

VIGILANCIA AMBIENTAL Y OCUPACIONAL

En este capítulo se presenta el resultado de las mediciones ambientales practicadas por la ARN alrededor de las instalaciones nucleares y de los complejos minero fabriles de uranio. Las muestras de agua, aire, pasto, leche, peces y verduras tomadas abarcan en todos los casos el período comprendido entre el 1º de octubre de 2001 al 30 de setiembre de 2002.

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I

Se tomaron en total 160 muestras en los diferentes puntos de muestreo, sobre las que se realizaron 200 determinaciones y análisis radioquímicos.

Las muestras de agua de río y sedimentos fueron tomadas con una frecuencia mensual, en el Club de Pesca de la zona, a unos 3 km río abajo de la central (punto 3, figura 10, pág. 57). Las muestras de agua potable fueron tomadas de un pozo ubicado dentro de un radio de 5 km de la central (punto 1, figura 8), con una frecuencia mensual. Sobre estas muestras se realizó la determinación de tritio con una frecuencia mensual, y las determinaciones de cesio 137 y estroncio 90 en muestras promediadas trimestralmente.

En las mismas zonas donde se tomaron muestras de agua de río, se realizó la captura de peces con una frecuencia mensual, expresándose los resultados como promedios trimestrales.

Las muestras de leche fueron recolectadas en forma semanal, en zonas de pastoreo ubicadas dentro de un radio de 10 km de la central (punto 1, figura 10, pág. 57), determinándose yodo 131 en una muestra mensual, y cesio 137 y cobalto 60 sobre muestras conjuntas trimestrales. Las muestras de pasto fueron recolectadas, en un radio de 5 km de la central (punto 2, figura 10).

Con respecto al monitoreo de alimentos, se seleccionaron los cultivos más próximos a la central y se obtuvieron muestras de algunos productos de quintas, con una frecuencia mensual. Las muestras fueron analizadas expresándose los resultados en forma trimestral.

La determinación de la concentración de cesio 137 en muestras correspondientes a leche, verduras de hoja y de raíz, y peces, se realizó por espectrometría gamma, en condiciones geométricas normalizadas, sobre comprimidos de cenizas de las muestras calcinadas.

La concentración de estroncio 90 fue determinada por una técnica que incluye la calcinación de la muestra, separación del itrio 90 en equilibrio, y medición por centelleo líquido de la radiación Cerenkov emitida.

La determinación de la concentración de yodo 131 se llevó a cabo por medición en un detector de germanio hiperuro. Las mediciones se realizaron sobre muestras que fueron recolectadas mensualmente y los resultados se expresan como promedios trimestrales.

En los siguientes cuadros se presenta la concentración de actividad en las diferentes muestras analizadas:



| Concentración de actividad en agua del río Paraná (Bq/l) | | | | |
|--|--------|-----------|------------|--------------|
| período | tritio | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| octubre 01 | 18,8 | | | |
| noviembre 01 | 0,4 | <2,3 E-3 | 4,2 E-3 | <2,0 E-4 |
| diciembre 01 | 0,7 | | | |
| enero | <0,3 | | | |
| febrero | 0,9 | <2,5 E-3 | <2,0 E-3 | <2,0 E-4 |
| marzo | 0,4 | | | |
| abril | 0,5 | | | |
| mayo | 0,5 | <1,2 E-3 | <8,0 E-4 | <2,0 E-4 |
| junio | 0,7 | | | |
| julio | 0,2 | | | |
| agosto | --- | <1,0 E-3 | <8,0 E-4 | <2,0 E-4 |
| setiembre | 0,4 | | | |

Nota: Las mediciones de cesio, cobalto y estroncio se realizan sobre muestras trimestrales.

| Concentración de actividad en peces del río Paraná (Bq/kg) | | | |
|--|-----------|------------|--------------|
| período | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,02 | <0,03 | 0,04 |
| 1º trimestre | <0,01 | <0,01 | 0,09 |
| 2º trimestre | <0,02 | <0,02 | 0,09 |
| 3º trimestre | 0,02 | <0,01 | 0,04 |

Nota: muestra conjunta de bagre, boga, dorado, armado, tararira y carpa.

