

Materiales Radiactivos de Procedencia Natural en la Industria Minera

Un problema a futuro en una industria con un gran presente

Fabio López *

Con frecuencia leemos en los suplementos económicos de distintos diarios del mundo titulares como *‘Los precios de los metales otra vez batieron récords’*; acompañados por copetes periodísticos que informan: *‘Una demanda mundial fuerte y una oferta con limitaciones contribuyen a la suba. El rendimiento espectacular de los metales atrae dinero de otros mercados’*.

Por otro lado, de la mano con estas noticias sumamente alentadoras para la industria minera, se observa en nuestro país un crecimiento exponencial de la actividad. Esto trae, obviamente un importante desarrollo para nuestra industria, un ingreso fundamental de divisas, pero también algunos costos ambientales, como los producidos por los materiales radiactivos de origen natural que potencialmente acumulan este tipo de industrias (**NORM** - Naturally Occurring Radioactive Material) que no están siendo evaluados en forma correcta.

En este artículo se presenta la problemática de los materiales radiactivos de procedencia natural –**NORM**- asociada con la industria minera. Se hace mención a las potenciales fuentes de radiación natural a la que están expuestos los trabajadores, a los controles que se deben llevar a cabo para minimizar el daño al medio ambiente, y a los niveles registrados en otros lugares del mundo en los que esta temática ya fue estudiada y es pasible de rigurosos controles.

La Minería en Argentina

Recordemos que Argentina es un país sumamente rico en recursos mineros. Presenta una superficie cercana a los 2,7 millones de kilómetros cuadrados y el 75% de las áreas con potencial minero se encuentran sin explorar. Sobre la Cordillera de Los Andes, de 4.500 kilómetros de extensión se sitúan los principales distritos mineros en exploración y explotación.

De norte a sur del país, yacen importantes concentraciones minerales. En la zona del altiplano se encuentran yacimientos de plomo, zinc y plata por un lado, y de estaño y plata por otro; más al sur existen importantes recursos en boratos y sales de litio y

* Docente de la Facultad de Ingeniería - UP

potasio. Adicionalmente, al oeste, existen importantes recursos de cobre y oro, y de plata y oro en Catamarca. Fuera del ambiente de la Puna, al sur de la provincia de Catamarca, yacen dos mega depósitos de cobre, molibdeno, oro y plata. En la zona de Cuyo (San Juan, Mendoza y San Luis) la variedad de prospectos, algunos devenidos en yacimientos y aún no convertidos en depósitos, manifiestan el potencial geológico de los terrenos que los alojan. Al oeste, en Valle del Cura, con numerosos prospectos y dos mega yacimientos de oro y plata, se conforma uno de los distritos auríferos-argentíferos más importantes del planeta. Al este de la región cuyana, en rocas calcáreas, se manifiestan importantes recursos en oro, plata, plomo y zinc (áreas de Gualcamayo y Hualilán) y al sur-sureste en cobre y molibdeno, en los sistemas de cobre porfídico de San Jorge y Pachón.

Actualidad del sector

La minería argentina ha atravesado grandes cambios en los últimos 12 años. Con la sanción de la Ley 24.196/93 de inversiones mineras, se dio el marco legal para el desarrollo de esta actividad. Desde entonces comenzaron a llegar a la Argentina flujos de capitales destinados a grandes proyectos mineros, atraídos por el gran potencial geológico y por los incentivos a la inversión que ha tenido la minería en Argentina desde entonces.

El flujo de inversiones extranjeras se dirigió principalmente a la exploración y explotación de minerales metalíferos, destacándose los proyectos de Bajo La Alumbrera y Salar del Hombre Muerto (Catamarca); Mina Aguilar (Jujuy); Cerro Vanguardia (Santa Cruz) y Veladero (San Juan). Estos cinco proyectos se encuentran en explotación. A su vez hay un grupo de grandes proyectos que aún no se encuentran en la etapa de explotación, entre ellos se hallan: Agua Rica (Catamarca); Cordón de Esquel (Chubut); Pascua-Lama y Pachón (San Juan); Piriquitas (Jujuy); y Potasio Río Colorado (Mendoza).

Además de los mencionados, existe un importante número de proyectos mineros en Argentina, algunos de los cuales están en explotación y otros en etapas de exploración o prospección.

Materiales radiactivos de procedencia natural NORM

Se conoce como **NORM** (Naturally Occurring Radioactive Material) a los materiales radiactivos de origen natural. Ciertos minerales contienen niveles significativos de radionucleidos naturales que son extraídos y procesados junto a otros elementos. El procesamiento posterior de estos materiales puede hacer aumentar la concentración de estos radionucleidos.

