto, un estéril es tal, desde el punto de vista de la rentabilidad, pero no desde el punto de vista de su composición; un material estéril no es ambientalmente inocuo (Tchernitchin y Herrera, 2006).

Las consecuencias de la actividad minera para la salud de quienes trabajan en ella, son de sobra conocidas. Enfermedades como la silicosis (o neumoconiosis por acumulación de sílice y silicatos en los pulmones) que provoca, entre otras cosas, un aumento del riesgo de tuberculosis; bronquitis crónicas, infecciones respiratorias diversas, asma, siderosis o siderosilicosis (causadas por inhalación de hierro o hierro y sílice conjuntamente), han acompañado a los mineros desde siempre y formaban parte del riesgo conocido y asumido de la profesión de minero o cantero. En la minería subterránea, este riesgo quedaba reducido prácticamente a los trabajadores en contacto con la mina. Sin embargo, en la minería a cielo abierto, así como en las canteras de áridos, la contaminación ambiental por polvo procedente de los barrenados y del trasiego continuo de camiones y vehículos industriales, extienden este riesgo a las poblaciones que rodean el área minera o de cantera y especialmente las que quedan a sotavento de los vientos dominantes.

Parecería lógico pensar, que el cese de la actividad minera lleva implícito el cese del riesgo para la salud de la población de la zona minera. Sin embargo, tras el cese de la actividad, las áreas mineras quedan expuestas a la contaminación procedente de los estériles amontonados en escombreras y los acumulados en pantanos mineros. Sobre todo, si no fueron sellados convenientemente.

Las actividades mineras son responsables de una de las fuentes de contaminación por metales pesados más persistentes del planeta debido a estos residuos que suelen ser almacenados ocupando normalmente grandes superficies de terreno. Puesto que estos residuos están compuestos por una mezcla fangosa de roca finamente molida con altos contenidos en metales y restos de compuestos químicos empleados durante las operaciones de molidura y lavado del mineral, sus características son muy distintas a las de los suelos propiamente dichos. Por este motivo se trata de un residuo muy susceptible de ser erosionado, especialmente en áreas donde las lluvias presentan carácter torrencial (Jacob y Otte, 2004; Gieré et al., 2003). Estos residuos pueden, por lo tanto, liberar metales durante cientos de años tras el cese de la actividad minera (Gundersen et al., 2001). Por otro lado, una de las causas más importantes en la contaminación de las aguas es la generación de drenajes ácidos por la oxidación de los minerales con sulfuros como son las piritas (Sainz et al., 2003; Grande et al., 2005). Los bajos valores de pH resultantes, favorecen la dilución de los minerales y la liberación de metales tóxicos y otros elementos en los cuerpos de agua. Dichos procesos tienen lugar en las enormes cantidades de depósitos de estériles mineros diseminados por toda la sierra, constituyendo por tanto un riesgo importante por su capacidad de ser movilizados por los agentes de la geodinámica externa, en especial por las aguas de escorrentía. Los contenidos en metales pesados de estos residuos, especialmente de cinc y plomo, los convierten en posibles contaminantes de suelos y aguas (tanto superficiales como subterráneas).

Se ha estimado que el número de depósitos en la sierra minera (García, 2004) es de 2.351. Las que mayor extensión superficial ocupan son las 89 «balsas o pantanos de lodos de flotación» que desaguan directamente en cauces, así como los 32 «vacíos de estériles de corta». Los residuos no disponen de diques de contención, por lo que hay un continuo aporte directo a los cauces por erosión hídrica.

La erosión provocada por el agua es la forma más común de degradación del suelo, pero además, existe otro factor de contaminación ineludible en la Sierra Minera como es la erosión eólica.

Estos pantanos son importantes focos de contaminantes, debido a que la mayoría presentan su superficie carente de vegetación y recubrimiento de suelo, favoreciéndose la erosión y producción de polvo, dispersándose en el aire y aumentando la concentración de partículas en suspensión, que en muchos casos pueden ser nocivas para la población por su alto contenido en elementos metálicos.

