

PROBLEMAS SANITARIOS EN LA MINERÍA DEL URANIO

Desde hace treinta años, la seguridad en la extracción, elaboración y tratamiento de minerales radiactivos es causa de serias preocupaciones. Ya antes se había observado una incidencia elevada de cáncer de pulmón entre los mineros del Erzgebirge, en la región fronteriza de Alemania y Checoslovaquia (en las conocidas zonas mineras de Schneeberg y St. Joachimsthal). El estudio de las defunciones debidas a envenenamiento por radio comenzó en estas minas en 1937 y los resultados parecían indicar una relación directa entre las sustancias radiactivas y la aparición de cáncer de pulmón y otras enfermedades.

Cuando los países comenzaron a buscar urgentemente uranio, se abrieron nuevas minas sin tomar las debidas medidas sanitarias. Esta negligencia se debió en parte a dificultades difíciles de resolver. En regiones como la meseta del Colorado en los Estados Unidos y en algunas partes de Sudáfrica, no era fácil encontrar agua para combatir el polvo ni se disponía de electricidad para los sistemas de ventilación. Muchas de las minas eran pequeñas y cuando había que llevar agua desde muy lejos y se precisaba equipo especial para la ventilación, lo que hacían era prescindir de ambas cosas.

Por otra parte, si no se tomaban las precauciones adecuadas -que hoy sabemos cuáles son- era en parte por falta de conocimientos. Se sabía poco sobre las sustancias tóxicas, sobre la probabilidad de encontrarlas, sobre su concentración y sobre las medidas necesarias para protegerse contra ellas. Tampoco se conocían bien sus efectos fisiológicos ni cómo se manifestaban en el organismo humano.

Hacia 1950 se iniciaron en varios países investigaciones más minuciosas de las condiciones en las minas y en las fábricas de uranio. Ya desde un principio se descubrió que en muchos sitios la situación era grave; con frecuencia, la exposición a las radiaciones era muy superior a la admisible. En varias minas, la combinación de gas radón y de polvo excesivo creaba condiciones particularmente nocivas. El primer remedio, y también el más obvio, era mejorar la ventilación y combatir mejor el polvo, principalmente por medio del agua. La mejoría se apreció inmediatamente, pero esto no era sino una medida de urgencia.

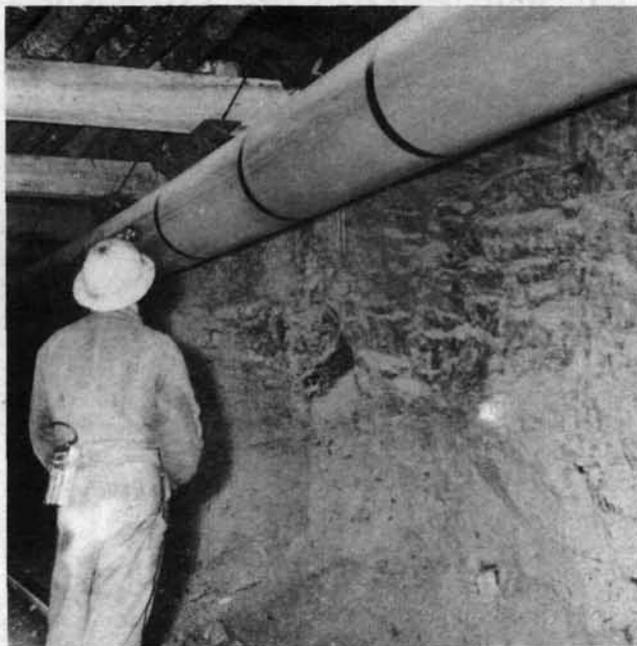
La base fundamental de la higiene y seguridad radiológicas sigue siendo la adopción de medidas adecuadas en las minas y en las fábricas: ventilación, lucha contra el polvo e higiene personal. Pero esto no basta, es preciso conocer más datos; por ejemplo, la dirección de una mina tiene que decidir cuánta ventilación es necesaria. La respuesta depende de

que se pueda medir con exactitud no sólo la radiactividad ambiente sino también la concentración de las sustancias radiactivas particularmente peligrosas. Para ello es preciso conocer los efectos biológicos de las diversas sustancias y cuáles de sus formas tienen mayor probabilidad de penetrar en el organismo. Una vez establecido el sistema de vigilancia radiológica y de control se plantean nuevos problemas por la necesidad de someter frecuentemente a visitas médicas al personal y de llevar registros; también se plantean cuestiones de carácter más amplio, como evitar la contaminación del medio ambiente y dictar normas y reglamentos dedicados al público en general.