| Concentración de actividad en sedimentos del río Paraná (Bq/kg) | | |
|---|-----------|------------|
| período | cesio 137 | cobalto 60 |
| 4º trimestre 01 | 1,2 | <0,7 |
| 1º trimestre | 0,7 | <0,6 |
| 2º trimestre | <0,9 | 2,3 |
| 3º trimestre | <0,9 | 1,3 |

| Concentración de actividad en agua potable (napa) (Bq/l) | | | | |
|--|--------|-----------|------------|--------------|
| período | tritio | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,3 | <1,2 E-3 | <1,3 E-3 | <2,0 E-4 |
| 1º trimestre | <0,2 | <8,0 E-4 | <1,0 E-3 | <2,0 E-4 |
| 2º trimestre | <0,2 | <1,3 E-3 | <8,0 E-4 | <2,0 E-4 |
| 3º trimestre | <0,2 | <8,0 E-4 | <1,3 E-3 | <2,0 E-4 |

| Concentración de actividad en alimentos de la zona de la CNA I (Bq/kg) | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| período | 4º trimestre 01 | | 1º trimestre | | 2º trimestre | | 3º trimestre | |
| | Cesio 137 | Estroncio 90 | Cesio 137 | Estroncio 90 | Cesio 137 | Estroncio 90 | Cesio 137 | Estroncio 90 |
| verduras de hoja ¹ | <0,010 | <0,009 | <0,01 | 0,05 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| verduras de raíz ² | <0,008 | 0,01 | <0,01 | 0,03 | <0,003 | 0,01 | <0,01 | 0,02 |
| otras ³ | <0,005 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,006 | 0,02 | <0,01 | 0,03 |
| frutas ⁴ | <0,004 | 0,05 | <0,01 | 0,10 | <0,05 | 0,10 | 0,02 | 0,12 |

Nota: ¹ lechuga, acelga, repollo, escarola, brócoli, espinaca y radicheta.

² batata, papa, cebolla, remolacha y puerro.

³ berenjena, pepino, zapallo, zapallito, morrón y tomate.

⁴ naranja, melón, mandarina, limón, durazno, ciruela y kiwi.



| Concentración de actividad en leche de la zona de la CNA I (Bq/l) | | | |
|---|----------|-----------|--------------|
| período | yodo 131 | cesio 137 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,02 | <0,01 | 0,02 |
| 1º trimestre | <0,02 | <0,01 | 0,02 |
| 2º trimestre | <0,2 | <0,0009 | <0,01 |
| 3º trimestre | <0,2 | <0,0006 | <0,02 |

| Concentración de actividad en pasto de la zona de la CNA I (Bq/m ²) | | | |
|---|----------|-----------|------------|
| período | yodo 131 | cesio 137 | cobalto 60 |
| 4º trimestre 01 | <2,7 | <2,6 | <2,0 |
| 1º trimestre | <2,0 | <2,1 | <2,4 |
| 2º trimestre | <2,7 | <2,8 | <2,9 |
| 3º trimestre | <3,3 | <3,6 | <2,4 |

| Concentración de actividad en muestras de dieta de la CNA I (Bq/l) | | | |
|--|-----------|------------|--------------|
| período | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,02 | <0,01 | <0,03 |
| 1º trimestre | <0,01 | <0,02 | <0,02 |
| 2º trimestre | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| 3º trimestre | <0,01 | <0,01 | <0,02 |

No se detectaron niveles de contaminación atribuible al funcionamiento de la central, con excepción de trazas de cobalto en muestras de sedimentos y agua de río. Se midieron niveles muy bajos de estroncio 90 en algunas muestras de vegetales y peces, valores que pueden atribuirse al fallout ambiental residual.

El significado radiológico de los resultados obtenidos a partir del monitoreo ambiental realizado en los alrededores de la central nuclear, se determina mediante la estimación de las dosis en los miembros del público. La dosis calculada para el individuo promedio del grupo crítico, suponiendo que todos los alimentos que se consumen en la zona son de origen local, resultó menor que 2,0 E-3 mSv. Este valor se encuentra muy por debajo del valor límite de dosis establecido en la normativa vigente (1 mSv). Cabe aclarar que en este caso, la dosis calculada en el grupo crítico se compara con el límite de dosis para el público, dado que los radionucleidos identificados en las muestras ambientales son consecuencia de todas las prácticas que descargan materiales radiactivos al ambiente.

CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

Durante 2002 se recolectaron en total 120 muestras y sobre las mismas se realizaron 144 análisis y determinaciones radioquímicas.

Las muestras de leche fueron obtenidas de un tambo ubicado dentro de un radio de 5 km de la central nuclear (punto 2, figura 11, pág. 58), en forma semanal, determinándose yodo 131 en forma mensual, y cesio 137 y estroncio 90, trimestralmente.

Las muestras de agua del lago fueron tomadas con una frecuencia mensual de la Unidad Turística (punto 1, figura 11). Las muestras de agua potable se tomaron de una vivienda particular, conectada a la red de distribución domiciliar de la ciudad de Embalse, con una frecuencia de muestreo mensual. Se determinó tritio, tanto en agua del lago como en agua potable, y con una frecuencia trimestral, se determinaron cesio 137 y estroncio 90. Las muestras de condensado de humedad fueron tomadas con un equipo ubicado a 350 metros de la chimenea de descargas gaseosas de la central (punto 3, figura 11). Mensualmente, se tomaron muestras de sedimentos en el punto correspondiente a la Unidad Turística Embalse (punto 1, figura 11).

La captura de peces de diferentes especies fue realizada de distintas partes del lago, con una frecuencia mensual, expresándose los resultados como promedios trimestrales.

Con respecto al monitoreo de alimentos producidos en la zona, se seleccionaron, obtuvieron y analizaron muestras de algunos productos de una quinta, ubicada a 5 km de la central nuclear en dirección noreste, expresándose los resultados obtenidos como promedios trimestrales.

La determinación de la concentración de cesio 137 en muestras correspondientes a leche, dieta y peces, se realizó por espectrometría gamma, en condiciones geométricas normalizadas, sobre comprimidos de cenizas de las muestras calcinadas.

Las concentraciones de estroncio 90 y de yodo 131 fueron determinadas de la misma forma que se describió en el caso de la CNA I.

Los valores de actividad medidos en las muestras mencionadas se pueden observar en los cuadros de la página siguiente.

En los cuadros siguientes se presenta la concentración de actividad en las distintas muestras procesadas.

| Concentración de actividad en agua del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/l) | | | | |
|--|--------|-----------|------------|--------------|
| período | tritio | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| octubre 01 | --- | | | |
| noviembre 01 | 77,8 | <0,2 | 0,2 | --- |
| diciembre 01 | 66,5 | | | |
| enero | 30,5 | | | |
| febrero | --- | --- | --- | --- |
| marzo | --- | | | |
| abril | 26,6 | | | |
| mayo | --- | <1,2 E-3 | <1,2 E-3 | <2,0 E-4 |
| junio | 40,0 | | | |
| julio | 41,2 | | | |
| agosto | 52,7 | <2,3 E-3 | <1,8 E-3 | <2,0 E-4 |
| setiembre | 36,0 | | | |

Nota: Las mediciones de cesio, cobalto y estroncio se realizaron sobre muestras trimestrales.

| Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad (Bq/m³) | | | |
|---|--------|-----------|--------|
| período | tritio | período | tritio |
| octubre 01 | --- | abril | 1,3 |
| noviembre 01 | 2,8 | mayo | 1,9 |
| diciembre 01 | 1,9 | junio | 1,2 |
| enero | 1,4 | julio | 1,4 |
| febrero | 1,5 | agosto | 1,3 |
| marzo | 1,5 | setiembre | 1,2 |

| Concentración de actividad en sedimentos del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/kg) | | |
|---|-----------|------------|
| período | cesio 137 | cobalto 60 |
| 4º trimestre 01 | --- | --- |
| 1º trimestre | --- | --- |
| 2º trimestre | 3,0 | <1,4 |
| 3º trimestre | 1,6 | <0,8 |

| Concentración de actividad en agua potable de la ciudad de Embalse (Bq/l) | | | | |
|---|--------|-----------|------------|--------------|
| período | tritio | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | 66,7 | <0,3 | <0,3 | --- |
| 1º trimestre | 31,2 | --- | --- | --- |
| 2º trimestre | 33,9 | <2,7 E-3 | <2,5 E-3 | <2,0 E-4 |
| 3º trimestre | 43,9 | <2,3 E-3 | <1,5 E-3 | <3,0 E-4 |



Concentración de actividad en peces del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/kg)

| período | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
|-----------------|-----------|------------|--------------|
| 4º trimestre 01 | 0,02 | <0,02 | 0,07 |
| 1º trimestre | --- | --- | --- |
| 2º trimestre | <0,04 | <0,03 | <0,03 |
| 3º trimestre | 0,05 | <0,02 | <0,03 |

Nota: Muestra de pejerrey.