En la sierra minera de Cartagena-La Unión las actividades, mineras se prolongaron durante más de 2.500 años. Fenicios, Cartagineses y Romanos explotaron estas minas. Aunque el paisaje minero actual es el resultado de la explotación minera del último siglo y medio, diferenciándose en él dos fases con diferentes impactos paisajísticos y medioambientales (Vilar y Egea Bruno, 1994). La primera fase (1850-1950 aprox.), se basó en la explotación subterránea, con acumulación de estériles en escombreras que forman en la

actualidad pequeños relieves de color ocre-rojizo. En la segunda fase (1950-1990 aprox.), la explotación se realizó a cielo abierto, ocasionando un enorme impacto ambiental, con inversión del relieve en determinadas áreas por acumulación de estériles. En ambas fases, se produjo también la acumulación en grandes balsas de lodos procedentes del lavado del mineral.

Este trabajo trata de poner de manifiesto el peligro que supone para la salud de las poblaciones de la sierra minera de Cartagena-La Unión, la contaminación atmosférica, por erosión eólica, de metales procedentes de las balsas de estériles que inundan la zona.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

El distrito minero de Cartagena-La Unión se ubica en el extremo oriental de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (Sureste de España) y comprende los municipios de La Unión y las diputaciones (o pedanías) cartageneras de El Llano del Beal, El Beal, El Estrecho de San Ginés y Alumbres. Aunque la zona minera se encuentra, casi en su totalidad, en el municipio de La Unión y ocupa poco más de 50 Km<sup>2</sup>.

**Figura 1**  
**LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Las áreas de muestreo

Con objeto de estudiar la erosión eólica en las balsas de retención de lodos, se han instalado 7 colectores de viento o de erosión eólica, diseñados especialmente para este trabajo y consistentes en una estructura central de PVC a la que se adosan las bocas colectoras, con unas medidas de 6,5 cm. de ancho por 12,5 cm. de largo; las cuales se encuentran colocadas según las ocho principales direcciones del viento y distribuidas a su vez a tres

alturas (21 cm con respecto al suelo y entre cada boca). Tres de ellos se han colocado en 3 pantanos de lodos: La Esperanza (en las cercanías de La Unión), La Rosa (en las inmediaciones de El Llano) y El Lirio (cercano al complejo turístico de La Manga Golf); otros 3 en las áreas de influencia de estos pantanos, en las inmediaciones de La Unión, El Llano y el Campo de Golf; y el séptimo de los colectores se ha ubicado en la ribera del Mar Menor en la desembocadura de la Rambla del Beal, situada entre las poblaciones de Los Nietos y Los Urrutias.

## 2.2. Análisis de muestras

La metodología de muestreo se ha basado en el análisis de la erosión producida durante la primavera de 2007 (meses de marzo, abril, mayo y junio). Las muestras se recogieron mensualmente, el día 30 de cada mes, en cada uno de los 7 colectores de muestreo. Las muestras se sometieron a un proceso de secado en estufa a 95° C durante 24 horas, para su posterior pesado en balanza de precisión.

Una vez pesadas, las muestras se agruparon por alturas (bajo, medio y alto), obteniendo así tres muestras por mes y colector de muestreo.

Posteriormente, se realizó un análisis de los metales pesados totales y un análisis granulométrico, tanto en las muestras recogidas en los colectores como para muestras de suelo de los cuatro puntos de muestreo elegidos: La Esperanza, La Rosa, El Lirio y Lo Poyo.

El análisis de los metales se realizó Institut de Ciències de la Terra «Jaume Almera» (IJA) de Barcelona, perteneciente al CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas), mediante la técnica de «fluorescencia de rayos X» (X-ray fluorescence, XRF) por «dispersión de longitud de onda» («wavelength dispersive XRF» o WDXRF) con un equipo Bruker/AXS, modelo S4 Explorer, con los cuales se obtienen las concentraciones (en ppm) de todos los metales presentes en la muestra, así como de elementos mayoritarios y trazas detectados en las muestras.