Todas estas cuestiones se discutieron en Viena en el Simposio sobre higiene y seguridad radiológicas en la extracción y elaboración de los materiales nucleares, que se celebró del 26 al 31 de agosto de 1963. El Simposio fue organizado por el OIEA y lo patrocinaron también la OIT y la OMS; se presentaron 70 memorias. Su finalidad era reunir y comparar datos sumamente variados y dispersos sobre los resultados y la experiencia obtenidos en este campo. Una de las conclusiones fue que la elaboración del mineral de uranio no presenta problemas fuera de lo corriente. Si se aplican estrictamente las normas corrientes de protección que se emplean para el tratamiento de cualquier mineral es posible mantener a un nivel mínimo la exposición a las radiaciones. Aunque los problemas de la minería del uranio comienzan ahora a concretarse, parece bien establecido que la exposición de los mineros a niveles excesivos de radón tendrá consecuencias sumamente graves. Los efectos de las radiaciones dependen de muchos factores, entrelazados de manera muy compleja, que van desde las propiedades físicas de las diversas sustancias radiactivas hasta factores personales de cada minero. En todos los debates se recalcó que son necesarias investigaciones mucho más extensas.

¿Radiaciones o cigarrillos?

El principal peligro radiológico de la minería del uranio y del torio se debe a los gases radiactivos radón y torón y a los peligrosos productos a que dan lugar. El gas radón de las minas de uranio es un producto de la desintegración del radio y se desintegra rápidamente dando lugar a una serie de productos que son sólidos. Al describir este proceso, C. F. Smith (Canadá) dijo que el radón se libera cuando se desentierra mineral que contiene radio, y cuando en las minas se infiltran aguas subterráneas que contienen el gas disuelto. Su concentración varía y es difícil predecirla. La intensidad de la radiactividad atmosférica no depende de la riqueza del mineral; las más



Tubería de polietileno para la ventilación de las galerías que se van abriendo (fotografía que ilustra la memoria presentada por C.F. Smith)

elevadas se encuentran a veces en galerías desechadas. Una pequeña corriente de agua subterránea cargada de radón puede dar lugar a concentraciones muy elevadas cuando menos se espera, y la concentración varía rápidamente con la ventilación.

Las autoridades de los Estados Unidos comenzaron en 1950 un estudio a largo plazo para evaluar los problemas sanitarios, con la finalidad primordial de determinar si la radiactividad podía incrementar los riesgos de cáncer de pulmón en las minas de uranio. A fines de 1959 se habían obtenido datos suficientes para demostrar que, efectivamente, entre los mineros de uranio de América se daba el cáncer de pulmón con más frecuencia que lo normal.

El estudio se desarrolló en dos planos paralelos: uno trataba de los aspectos ambientales y el otro de los aspectos médicos. D. A. Holaday y H. N. Doyle (Estados Unidos) trataron del primero y describieron las condiciones en los Estados Unidos, donde la mayor parte de la minería de uranio se concentra en la meseta del Colorado. En el momento de mayor auge se trabajaba en unas 350 minas, en su mayor parte pequeñas y con menos de diez trabajadores. Las carreteras eran deficientes y casi todas las minas se encontraban en zonas desérticas a las que había que llevar el agua; en general, tampoco se disponía de electricidad, por lo que no siempre se aplicaban los controles que se emplean en otras minas de minerales metálicos. Ninguna de las minas tenía ventilación mecánica e incluso en las menores y menos profundas la ventilación natural no bastaba para reducir la concentración de radón a niveles admisibles. Estas concentraciones fueron causa de alarma y se

tomaron medidas eficaces para instalar en todas las minas la ventilación mecánica. En 1952 se encontró que aproximadamente el 45 por ciento de los trabajadores estaban expuestos a concentraciones de sustancias radiactivas más de diez veces superiores a los niveles que actualmente se recomiendan como máximos. La inspección y el control intensificados han mejorado mucho la situación, pero en muchas minas se dan todavía concentraciones demasiado elevadas.

