

PRAMU

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Asenjo A.

CNEA-Unidad de Ejecución del Proyecto PRAMU

ABSTRACT

Mining and milling activities have been carried out in Argentina during the last 40 years, and nowadays CNEA is undertaking the **Uranium Mining Environmental Restoration Project (PRAMU)**. The aim of this project is to achieve that in all the places where uranium mining activities were developed, to restore the environment as much as it is possible, according to the legislation in force.

The sites which are studied are: Malargüe (Mendoza Province), Córdoba (Córdoba Province), Los Gigantes (Córdoba Province), Huemul (Mendoza Province), Pichiñan (Chubut Province), Tonco (Salta Province), La Estela (San Luis Province), Los Colorados (La Rioja Province).

In order to develop the restoration project in each site, one of the first task to be performed is to know quantities and the chemical, physicals and radiological characteristics of the contamination sources. In the present paper the activities of PRAMU in this field, are informed.

1. INTRODUCCION

La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) ha desarrollado en varias provincias argentinas actividades relacionadas con la minería y tratamiento de minerales de uranio.

Con el fin de asegurar la protección del público y el ambiente, la CNEA ha implementado el PROYECTO DE RESTITUCION AMBIENTAL DE LA MINERÍA DEL URANIO (PRAMU), cuyo objetivo es lograr que en todos los lugares donde se han desarrollado actividades relacionadas con la minería del uranio, se realice la restauración del ambiente, de acuerdo con los requerimientos regulatorios vigentes. Los sitios a restaurar son: Malargüe (Mza), Córdoba (Cba) , Los Gigantes (Cba), Huemul (Mza), Pichiñan (Chubut), Tonco (Salta), La Estela (San Luis), Los Colorados (La Rioja). En figura 1 se muestra la ubicación de los Sitios a restaurar.

El conocimiento de las características físicas, químicas y radiológicas de las fuentes de contaminación (residuos), constituye una de las bases para definir el proyecto de gestión final del Sitio. Por tal motivo en el presente trabajo se realizará una descripción de las tareas desarrolladas por el PRAMU en este campo.

2. GENERALIDADES

La minería y procesamiento de los minerales de uranio produce grandes cantidades de residuos que deben ser gestionados en forma segura. Los residuos producidos pueden ser sólidos y líquidos, generándose en la etapa de minería: a) roca estéril, b) minerales de baja ley, c) agua de mina, y en la etapa de procesamiento: d) colas de mineral, e) lodos de precipitación y f) efluentes líquidos del proceso.

Estos residuos constituyen fuentes potenciales de repercusión radiológica, tanto para las personas que trabajan en la industria como para los individuos del público que pueden resultar expuestos, si los mismos se dispersan en el ambiente.

Dados los largos períodos de vida de los radionucleidos que contienen los residuos, y las características físicas y químicas de los mismos, deberán estudiarse las repercusiones a largo plazo de los procesos ambientales (erosión, inundaciones, sismicidad, etc.) sobre los sistemas destinados al emplazamiento final de los residuos.

3. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS

3.1. Residuos de la minería

Los residuos de la minería consisten en: a) roca estéril, b) minerales de baja ley, y c) agua de mina. El volumen de los residuos sólidos de mina depende de muchos factores tales como: ley del yacimiento, profundidad de la mineralización, tipo de depósito, etc. Para el caso de minas a cielo abierto el volumen de roca estéril puede exceder varias veces el volumen de mineral extraído, para minas subterráneas las cantidades de roca estéril generadas son sensiblemente menores.

Los residuos de mina en la mayoría de los casos no presentan riesgo ambiental, no obstante en algunos casos pueden contener sulfuros que son una fuente potencial de generación de drenaje ácido, con los riesgos asociados a este fenómeno.

Los minerales de baja ley pueden presentar contenidos de uranio por encima del fondo, debiéndose estudiar en estos casos la forma de prevenir la posible contaminación desde esta fuente.

El agua de mina puede contener contaminantes radiológicos y convencionales. Debe ser reciclada para ser utilizada como agua de proceso, y las cantidades excedentes deben ser tratadas para ser descargadas al ambiente, de acuerdo con las legislaciones ambientales vigentes.