Para determinar la granulometría de las muestras se recurrió a los laboratorios del CEBAS (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura en Murcia), también perteneciente al CSIC. Los análisis se realizaron con un equipo de difracción de rayos láser (Coulter LS 200).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. El distrito minero de Cartagena-La Unión

#### *a) Población*

La población en el interior de la denominada Sierra Minera supera en 2007 los 23.000 habitantes distribuida en 7 núcleos; tres pertenecientes al municipio de La Unión y cuatro al municipio de Cartagena (Tabla 1). Pero el área de afección de los residuos mineros, tanto los transportados por erosión hídrica como por erosión eólica, alcanza una población mucho mayor, en un área que abarca unos 400 Km<sup>2</sup>. A 15 Km. al Norte, se localiza el área

turística del Mar Menor, con una población residente en torno a 100.000 habitantes que suben a 400.000 en los meses de verano y a unos 10 Km. al Sur, se encuentra la ciudad de Cartagena con 210.000 habitantes. Constituyéndose como una de las zonas demográficamente más dinámicas de la Península Ibérica.

**Tabla 1**  
**MUNICIPIOS, NÚCLEOS DE POBLACIÓN Y HABITANTES A 1 DE ENERO DE 2008 EN LA SIERRA MINERA**

Municipio de la Unión			Municipio de Cartagena				Total
La Unión	Roche	Portman	Alumbres	El Estrecho	El llano	El Beal	
<b>15.400</b>	<b>1.073</b>	<b>998</b>	<b>5.125</b>	<b>636</b>	<b>545</b>	<b>256</b>	<b>24.033</b>

Desde el cese de la actividad minera en 1992, el incremento absoluto de la población en toda el área ha sido de 90.000 habitantes, un 39% más (Tabla 2). Los Alcázares ha triplicado su población y San Javier y San Pedro la han duplicado. Sólo el municipio minero, La Unión, con un 23% de incremento y Cartagena con el 25%, han tenido incrementos relativos que, para la zona, pueden considerarse «bajos».

**Tabla 2**  
**EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN RESIDENTE EN LOS MUNICIPIOS COLINDANTES (25 KM DE RADIO), DESDE EL CESE DE LA ACTIVIDAD MINERA**

Municipios	Censo 1991	Censo 2001	Padrón 2008	Incremento absoluto (1991-2007)	Incremento relativo % (1991-2007)
Cartagena	168.023	183.799	210.376	42.353	25
Torre Pacheco	16.568	24.152	30.375	13.807	83
San Javier	14.696	20.402	30.653	15.957	108
San Pedro	12.057	16.269	23.272	11.215	93
La Unión	13.940	14.793	17.107	3.167	23
Los Alcázares	3.683	8.264	15.171	11.488	312
<b>Total</b>	<b>228.967</b>	<b>267.967</b>	<b>326.954</b>	<b>97.987</b>	<b>43</b>

Este incremento de población que se ha producido, sobre todo, en los últimos 10 años, y en los municipios turísticos en torno a la laguna del Mar Menor, no parece, de momento, que vaya a detenerse, por lo que si se mantiene está dinámica, la población residente en 25 Km. de radio, puede alcanzar los 400.000 habitantes en los próximos 10 años y acercarse al millón en los meses de julio y agosto.

*b) La minería reciente y la acumulación de estériles*

Como ya se ha comentado en la introducción, la minería reciente comprende dos fases: la primera fase (1850-1950 aprox.), se basó en la explotación subterránea, con acumulación de estériles en escombreras que forman en la actualidad pequeños relieves de color ocre-rojizo. En esta fase abundan las galerías y pozos, construidos unas veces para la extracción del mineral y otras para el desagüe de galerías inundadas. El número de pozos inventariados recientemente asciende a 1.902 (García *et al.*, 2001). De esta fase se encuentran también huellas de balsas de flotación, escombreras con restos de fundición y escorias.

En la segunda fase (1950-1990 aprox.), la explotación se realizó a cielo abierto, ocasionando un enorme impacto ambiental, con inversión del relieve en determinadas áreas por acumulación de estériles (Figura 2). En algunas áreas, las antiguas colinas fueron arrasadas y las zonas deprimidas rellenadas de estériles, alcanzando en la actualidad cotas superiores a las originales. Por otra parte, las ramblas vertientes al Mar Menor, y algunas de las vertientes al Mediterráneo, se convirtieron en colectores de estériles, cegándose en algunos casos.

**Figura 2**  
**INVERSIÓN DEL RELIEVE COMO CONSECUENCIA DE LA ACUMULACIÓN**  
**DE ESTÉRILES EN LA SIERRA MINERA**



Los impactos ocasionados por esta minería fueron de tal magnitud que entre 1957 y 1987 el movimiento de tierras efectuado por la sociedad Peñarroya-España superó los 360 millones de toneladas, de las que cerca de 315 millones correspondieron a estériles.