Los NORM se encuentran en algunas corrientes de residuos generados en distintas industrias; por ejemplo desechos de metales, barros, escorias, fluidos. Estos materiales, los productos derivados y los productos finales del procesamiento pueden aumentar la exposición tanto de los trabajadores como de los miembros del público. Además, pueden producir un importante e irreparable daño al medio ambiente. A pesar de que el contenido

de los radionucleidos en estos materiales puede ser considerado relativamente pequeño, en algunos ambientes de trabajo pueden presentarse niveles importantes de radiación. Esto significa que trabajadores pertenecientes a estas industrias pueden recibir una dosis de radiación significativa. La fuente más importante de radiactividad en los NORM se debe a la presencia de los isótopos producto del decaimiento del **uranio** y el **torio**.

Acumulación de radionucleidos en el ambiente

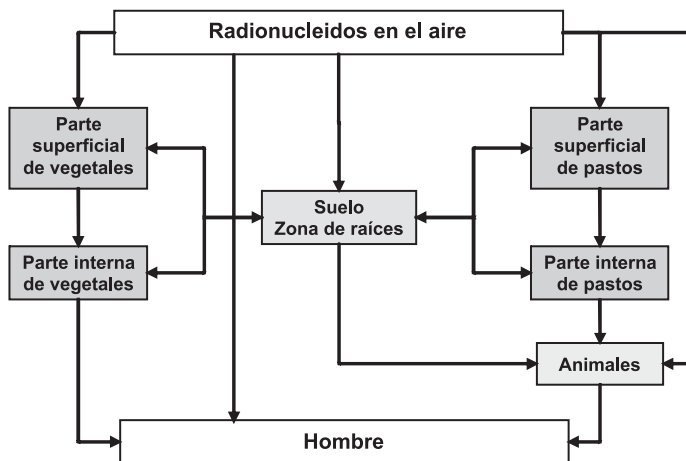
Cuando los radionucleidos se descargan continuamente pueden acumular en ambiente hasta el punto en el se alcanzan las condiciones del equilibrio. Estas condiciones de equilibrio significan que el índice de la descarga de un radionucleido iguala el índice de la transferencia fuera del ambiente que es considerado. Este equilibrio es dependiente de las características del radionucleido descargado, de su forma química y de la vida media radiactiva; y del medio ambiente en el que se realiza la descarga.

Para evaluar el impacto ambiental producido por los radionucleidos descargados en el ambiente se debe contar con modelos ambientales de transferencia que simulen, de la forma más aproximada posible, las condiciones de equilibrio que se pueden alcanzar.

Los radionucleidos decaen generalmente en otros nucleidos radiactivos, su progenie, y esto debe ser considerado en una evaluación del impacto radiológico ambiental realista. En algunos casos, los productos del decaimiento pueden tener factores dosimétricos más importantes que la madre, por ello que es importante considerar su presencia y su crecimiento.

En la figura 1 se observa esquemáticamente el transporte de los radionucleidos liberados al ambiente, y la llegada al hombre a través de diferentes vías.

Figura 1: Modelo de transporte de radionucleidos en la vegetación



Impacto Radiológico de los materiales NORM

La evaluación del impacto radiológico de NORM comprende el análisis de las vías de exposición o de las potenciales vías de exposición del hombre y del medio ambiente (plantas, animales, suelo, agua, etc). El impacto radiológico de los materiales radiactivos de procedencia natural debe ser discutido en término de los efectos de la exposición a la radiación externa y de la contaminación interna.

El impacto debido a la exposición externa puede ser evaluado a partir del cálculo directo si es conocido el término fuente, o en su defecto mediante valores medidos, si existiera la posibilidad de mensurarlos. La exposición externa debe ser evaluada en el sitio de operación y fuera de éste, a varios kilómetros del mismo si es necesario.

La irradiación externa en la facilidad, a la que potencialmente están expuestos los trabajadores, puede deberse a material NORM acumulado en pilas de almacenamiento, pilas de residuos, en tubos, en cañerías o en distintos equipos utilizados en los distintos procesos. La exposición externa de los miembros del público, o sea fuera del sitio de operaciones (puede ser a varios kilómetros del mismo), puede resultar de la exposición a la radiación gamma resultante del pasaje de una nube de material radiactivo o la exposición a esta misma radiación del material depositado en las superficie del terreno.

El impacto radiológico debido a la contaminación interna puede ser evaluado mediante la medición de contaminación de cuerpo entero, o mediante análisis de excretas, o si se conoce el término fuente mediante la utilización de modelos dosimétricos que simulan las características de los radionucleidos *in vivo*.