V. E. Archer, B. F. Carroll, H. P. Brinton y G. Saccomano (Estados Unidos) hablaron de los aspectos médicos de la investigación y comunicaron los resultados obtenidos hasta ahora en un análisis sanitario de los mineros, que se basa en reconocimientos, ensayos e historiales médicos. El análisis -aún sin acabar- se complica con factores como los efectos del polvo, del tabaco, de la altura, de la raza y de la edad. Como todos estos factores pueden influir en los resultados de los exámenes fue preciso documentarse también sobre ellos. Los efectos radiológicos transitorios pueden depender del nivel de radiaciones que encuentra el minero, y es probable que los efectos acumulativos de la exposición crónica a radiaciones de poca intensidad estén relacionados con el número de años de trabajo bajo tierra. Indudablemente, el fumar cigarrillos puede producir algunos síntomas idénticos a los que producen las radiaciones, por cuyo motivo se tuvo en cuenta este hecho. Los autores comprobaron si los efectos transitorios estaban relacionados con el número de cigarrillos fumados por día, y si los síntomas a que puede dar lugar la exposición crónica a bajos niveles de radiación pueden relacionarse con el número de cigarrillos fumados por el individuo a lo largo de los años. Se encontró que la disnea está relacionada con el nivel de radiación, con la edad y con el número total de cigarrillos fumados. La tos persistente depende del nivel de radiación, del número de años de trabajo subterráneo en minas de uranio, de la edad y del número de cigarrillos fumados diariamente. Descontando los efectos debidos a los demás factores, los autores encontraron que la minería subterránea puede causar la aparición de células "ambiguas y sospechosas" en el esputo, y ocasionar disnea, tos persistente, enfermedades pulmonares y, posiblemente, respiración sibilante y dolores pectorales. Aunque existen pruebas de que estos síntomas son efecto de las radiaciones, es preciso seguir estudiando los hechos.

Evaluación de los riesgos

Para evaluar el peligro no basta con conocer la concentración de las sustancias radiactivas. V. S. Kusneva (Unión Soviética) habló de un estudio de los efectos combinados del polvo silíceo y del radón, destinado a determinar de qué manera afectan las radiaciones al desarrollo de la neumoconiosis (enfermedad pulmonar de los mineros). Los experimentos con ratas blancas muestran que los síntomas clínicos

más graves aparecen en animales expuestos simultáneamente a polvo silíceo y a radón. La presencia de polvo en los pulmones aumenta el peligro de que las sustancias radiactivas sean retenidas en el organismo. L. Lafuma y M. Medjedovic (Yugoslavia) describieron ensayos similares de los cuales deducen que el polvo y el radón producen una contaminación mayor debido a que se inhalan cantidades superiores de depósito radiactivo de período corto que contiene emisores alfa cuyos efectos, en estas condiciones, son particularmente nocivos. Aunque casi todos los descendientes del radón son de período corto, representan una fuente de contaminación considerable en la mina, donde los trabajadores tienen que respirar durante ocho horas aire contaminado. Por tanto, los autores llegaron a la conclusión de que para calcular el peligro de irradiación no basta con medir la exposición al radón y al polvo de período largo; es preciso medir también las dosis debidas a los depósitos activos de período corto. W.J. Bair, B.O. Stuart, J.F. Park y W.J. Clarke (Estados Unidos) destacaron otro factor que se ha de tener en cuenta y que son las propiedades físicas y químicas de las partículas inhaladas, que pueden condicionar el comportamiento de la sustancia después de haberse depositado en el organismo. Las partículas pequeñas se desplazan mucho más rápidamente por el cuerpo.