Los estériles procedentes del lavado del mineral se acumularon en pantanos mineros de los que en la actualidad quedan 48 que cubren alrededor de 160 hectáreas (Ortega, et al., 1993; Martínez Orozco, et al., 1993). Pero también, y en un alarde de absoluto desprecio medioambiental, se vertieron al mediterráneo junto a la bahía de Portmán, ocasionando el mayor desastre medioambiental de la sierra minera. Entre 1957 y 1990, los 60 millones de toneladas de residuos sólidos (33 millones de m<sup>3</sup>), aterraron la bahía, provocando que la línea de costa se retirara 700 m en el eje central de la bahía, sepultando 750.000 m<sup>2</sup> de



mar (Figura 4) y ocasionando que los sedimentos en el fondo marino llegasen hasta los 12 Km. mar adentro, a profundidades de más de 150 m.

A partir de 1990, el cese de las actividades mineras y el absoluto abandono de los pantanos de estériles, expuestos a la erosión (eólica e hídrica) al no haberse llevado a cabo ningún tipo de actuación de restauración ambiental, ha llevado a una situación de riesgo para la salud, no sólo para la población del interior de la sierra minera, si no, también para la zona turística del Mar Menor y la ciudad de Cartagena.

**Figura 3**  
**SITUACIÓN DE LA BAHÍA DE PORTMAN TRAS EL CESE DE LA**  
**ACTIVIDAD MINERA EN 1990**



La figura 4 muestra la situación de los pantanos detectados en la actualidad, sin ningún tipo de sellado o medida de protección que impida la contaminación de las aguas de escorrentía por erosión hídrica, así como la contaminación atmosférica por erosión eólica. Sobre todo, teniendo en cuenta que se ha demostrado que estos estériles contienen importantes cantidades de metales pesados como plomo, zinc, cobre y cadmio, que exceden los niveles críticos europeos (Conesa *et al.*, 2006). Al mismo tiempo, la elevada movilidad potencial de estos metales ha sido demostrada a través de pruebas de lavado y de extracciones secuenciales (Marguí, *et al.*, 2004), lo que podría ser la causa de las elevadas concentraciones de metales descritas en los suelos adyacentes a la sierra minera (García *et al.*, 2003), en los lechos de las principales ramblas de la zona, (Simoneau, 1973) e incluso en los sedimentos del humedal de Lo Poyo adyacente a la laguna del Mar Menor





la vida, principalmente en los huesos, y desde allí es obtenido por el organismo cuando aumentan las necesidades de calcio (el organismo no distingue entre plomo y calcio). El mayor daño, que es irreversible y ocurre a muy bajas concentraciones, se produce en el periodo prenatal y en niños de corta edad (Tchernitchin y Herrera, 2006). Los efectos se concentran sobre todo en el aparato reproductor (alteración de diversas hormonas que provocan infertilidad, aumento de la frecuencia de abortos, desarrollo de ovarios poli-quísticos, etc.) y en el sistema nervioso central, con disminución de la memoria y de la capacidad de atención, agresividad y tendencia a conductas antisociales (Tchernitchin y Herrera, 2006).

**Tabla 3**  
**NIVELES DE PLOMO Y CINC (MG/KG O PPM) RECOGIDOS EN LAS**  
**ÁREAS DE MUESTREO EN LA PRIMAVERA DE 2007**

<b>Plomo</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
<b>La Esperanza</b>	12.480	5.340	4.640	10.890
<b>EL Lirio</b>	13.060	32.140	42.000	40.000
<b>La Rosa</b>	48.600	53.400	20.400	72.900
<b>Zinc</b>				
<b>La Esperanza</b>	15.860	6.440	4.820	12.040
<b>EL Lirio</b>	29.780	66.990	82.600	77.500
<b>La Rosa</b>	46.900	47.300	19.100	64.700

#### Contaminación por cobre

El cobre es un micro nutriente esencial en muy pequeñas cantidades para la utilización del hierro, la formación del tejido conectivo, la pigmentación y la producción energética, y forma parte de enzimas como la ferroxidasa, citocromooxidasa, aminooxidasa, uricasa y otras. Pero es muy tóxico en organismos inferiores y para algunas especies vegetales. Existen dos alteraciones genéticas del metabolismo del cobre: la enfermedad de Wilson (por déficit de ceruloplasmina, que es la proteína transportadora del cobre) y produce degeneración hepática y cerebral por acumulación de cobre, y en el síndrome de Menke (degeneración cerebral por deficiencia de cobre) (Tchernitchin y Herrera, 2006).