3.2. Residuos de tratamiento

3.2.1 Colas de mineral

Las colas de mineral se caracterizan por sus grandes volúmenes y relativamente bajas concentraciones de radionucleidos naturales de larga vida. Alrededor del 15% de la radioactividad original del mineral pasa al concentrado y una vez que los radionucleidos de corta vida han decaído el 70% de la radioactividad original del mineral permanece en las colas. Las colas contienen casi toda la actividad proveniente del decaimiento del uranio, torio 230, radio 226. El torio 230 es una fuente de producción de radioactividad a largo plazo.

Las colas contienen además metales pesados que están presentes en el mineral, y otros compuestos adicionados durante el proceso, tales como amonio, nitrato, solventes, etc. Así, si no se toman provisiones las colas pueden ser una fuente de contaminación ambiental a largo plazo. Los procesos de planta producen un cambio en las características mineralógicas y químicas del mineral poniendo el uranio en forma más soluble, aumentando también la solubilidad de otros iones asociados al mineral. Por ejemplo el

proceso ácido tiende a promover la disolución y potencial movilización de los productos de decaimiento del radio y metales pesados.

El potencial de formación de ácido de las colas está relacionado con la presencia de pirita en los minerales, la cual es susceptible a oxidación bacteriana, generando ácido sulfúrico. La generación de ácido facilita la solubilización y liberación de contaminantes al ambiente ya que contribuye a la lixiviación de metales pesados y radionucleidos

3.2.2. Lodos de precipitación

La neutralización de los efluentes ácidos de proceso con cal o carbonato de calcio, genera lodos de precipitación, compuestos principalmente por sulfato de calcio, que contienen U, Ra y también otros elementos tales como hierro, aluminio, etc.

El tratamiento de los efluentes líquidos con cloruro de bario, para precipitar el radio, genera precipitados de sulfato de bario y radio.

3.2.3. Efluentes líquidos

Los efluentes líquidos que se generan en el procesamiento de los minerales de uranio, son principalmente las soluciones residuales provenientes de las etapas de intercambio iónico o extracción por solventes, además de otras soluciones residuales producidas en las etapas de precipitación y lavado de los precipitados de uranio.

Estas soluciones, que contienen acidez residual, uranio, radio y cationes y aniones convencionales, son fuentes potenciales de contaminación. Normalmente se tratan con cal para neutralizarlas y precipitar uranio y cationes convencionales; también pueden requerirse tratamientos para precipitar el radio, utilizando cloruro de bario. En algunos casos, dependiendo de las legislaciones ambientales vigentes, pueden requerirse también tratamientos químicos para reducir la concentración de ciertos aniones (sulfato, nitrato, etc.)

4. VIAS DE TRANSFERENCIA

Existe una variedad de mecanismos por los cuales los contaminantes de los residuos de la minería y tratamiento de los minerales de uranio pueden acceder al ambiente. Una vez liberados los contaminantes pueden acceder al ser humano por distintas vías.

- a) Vía atmosférica, que comprende inhalación de radón y sus hijas, inhalación de partículas radiactivas en suspensión e irradiación externa.
- b) Vía terrestre, que puede causar irradiación por ingestión de alimentos contaminados.
- c) Vía acuática, por ingestión de agua contaminada o alimentos acuáticos contaminados.

Los riesgos de contaminación del ambiente y del ser humano, están en relación directa con las características de los residuos y las vías de contaminación. Estas vías dependen de las características particulares del sitio y están relacionadas, entre otros, con los siguientes factores: climatología (vientos, precipitaciones, etc), geología, hidrología, hidrogeología, sismicidad, densidad de población, etc.

5. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

Dicha tarea es realizada por medio de muestreos de los residuos sólidos y líquidos, y permite conocer las características químicas, físicas y radiológicas de los mismos, para definir luego la tecnología de gestión mas adecuada.

En el marco del PRAMU se han completado ya las actividades de caracterización de los residuos en los Sitios Malargue, Córdoba y Los Gigantes, quedando pendientes de completar estas tareas en el resto de los Sitios.

Los estudios químicos en muestras sólidas y líquidas comprenden determinaciones de uranio, radio y barrido total de cationes y aniones convencionales.