Concentración de actividad en leche de la zona de la CNE (Bq/l)

| período | yodo 131 | cesio 137 | estroncio 90 |
|-----------------|----------|-----------|--------------|
| 4º trimestre 01 | <0,2 | <0,01 | 0,03 |
| 1º trimestre | --- | --- | --- |
| 2º trimestre | <0,2 | <0,01 | 0,02 |
| 3º trimestre | <0,2 | <0,02 | <0,02 |

Concentración de actividad en pasto de la zona de la CNE (Bq/m²)

| período | yodo 131 | cesio 137 | cobalto 60 |
|-----------------|----------|-----------|------------|
| 4º trimestre 01 | --- | --- | --- |
| 1º trimestre | --- | --- | --- |
| 2º trimestre | <3,4 | <3,3 | <2,9 |
| 3º trimestre | <3,1 | <3,0 | <3,1 |

Concentración de actividad en muestras de dieta de la CNE (Bq/l)

| período | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
|-----------------|-----------|------------|--------------|
| 4º trimestre 01 | --- | --- | --- |
| 1º trimestre | --- | --- | --- |
| 2º trimestre | <0,03 | <0,03 | <0,02 |
| 3º trimestre | <0,02 | <0,02 | <0,03 |

Se detectó la presencia de tritio en muestras de agua de lago y agua potable y niveles muy bajos de cesio 137 y cobalto 60 en muestras puntuales de sedimentos y peces del lago de Embalse de Río Tercero. También se midieron niveles muy bajos de estroncio 90 en algunas muestras de peces y vegetales, valores que pueden atribuirse al fallout ambiental.

La presencia de tritio en el agua del lago se debe a la descarga de efluentes generados en los procesos de purificación y desgasado de agua del circuito primario de refrigeración del reactor. Cabe aclarar que el nivel de concentración de tritio en el agua del lago está relacionado con las variaciones estacionales del nivel de agua del embalse.

La dosis al grupo crítico, estimada basándose en la exposición a las vías críticas correspondientes a los radionucleidos identificados en las muestras recogidas, resultó menor que 2,4 E-3 mSv, valor muy por debajo del límite de dosis establecido en la normativa vigente (1 mSV).

CENTRO ATÓMICO EZEIZA

En el plan de monitoreo efectuado durante el año 2002, se recolectaron 340 muestras y se efectuaron 793 determinaciones de los distintos radionucleidos de interés.

Las muestras de agua y sedimentos del arroyo Aguirre fueron tomadas con una frecuencia mensual, antes, después y dentro del centro (puntos 5, 6, 7, 8, 9 y 10, figura 12, pág. 59). También se analizaron muestras provenientes de los tanques de agua potable de dicho centro (puntos AP₁, AP₂, AP₃ y AP₄) y muestras de agua potable de los alrededores del centro (puntos AP₅, AP₆, AP₇, AP₈, AP₉, AP₁₀ y AP₁₁).

Las mediciones de las muestras correspondientes a leche, verduras de hoja y de raíz, se realizaron por espectrometría gamma, sobre comprimidos de cenizas de las muestras calcinadas.

Las concentraciones de estroncio 90 y de yodo 131 fueron determinadas conforme a la técnica descrita en el caso de la CNA I.