En cuanto a su toxicidad, se ha demostrado que por vía transcutánea, la exposición a cobre puede provocar enfermedad hepática granulomatosa que puede causar hepatomegalia, necrosis o fibrosis del hígado y puede favorecer el desarrollo de cirrosis. También tiende a inhibir el factor angiogénico dificultando el desarrollo de nuevos vasos sanguíneos. Por inhalación en nebulizadores o plaguicidas, recientes investigaciones han demostrado su relación con el desarrollo de cáncer pulmonar. (Tchernitchin y Herrera, 2006).

### Contaminación por Zinc

El zinc es un elemento que tiende a ser absorbido por las hortalizas regadas con aguas contaminadas o cultivadas en suelos contaminados, aumentando su concentración en estos alimentos. A bajas dosis es un elemento esencial, pero ingerido en exceso, afecta a las respuestas inmunitarias y provoca anemia refractaria al tratamiento. En dosis elevadas produce vómitos, diarrea, úlceras venosas en las piernas, debilidad, hiporeflexia y depresión del sistema nervioso central (Tchernitchin y Herrera, 2006).

### Contaminación por cadmio

El cadmio forma parte de diversos minerales y se encuentra presente en muchas rocas. En el lavado del mineral, el cambio de las características físicas y químicas del agua, puede favorecer la lixiviación del cadmio, sobre todo, después del abandono de las balsas de lavado.

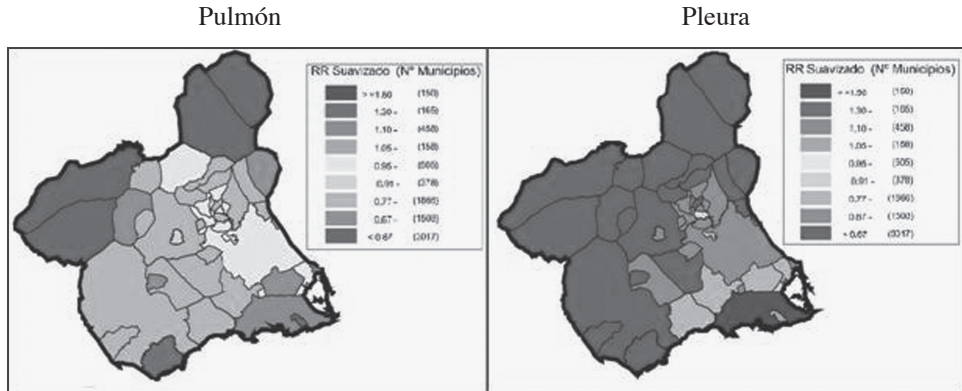
La absorción del cadmio por vía oral (agua y alimentos), se ha demostrado que provoca osteoporosis, ya que el calcio de los huesos puede ser reemplazado por cadmio. Además, una vez absorbido, pasa a la sangre y se retiene principalmente en los riñones, donde puede dañar los túbulo renales y en el hígado (la vida media del cadmio es de 30 años). Por inhalación, produce irritación de las vías respiratorias, disnea, edema pulmonar, debilidad, fatiga, anorexia, náuseas y severas alteraciones renales y hepáticas. Con exposiciones prolongadas (5-10 años), se han descrito, enfisemas pulmonares progresivos y fibrosis pulmonar, aumento de riesgo de cáncer prostático y respiratorio (animales de experimentación han desarrollado cáncer pulmonar) (Tchernitchin y Herrera, 2006).

#### *c) Incidencia de la mortalidad por cáncer en los municipios del distrito minero.*

Recientemente se ha publicado el *Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España* (CNE, 2007), con datos elaborados por el Instituto de Salud Carlos III del Centro Nacional de Epidemiología, dependiente del Ministerio de Sanidad, donde se demuestra que los factores ambientales explican mucho mejor que la genética familiar o los hábitos, los patrones de distribución de determinados tipos de cáncer.