Es fundamental tener en cuenta en toda evaluación del impacto radiológico el principio ALARA - *As Low As Reasonably Achievable*- (*tan bajas como sea razonablemente posible*, teniendo en cuenta los citados factores económicos y sociales)

Industria de la minería y la producción de metales

En la minería, el proceso de extracción de mineral de los yacimientos para la producción de metales genera grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos. Dado que los minerales de valor son una fracción muy reducida de la mina, la mayor proporción de este material bruto no es directamente utilizado.

La industria de la extracción de metales, típicamente genera una importante cantidad de residuos por año. Dependiendo de las características del yacimiento original y los métodos de extracción, algunos de estos residuos pueden contener concentraciones elevadas de radionucleidos provenientes de los NORM.

El nivel de NORM que puede encontrarse en las diferentes minas, dependen más de las formaciones geológicas y la región en que se encuentran que del tipo particular del mineral que está siendo extraído. Cualquier proceso que involucre la fundición de metales a altas temperaturas puede dar lugar a un incremento en la concentración de **plomo** y **polonio** volátil que puede ocasionar serios problemas a los trabajadores si estos lo inhalan.

Las cenizas volátiles y las cenizas del carbón del horno del proceso de fundición, pueden convertirse en aerosoles radiactivos que potencialmente pueden dispersar la contaminación a varios kilómetros de la zona del proceso.

Por otro lado, existe también probabilidad de emisiones de cenizas volátiles y de gases radiactivos desde las pilas de almacenamiento de la mina, o cualquier otro sitio en el que se almacene material. Como ya fue expresado, esas cenizas se convertirán en aerosoles radiactivos, mientras que el gas más comúnmente es emitido es el gas **radón**, un gas radiactivo descendiente de la cadena del **uranio** y del **torio**. El gas radón y sus descendientes de período corto (su progenie), pueden ser los responsables de valores de dosis significativamente altos tanto para los trabajadores como para los miembros del público que habiten fundamentalmente en las direcciones predominantes de los vientos.

La radiactividad de la materia prima o del mineral se transfiere en gran medida a la escoria producto de los distintos procesos.

La mayoría de los residuos de la minería se almacenan en el sitio o cerca del punto de generación, formando lagunas con las colas, o son usados para construir diques, represas o terraplenes. Los residuos del proceso de la minería de metales sólo se usan en un número limitado de aplicaciones como el relleno de áreas de minas fuera de servicio o para la construcción de rutas cercanas a la instalación.

Conclusiones

Por lo expuesto se puede concluir que es necesario controlar diferentes parámetros antes, durante después de la explotación y de la producción. El fundamental controlar el nivel de tasa de exposición externa a la que están expuestos los trabajadores en cada tarea que deban desarrollar. En algunos casos será necesario el control dosimétrico individual del personal, en otros casos bastará con monitorear el nivel de exposición ambiente, mediante dosímetros de área. Por otro lado, y con el fin de realizar una correcta evaluación de la exposición interna de los trabajadores, será necesario conocer la concentración de gas radón y de su progenie, principalmente en ambientes cerrados. También en algunos casos será necesario conocer la tasa de emanación de dicho gas en sitios en el que se acumule material, como por ejemplo en pilas de almacenamiento, ya que este gas puede pasar al ambiente y ser transportado varios kilómetros pudiendo llegar a las poblaciones cercanas.

Por otro lado, es necesario conocer la cantidad de aerosoles en el ambiente, y en algunos casos es importante conocer la distribución en tamaño de los mismos, ya que los factores dosimétricos de los radionucleidos pueden variar fuertemente según el tamaño del aerosol. Asimismo, se recomienda aplicar, en todo caso posible, aquellos métodos de trabajo que mantienen la materiales NORM húmedos para prevenir la contaminación interna

Es muy importante controlar los niveles de concentración de actividad de radionucleidos de procedencia natural en aguas superficiales y profundas cercanas a la

facilidad. Este tema debe ser primordial en este tipo de industrias. Si la contaminación pasa al agua el **daño puede ser irreparable**, ya que estamos en presencia de radionucleidos de vida media radiactiva muy larga, en algunos casos de millones de años. Eso significaría la contaminación a perpetuidad de la fuente de agua. Esto además, dispersaría la contaminación a áreas alejadas, produciendo daños permanentes en bastas zonas de la región.

Como ya dijimos, la industria minera está creciendo de manera exponencial en los tiempos que nos tocan vivir. Bienvenido todo el desarrollo que ello trae aparejado, pero no nos olvidemos de cuidar **todos** los aspectos que atañen al cuidado de las personas, trabajadores y público, y del medio ambiente.