En los cuadros siguientes se indican las concentraciones de actividad medidas en las diferentes muestras.

| Concentración de actividad de muestras de aerosoles en aire ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) | | | | | |
|---|-------|------------|-----------|-----------|------------|
| período | cesio | cobalto 60 | período | cesio 137 | cobalto 60 |
| octubre 01 | <2,0 | <2,0 | abril | <2,5 | 3,5 |
| noviembre 01 | <3,1 | <2,5 | mayo | <2,7 | 32,8 |
| diciembre 01 | 4,9 | <2,7 | junio | <2,3 | <2,6 |
| enero | 4,8 | <2,8 | julio | <2,4 | <2,4 |
| febrero | <3,0 | <2,4 | agosto | 3,4 | <2,0 |
| marzo | 34,0 | 8,7 | setiembre | <2,8 | 18,1 |

| Concentración de actividad en leche de la zona del CAE (Bq/l) | | | | |
|---|----------|-----------|------------|--------------|
| período | yodo 131 | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,2 | <0,02 | <0,02 | 0,01 |
| 1º trimestre | <0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,01 |
| 2º trimestre | <0,2 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| 3º trimestre | <0,2 | <0,03 | <0,03 | --- |

| Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|------------|
| período | 4º trimestre 01 | | | 1º trimestre | | | 2º trimestre | | | 3º trimestre | | |
| | especie | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 | cesio 137 | cobalto 60 |
| AP1 | <1,0 E-3 | <8,0E-4 | <2,0 E-4 | <1,3 E-3 | <1,0 E-3 | <2,0 E-4 | <1,0 E-3 | <1,0 E-3 | <2,0 E-4 | <8,0 E-4 | <1,0 E-3 | <2,0 E-4 |
| AP2 | <1,0 E-3 | <1,0 E-3 | <2,0 E-4 | <1,2 E-3 | <1,3 E-3 | <2,0 E-4 | --- | <1,2 E-3 | --- | <1,0 E-3 | <7,0 E-4 | <3,0E-4 |
| AP3 | <1,0 E-3 | <1,2 E-3 | 4,0 E-4 | <2,2 E-3 | <2,2 E-3 | 3,0 E-4 | <1,2 E-3 | <8,0 E-4 | <2,0 E-4 | <1,5 E-3 | <8,0 E-4 | <2,0 E-4 |
| AP4 | <2,3 E-3 | <1,5 E-3 | --- | <1,3 E-3 | <1,2 E-3 | --- | <1,7 E-3 | --- | 2,0 E-4 | <2,3 E-3 | <2,0 E-3 | <3,0 E-4 |

| Concentración de tritio en aguas potables del CAE y sus alrededores (Bq/l) | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| punto de muestreo | 4º trimestre 01 | 1º trimestre | 2º trimestre | 3º trimestre |
| AP ₁ (guardería) | <4,4 | <4,0 | <4,2 | <3,9 |
| AP ₂ (RA 3) | <4,4 | <4,0 | <4,2 | <3,9 |
| AP ₃ (LPR) | <4,4 | <4,0 | <4,2 | <3,9 |
| AP ₄ (Plantas Químicas) | <4,4 | <4,0 | <4,2 | <3,9 |
| AP ₅ (Tosquera) | <4,4 | <4,0 | --- | <3,8 |
| AP ₆ (Club Fuerza Aérea) | <4,4 | <4,0 | <4,1 | <3,8 |
| AP ₇ (Club Aeromodelismo) | <4,4 | <4,0 | <4,1 | <3,8 |
| AP ₈ (Club UPCN) | <4,4 | <4,0 | <4,1 | <3,8 |
| AP ₉ (Barrio SEC) | <4,4 | <4,0 | <4,1 | <3,8 |
| AP ₁₀ (Cantina Don Pepe) | <4,4 | <4,0 | <4,1 | <3,8 |
| AP ₁₁ (Club Empleados de Comercio) | <4,4 | <4,0 | <4,1 | <3,8 |

Nota: los puntos AP₅-AP₁₁ no se indican en la figura 12 debido a que son puntos de muestreo alejados del CAE.



| Depósito de actividad en muestras de agua de lluvia en el CAE (Bq/m ²) | | | |
|--|-----------|------------|--------------|
| período | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,09 | <0,09 | <0,02 |
| 1º trimestre | <0,80 | <1,0 | <0,02 |
| 2º trimestre | 0,12 | 2,7 | <0,02 |
| 3º trimestre | 0,19 | 1,5 | <0,02 |

| Depósito de actividad en muestras de pasto en el CAE (Bq/m ²) | | | |
|---|-----------|------------|----------|
| período | cesio 137 | cobalto 60 | yodo 131 |
| 4º trimestre 01 | <5,3 | <3,4 | <5,1 |
| 1º trimestre | <4,1 | <2,6 | <2,7 |
| 2º trimestre | <3,6 | <3,2 | <4,2 |
| 3º trimestre | <8,7 | <4,7 | <6,2 |