En este estudio se refleja que dos tipos de cáncer tienen una incidencia especialmente significativa en los municipios de la Sierra Minera en comparación con el resto de la Región: el cáncer de pulmón, con un riesgo asociado de entre 1,10 y 1,30 en los municipios de Cartagena y La Unión respectivamente, frente a un 0,8 de media regional y el cáncer de pleura, con riesgo asociado de entre 1,10 y 1,50 en La Unión y Cartagena respectivamente, frente a un 0,7 de media regional (Figuras 5 y 6).

**Figura 5**  
**RIESGO RELATIVO DE CÁNCER DE PULMÓN Y DE PLEURA**



Fuente C.N.E (2007).

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La población que puede verse afectada por la contaminación atmosférica en el interior de la sierra minera alcanza los 20.000 habitantes en 2007. Pero en un radio de 25 Km, se eleva hasta los 320.000 residentes que, a su vez, se convierten en 600.000 en los meses de julio y agosto, en plena temporada turística.

Con todo, el problema se agrava aún más teniendo en cuenta la dinámica demográfica. La población de los núcleos del interior de la sierra minera ha aumentado desde 1990 unos 2.000 habitantes (un 15%), pero la población en un radio de 25 Km. Lo ha hecho en casi 100.000 residentes más (un 43% de incremento). Este crecimiento se ha dado sobre todo en los últimos 10 años, y en los municipios turísticos en torno a la laguna del Mar Menor, que casi han doblado su población en 15 años. Ello indica que si se mantiene esta dinámica de crecimiento, la población residente en 25 Km. de radio, puede alcanzar los 400.000 habitantes en los próximos 10 años y acercarse al millón en los meses de julio y agosto.

La primera fase de la explotación minera reciente (1850-1950 aprox.), se basó en la explotación subterránea, con acumulación de estériles en escombreras que forman en la actualidad pequeños relieves de color ocre-rojizo. Pero el peligro de esta fase, está más relacionado con los restos de galerías y pozos de ventilación de los que recientemente se contabilizaron casi 2.000

En la segunda fase (1950-1990 aprox.), la explotación se realizó a cielo abierto, ocasionando un enorme impacto ambiental, con inversión del relieve en determinadas áreas por acumulación de estériles. En algunas áreas, las antiguas colinas fueron arrasadas y las zonas deprimidas rellenadas de estériles, alcanzando en la actualidad cotas superiores a las originales. Por otra parte, las ramblas vertientes al Mar Menor, y algunas de las vertientes al Mediterráneo, se convirtieron en colectores de estériles, cegándose en algunos casos.

En esta fase, el movimiento de tierras a cielo abierto superó los 360 millones de toneladas de las que 315 millones correspondían a estériles que se acumularon en escombreras y pantanos repartidos por toda la sierra minera.

En las muestras analizadas en los pantanos mineros, se han detectado concentraciones importantes de plomo (Pb) y, especialmente, cinc (Zn). También fueron detectados elementos trazas como cobre (Cu), arsénico (As) y cadmio (Cd); y compuestos, en su mayoría en forma oxidada, como óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), así como óxidos de magnesio y manganeso (MgO y MnO) entre otros.

En el *Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España* (CNE, 2007), con datos elaborados por el Instituto de Salud Carlos III del Centro Nacional de Epidemiología, dependiente del Ministerio de Sanidad, se demuestra que los factores ambientales explican mucho mejor que la genética familiar o los hábitos, los patrones de distribución de determinados tipos de cáncer. En este estudio se refleja que dos tipos de cáncer tienen una incidencia especialmente significativa en los municipios de la Sierra Minera en comparación con el resto de la Región: el cáncer de pulmón, con un riesgo asociado de entre 1,10 y 1,30 en los municipios de Cartagena y La Unión respectivamente, frente a un 0,8 de media regional y el cáncer de pleura, con riesgo asociado de entre 1,10 y 1,50 en la Unión y Cartagena.

No puede establecerse una relación directa entre las concentraciones de metales pesados movilizados por erosión eólica, analizados en esta investigación y la incidencia de estos tipos de cáncer en el distrito minero, pero la coincidencia no deja de ser, cuanto menos, alarmante, e invita a la realización de un estudio epidemiológico riguroso.