Los estudios físicos sobre muestras sólidas comprenden: granulometría, proctor, STP, humedad, triaxial, densidad, etc.

Para realizar monitoreo radiológico se procede a realizar controles de concentración de radón, emanación y tasa de dosis, sobre los residuos y en zonas aledañas a los mismos.

Por ejemplo, en el caso de Los Gigantes, para proceder al muestreo de sólidos se realizaron 4 pozos sobre estériles de cantera, 5 pozos sobre minerales de baja ley, 10 pozos sobre lodos de precipitación, y 34 pozos sobre colas de mineral. El total de determinaciones químicas en sólidos y líquidos en este sitio fue del orden de 1500, habiéndose realizado análisis de uranio, radio y barrido total catiónico y aniónico. Así mismo se han llevado a cabo determinaciones de concentración de radón, emanación y tasa de dosis, sobre los residuos y en zonas aledañas a los mismos.

Con respecto a los estudios físicos, en el Sitio Los Gigantes se realizaron 51 ensayos de humedad, 55 límites de consistencia, 55 proctor standard, 53 granulometrías, 33 triaxiales, 12 ensayos de permeabilidad y ensayos geotécnicos in situ.

6. FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LOS SITIOS A RESTAURAR

6.1. Sitio Malargue

El Complejo Fabril Malargue está localizado en la provincia de Mza. Las actividades relacionadas con la producción de concentrados de uranio comenzaron en la década del 50. En este sitio funcionó hasta el año 1986 una planta convencional de producción de concentrados.

Como resultado de las actividades productivas llevadas a cabo se generaron 700.000 t de colas de mineral. En figura 2 se muestran las colas de mineral.

Composición química promedio de las colas de mineral es:

U: 145 ppm
 Ra -226: 12 Bq/g
 Cu: 85 ppm
 Fe: 1,42 %
 Pb: 87 ppm
 Mg: 0,15 %
 Zn: 48 ppm
 Al: 7 %
 Ni: 30 ppm
 SO₄⁼: 6 %

NO_3^- : < 0,05 %

$\text{S}^{=}$: < 0,2%

Características radiológicas:

Emanación: 8 Bq/m²s

Tasa de dosis: 10 µSv/h

Características físicas:

Los ensayos granulométricos indicaron que el 80% del material es menor de 420 µ, y la humedad promedio de las colas es 9%.

6.2. Sitio Córdoba

El Complejo Fabril Córdoba está ubicado en la provincia de Córdoba.

Comenzó a operar en la década del 50 como planta piloto dedicada al estudio del procesamiento de minerales de uranio provenientes de distintas provincias. En la actualidad funciona la planta de producción de UO₂ de Dioxitek.

Como resultado de los estudios piloto llevados a cabo se generaron 31.500 m³ de colas de mineral.

La composición química promedio de las colas es:

U: 337 ppm

Ra: 11 Bq/g

Cu: 615 ppm

Pb: 124 ppm

Zn: 751 ppm

V: 1032 ppm

Mn: 1120 ppm

Fe: 2,82 %

$\text{SO}_4^{=}$: 1,6 %

NO_3^- : 731 ppm

$\text{S}^{=}$: 3,31 %

Emanación: 6,6 Bq/m²s

Tasa de dosis: 4,9 µSv/h

6.3. Sitio Los Gigantes

El Complejo Fabril Los Gigantes está ubicado en la provincia de Córdoba. Comenzó a operar en el año 1982 y se detuvo en el año 1989.

Las fuentes de contaminación en este sitio son:

a) Roca estéril

Cantidad: 1.000.000 t

U: 59 ppm

Ra: 0,6 Bq/g

b) Mineral de baja ley

Cantidad: 600.000 t

U: 120 ppm

Ra: 0,8 Bq/g

c) Colas de mineral

Cantidad: 2.400.000 t

Composición química:

U: 84 ppm

Ra: 1,2 Bq/g

Fe: 1,6 %

Cu: 5 ppm

Pb: 60 ppm

SO₄⁼: 0,4 %

NO₃⁻: 8 ppm

S⁼: < 0,01%

Emanación: 0,33 Bq/m²s

Tasa de dosis: 0,4 µSv/h

Estudios granulométricos realizados sobre colas de mineral indican que el 93% del material es menor a 38 mm, y la humedad promedio es 7%.