Los resultados presentados en la tabla surgen de promediar los niveles encontrados en los puntos 1, 2, 3 y 4 de la figura 12, pág. 59.

| Concentración de actividad en agua del arroyo Aguirre (Bq/l) | | | | | | | | |
|--|-----------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| período | 4º trimestre 01 | | 1º trimestre | | 2º trimestre | | 3º trimestre | |
| puntos | cesio137 | cobalto 60 | cesio 137 | cobalto 60 | cesio 137 | cobalto 60 | cesio 137 | cobalto 60 |
| 5 | <0,4 | <0,2 | --- | --- | <0,4 | <0,2 | <0,6 | <0,4 |
| 6 | <0,6 | <0,4 | <0,5 | <0,4 | <0,4 | <0,3 | <0,5 | <0,3 |
| 7 | <0,3 | <0,2 | <0,6 | <0,4 | <0,4 | <0,2 | <0,3 | <0,2 |
| 8 | <0,5 | <0,4 | <0,3 | <0,2 | <0,6 | <0,5 | <0,6 | <0,7 |
| 9 | <0,8 | <0,8 | <0,5 | <0,2 | <0,3 | <0,2 | <0,3 | <0,3 |
| 10 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | <0,3 | <0,3 |

| Concentración de actividad en alimentos de la zona del CAE (Bq/kg) | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| período | 4º trimestre 01 | | 1º trimestre | | 2º trimestre | | 3º trimestre | |
| especie | cesio 137 | estroncio 90 | cesio 137 | estroncio 90 | cesio 137 | estroncio 90 | cesio 137 | estroncio 90 |
| verduras de hoja ¹ | <0,01 | 0,020 | <0,005 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,02 | 0,02 |
| verduras de raíz ² | <0,01 | 0,010 | --- | --- | <0,01 | <0,01 | --- | 0,02 |
| otras ³ | <0,01 | 0,009 | <0,007 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | 0,02 | --- |

Nota: ¹ acelga, lechuga y repollo.

² remolacha, cebolla y puerro.

³ pepino, tomate, calabaza, berenjena y morrón.

--- significa muestra no disponible, debido a que las matrices son estacionales.

Se detectaron niveles de cesio 137, cobalto 60 y trazas de otros productos de fisión y activación en algunas muestras de sedimentos del arroyo. Asimismo se encontraron trazas de cesio y cobalto en algunas muestras de aire.

La dosis en el grupo crítico, obtenida en base a los radionucleidos identificados en las muestras recogidas, resultó menor que 1,7 E-3 mSv. Este valor se encuentra dos órdenes de magnitud por debajo del límite de dosis para el público (1 mSv).

Cabe aclarar que, debido a las distintas series de ensayos de armas nucleares en la atmósfera que se efectuaron entre las décadas del '40 y del '70, existe un significativo inventario residual de productos de fisión en el ambiente, en particular, de estroncio 90. Por lo tanto, es natural que en algunas muestras ambientales se haya detectado la presencia de estroncio 90, como puede apreciarse en los cuadros anteriores.

CENTRO ATÓMICO BARILOCHE

Durante 2002 se tomaron 15 muestras de agua y 2 de sedimentos, realizándose un total de 51 determinaciones y análisis radioquímicos. Los puntos de muestreo pueden observarse en la figura 13, pág. 60. La siguiente tabla muestra los valores obtenidos.

| Tipo de muestra | cesio 137 | cobalto 60 | estroncio 90 |
|--|-------------|-------------|--------------|
| Agua potable de la Ciudad de San Carlos de Bariloche | <0,003 Bq/l | <0,002 Bq/l | <0,0005 Bq/l |
| Valor promedio de agua de la zona | <0,004 Bq/l | <0,003 Bq/l | <0,0007 Bq/l |
| Valor promedio en sedimentos de la zona | 5,4 Bq/kg | <3,0 Bq/kg | --- |

COMPLEJOS MINERO FABRILES DE URANIO

Complejo minero fabril San Rafael

Durante 2002 se recolectaron 23 muestras de agua y 18 muestras de sedimentos. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 82 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos (véase figura 14, pág. 61).