H.L. Kusnetz (Estados Unidos) dijo que era necesario medir exactamente los productos de desintegración del radón para determinar la exposición de los trabajadores. Los métodos de control dependen de la posibilidad de determinar las concentraciones del radón, torón y sus descendientes en el medio ambiente. Las mediciones *in situ* no son fáciles debido al estado en que se pueden encontrar los contaminantes en la atmósfera, al corto período de algunos de los productos de desintegración, a la contaminación de los instrumentos y a la escasez de datos sobre el mecanismo exacto de las lesiones fisiológicas. Los contaminantes del aire de la mina pueden ser el gas madre, los átomos descendientes libres o las partículas de polvo portadoras de estos descendientes.

En su memoria, J.R. Stewart (Australia) reconocía que el peligro principal se debe a los productos descendientes, pero hacía notar que la concentración del radón es la única cantidad que se puede medir en la mina sin necesidad de equipo ni de personal especializados. En Australia se han determinado concentraciones de radón en los laboratorios centrales, con muestras conservadas a presión en cilindros metálicos y transportadas hasta distancias de 2 000 millas.

Los franceses F. Billard y J. Miribel compararon dos métodos de control que se basan respectivamente, en medir las concentraciones de radón y en determinar la actividad de los productos descendientes recogidos con un filtro. Concluyeron que el segundo método, empleado en los Estados Unidos, re-

fleja exactamente el peligro radiológico; el método se basa en determinar la energía liberada por estas sustancias al sufrir sus desintegraciones sucesivas. Sería conveniente proceder a nuevas mediciones, y si los resultados se confirmaran, los autores consideraran perfectamente aceptable el método de los Estados Unidos (que no tiene en cuenta los diversos comportamientos de las diferentes partículas). Las mediciones del radón que se emplean en Francia tienden a exagerar los riesgos, pero si se aplica un factor de corrección para cada sección de la mina se puede emplear este método, que es más sencillo y permite hacer más mediciones.

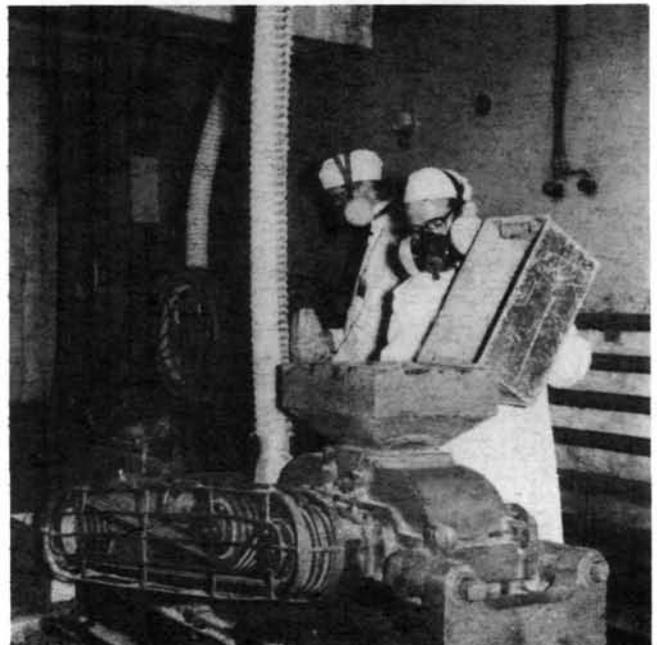
Medidas de protección

M. Avril y J. Pradel (Francia) preconizaban que las técnicas de protección en las minas se deben basar en cuatro procedimientos generales:

- Cierre hermético de las galerías abandonadas
- Eliminación de las aguas que se infiltran
- Sistemas potentes de ventilación
- Procedimientos habituales para evitar el polvo.

En algunos casos será precisa, además, la protección individual. En Francia se ha probado el empleo de máscaras contra el polvo, máscaras antigás (militares), campanas respiratorias con alimentación especial de aire, y sistemas con botellas de oxígeno o de aire. Todos se han abandonado porque son engorrosos y no se emplean más que para trabajos de corta duración que no exijan gran esfuerzo físico.