d) Lodos de precipitación:

Cantidad: 101.360 m³

Composición química:

U: 217 ppm

Ra: 1 Bq/g

Fe: 2%

Cu: 90 ppm

Pb: 90 ppm

SO₄⁼: 25 %

NO₃⁻: 4 ppm

S⁼: 0,025 %

Emanación : 1,1 Bq/m²s

Tasa de dosis: 0,43 µSv/h

e) Efluentes

Cantidad: 100.000 m³

Composición química:

U: 0,05 ppm

Ra: 1 Bq/l

Mn: 88 ppm

Fe: 0,15 ppm

Cu: 0,1 ppm

Pb: 0,1 ppm

$\text{SO}_4^{=}$: 3600 ppm

NO_3^- : 50 ppm

NH_4^+ : 250 ppm

En figuras 3 y 4 se muestran las colas de mineral y el dique de efluentes líquidos de Los Gigantes.

6.4. Otros Sitios

Para el resto de los Sitios en estudio se mencionarán solamente la cantidad de residuos acumulados, ya que los trabajos de caracterización aun no han sido completados.

Sitio Tonco (Provincia de Salta)

Colas de mineral: 500.000 t

Sitio Pichiñan (Provincia de Chubut)

Colas de mineral: 60.000 t

Sitio Huemul (Provincia de Mza.)

No hay colas de mineral.

Mineral: 2404 m³

Roca estéril: 9505 t

Sitio La Estela (Provincia de San Luis)

Colas de mineral: 65.000 t

Roca estéril: 1.143.000 t

Sitio Los Colorados (Provincia de La Rioja)

Colas de mineral 155.000 t

Roca estéril: 937.000 t

7. CONCLUSIONES

La identificación y caracterización de las fuentes de contaminación es una de las tareas relevantes relacionadas con las actividades de restauración ambiental, ya que los riesgos de contaminación del ambiente y del ser humano están en relación directa con las características de los residuos y las vías de contaminación. El conocimiento de las características físicas, químicas y radiológicas de los residuos, constituye una de las bases para la elaboración de la Evaluación Ambiental de los Sitios a restaurar, definir medidas de mitigación y llevar a cabo el proyecto de clausura del Sitio.

8. REFERENCIAS

- Proyecto de Restitución Ambiental de la Minería del Uranio (PRAMU)-Evaluación Ambiental- CNEA-Enero/99.

- Current Practices for the Management and Confinement of uranium Mill Tailings- IAEA- Technical Reports Series No. 335.