Se hace necesario que, ante la puesta en valor turístico de los recursos de la Sierra minera, se realice un estudio riguroso sobre la situación ambiental de este espacio y la peligrosidad de las concentraciones de metales pesados que pueden pasar a la atmósfera por erosión eólica desde los pantanos mineros. Especialmente durante los meses de máxima actividad turística que coinciden con los de mayor concentración de metales en la atmósfera erosión eólica de los residuos mineros.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se está realizando en el marco de un proyecto de investigación financiado por la Fundación Séneca (02966/PI/05).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ ROGEL, J.; RAMOS, M. J. Y DELGADO, M. J. (2003): Características edáficas y contaminación por residuos mineros en el paraje protegido del saladar de Lo Poyo, Región de Murcia. En: I Symposium Nacional sobre control de la erosión y degradación del suelo.
- C.N.E. (2007): *Atlas Municipal de Mortalidad por Cáncer en España*. Instituto de Salud Carlos III. Centro Nacional de Epidemiología.

- CONESA, H. M.; FAZ, A.; ARNALDOS, R. (2006): Heavy metal acumulación and tolerante in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena-La Unión mining district (SE Spain). *Science of the Total Environment*, 366, 1-11.
- GARCÍA, C. (2004): Impacto y riesgo ambiental de los residuos minero-metalúrgicos de la Sierra de Cartagena-la Unión (Murcia, España). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Inédita.
- GARCÍA, C.; MANTECA, J. L. Y RODRÍGUEZ, T. (2001): *Inventario de pozos mineros de la Región de Murcia (Sierra de Cartagena)*. Consejería de Tecnologías, Industria y Comercio de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- GARCÍA, C.; FAZ, A. Y CONESA H. M. (2003): Selection of autochthonous plant species from SE Spain for soil lead phytoremediation purposes. *Water, Air and Soil Pollution*, 3 243-250
- GIRÉ, R., SIDENCO, N. V., LAZAREVA, E. V. (2003): The role of secondary minerals in controlling the migration of arsenic and metals from high-sulfide wastes (*Berikul gold mine, Siberia*). *Applied Geochemistry*, 18 1347-1359.
- GUNDERSAEN, P., OLSVIK, P. A., STEINNES, E. (2001): Variations in heavy metal concentration in two mining-polluted streams in central Norway. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 978-984.
- JACOB, D. L., OTTE, M. L. (2004): Long-term effects of submerged and wetland vegetation on metals in a 90-yr old abandoned Pb-Zn mine tailings pond. *Environmental Pollution*, 130: 337-345.
- MARTÍNEZ-OROZCO, J. M.; VALRO-HUETE, F. Y GONZÁLEZ-ALONSO, S. (1993): Environmental problems and proposals to reclaim the areas affected by mining exploitations in the Cartagena mountains (southeast Spain). *Landsc Urban Plan*, 23, 195-207.
- ORTEGA, M.; NICOLÁS, E.; ESTEVE, M. A.; TORRES, A. Y RAMIREZ-DÍAZ, L. (1993): Prioridades en la restauración e integración paisajística de la Sierra Minera de la Unión Cartagena (Murcia, Sureste de España): Inventario, cartografía y tipología de cortas, balsas y escombreras. En: Ortíz-Silla, R. (ed.). *Problemática ambiental y desarrollo*. Sociedad Española de Geología Ambiental y ordenación del Territorio, 307-316.
- SAINZ, A., GRANDE, J. A., DE LA TORRE, M. L. (2003): odiel river, acid mine drainage and current characterizations by means of univariate analysis. *Environment International*, 29, 51-59.
- SIMONEAU, J. (1973): Mar menor; Evolution Sedimentologique et Geochimique recenté du remplissage. These présenté à l'université Paul Sebatier de Toulouse. (Sciences). France.
- TCHERNITCHIN, A. N. & HERRERA, L. (2006): Relaves mineros y sus efectos en salud, medio ambiente y desarrollo económico. Ejemplo de relave en el valle de Chacabuco-Polpaico. *Cuad. Méd Soc.*, 46, 22-43.
- VILAR, J. B. Y EGEA BRUNO, P. (1994): Minería y Ecología en la sierra de Cartagena-La Unión. *Áreas. Revista de Ciencias Sociales* 16, 235-249.