Trituración de mineral de uranio en un molino de barras, en Yugoslavia (fotografía que ilustra la memoria presentada por M. Kačarević)



Los mismos principios son aplicables a los centros de elaboración y calcinación de los minerales. J. L. Saconney (Francia) describió una planta que suministra concentrado de uranio con un 60 a 65 por ciento de metal. Las operaciones de trituración, molienda y tratamiento químico ocasionan problemas de poca importancia porque las cantidades de radón que se liberan son pequeñas, pero la producción y el envasado del concentrado seco exigen medidas estrictas de protección contra el polvo radiactivo. S. R. Rabson (Sudáfrica) describió el mismo problema en una instalación central donde se secan y calcinan lodos de concentrados de uranio para obtener el óxido, que sale en forma de polvo seco. Algunos de los procesos se ejecutan en aparatos cerrados o bajo campanas de ventilación. En otros se instaló un circuito completamente cerrado conectado con un sistema de succión. Además, se obligó a mantener la máxima pulcritud en los suelos, ropas, etc., logrando así notables mejoras. En una fábrica de aceros al uranio descrita por G. C. Eichholz (Canadá), donde se producen lingotes con un 0,5 por ciento de metal, se encontró que durante la colada y el laminado no se producen concentraciones peligrosas si se emplea una buena ventilación. En cambio, las operaciones de biselado y pulido requieren una ventilación directa muy intensa y que los operarios lleven caretas protectoras.



Las mascarillas constituyen una protección adecuada contra el polvo producido durante la trituración del mineral de uranio (fotografía que ilustra la memoria presentada por E. C. Hyatt)

Las caretas protectoras sirven para complementar otros medios de protección más generales, pero lo principal debe ser siempre evitar que el aire se contamine. E. C. Hyatt (Estados Unidos) indicó algunas situaciones que requieren el empleo de mascarillas protectoras:

- En una instalación nueva, hasta que funcione adecuadamente el sistema de ventilación
- Durante la trituración o el transporte del mineral, especialmente si su humedad disminuye por la sequedad del aire
- Al pesar el mineral o al transvasarlo de un barril a otro en la sección de envasado
- Al interrumpirse el funcionamiento del sistema de ventilación por trabajos de conservación o de reparación
- Al manipular los productos químicos que se requieren para el proceso de tratamiento.

Hizo notar que antes de elegir la careta es preciso conocer perfectamente los factores que intervienen, y destacó que el éxito de su empleo depende de su elección, de la buena adaptación y del entrenamiento en el uso, de la vigilancia, del servicio central de limpieza de caretas, de la inspección y conservación, del almacenamiento y de los reconocimientos médicos.

Al tratar de la cuestión general de la contaminación de las zonas próximas a las fábricas, E. C. Tsioglou y C. E. Sponagle (Estados Unidos) indicaron que a fines del decenio de 1940 se comprobó que el radioisótopo más peligroso en los desechos de la elaboración del uranio era el radio-226, y en 1950 se comenzaron a tomar muestras en los ríos. Desde entonces se han realizado muchos estudios y se ha aprendido mucho sobre la vigilancia radiológica de los diversos componentes ambientales. Entre los métodos empleados se cuenta la vigilancia radiológica del agua, de los sedimentos, de los biota acuáticos (algas, insectos, peces), de los efluentes de fábricas, del suelo y de las plantas cultivadas.

Las normas de seguridad pueden ser demasiado rigurosas

Al examinar la necesidad de la vigilancia médica continua, J. Chameaud (Francia) dijo que como los sistemas actuales de protección contra los gases y el polvo son tan eficaces no es necesario hacer obligatoriamente análisis sistemáticos que por lo general suelen ser negativos. Los sistemas de protección, especialmente la ventilación, favorecen el reuma y las infecciones de las vías respiratorias superiores, por cuyo motivo son esenciales los reconocimientos clínicos periódicos. G. C. Freed (Sudáfrica) estudió los resultados del reconocimiento médico de los trabajadores de plantas de tratamiento de uranio y de una planta de calcinación, durante un período de diez años. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, pero en la memoria se destaca la importancia de llevar un fichero médico de los trabajadores profesionalmente expuestos, porque se sabe muy poco sobre