Figura 1

SITIOS A GESTIONAR

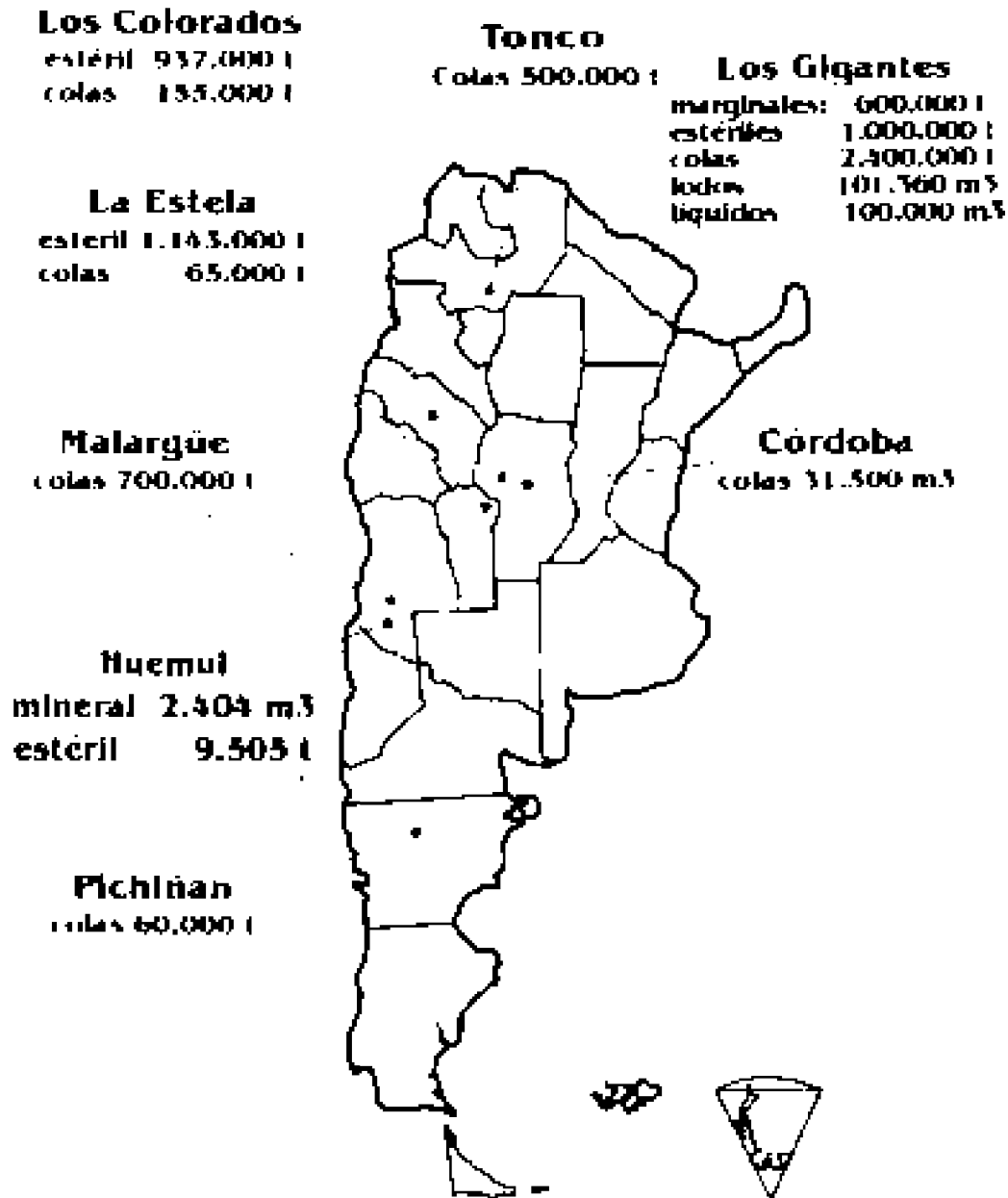


Figura 2 - Colas de mineral Sitio Malargüe



Figura 3 - Colas de mineral Sitio Los Gigantes

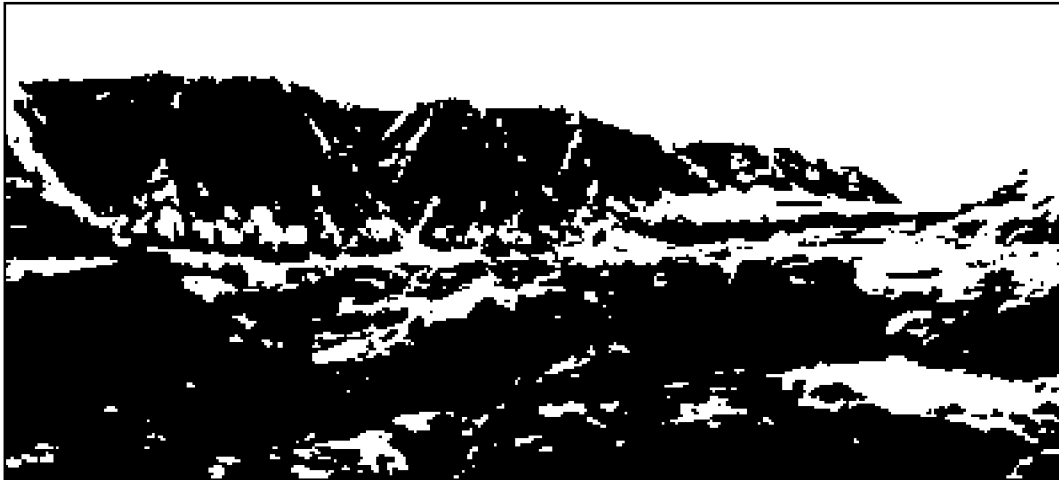


Figura 4 - Dique de efluentes líquidos Sitio Los Gigantes