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| uranio natural en agua potable | 0,0009 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable | 2,8 mBq/l |
| uranio natural en agua | 0,0032 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | 3,7 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 0,9 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 62,6 mBq/kg |
| | | tasa de emanación de radón | 6,3 Bq/m ² .s |

Ex Complejo fabril Malargüe

Durante 2002 se recolectaron 22 muestras de aguas y 8 de sedimentos, realizándose sobre las mismas un total de 60 análisis. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos, expresados como media geométrica (véase figura 15, pág. 62).

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| uranio natural en agua potable | 0,0013 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable | <2,3 mBq/l |
| uranio natural en agua | 0,0037 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | 3,3 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 1,1 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 38,4 mBq/kg |
| | | tasa de emanación de radón | 9,0 Bq/m ² .s |

Complejo fabril Córdoba

Durante 2002, se midieron 60 muestras de radón en aire y se recolectaron 6 muestras de agua y 4 de sedimentos, realizándose sobre las mismas un total de 20 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos, expresados como media geométrica (véase figura 17, pág. 63).

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|------------------------------|--------------------------|---|----------------------|
| Uranio natural en agua | 0,006 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | <2,7 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 2,8mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 28,7 mBq/g |
| tasa de emanación de radón | 4,0 Bq/m ² .s | concentración de radón en aire medida en el perímetro | 80 Bq/m ³ |



Ex Complejo minero fabril Los Gigantes

Durante 2002 se recolectaron 17 muestras de aguas superficiales y una muestra de agua potable en la localidad de Villa Carlos Paz (véase figura 18, pág. 63). Además, se recolectaron 8 muestras de sedimentos realizándose un total de 50 análisis. Se presentan a continuación los valores promedios obtenidos en las distintas muestras, expresados como media geométrica. Además se realizó el muestreo de tasa de emanación de gas radón en las escombreras de mineral de uranio.

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|---|-------------------|--|----------------|
| uranio natural en agua potable (Villa Carlos Paz) | 0,0008 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable (Villa Carlos Paz) | 3,0 mBq/l |
| uranio natural en agua | 0,002 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | 48,6 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 3,4 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 80,3 mBq/g |

Ex Complejo minero fabril La Estela

Durante 2002 se tomaron 10 muestras de agua y 6 de sedimentos, determinándose en ambos tipos de muestras la concentración de uranio natural y radio 226 (véase figura 19, pág. 64). Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos, expresados como media geométrica.

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|--|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| uranio natural en agua | 0,013 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | <4,0 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 7,1 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 126,5 mBq/g |
| uranio natural en agua potable (Merlo) | 0,0007 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable (Merlo) | <2,3 mBq/l |
| | | tasa de emanación de radón | 5,5 Bq/m ² .s |

Ex Complejo minero fabril Los Colorados

Durante 2002 se tomaron 12 muestras en aguas superficiales, 1 muestra de agua potable de la ciudad de Patquía y 1 muestra de sedimentos, realizándose 28 determinaciones sobre las mismas. Se llevó a cabo, también, la medición de la tasa de emanación del gas radón en escombreras de mineral. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|--|------------------|-------------------------------------|----------------|
| uranio natural en agua potable (Patquía) | 0,003 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable (Patquía) | <1,8 mBq/l |
| uranio natural en agua | 0,004 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | 18,4 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 2,2 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 3,5 mBq/g |

Ex Complejo minero fabril Tonco

Durante 2002 se tomaron 24 muestras de aguas superficiales y 26 muestras de sedimentos, realizándose 100 determinaciones sobre las mismas (véase figura 20, pág. 65). Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|------------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|
| uranio natural en aguas | 0,154 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | 11,3 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 6,6 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 55 mBq/g |
| | | tasa de emanación de radón | 12,1 Bq/m ² .s |

Ex Complejo minero fabril Pichián

Durante 2002 se tomaron 25 muestras de aguas superficiales y 20 muestras de sedimentos, realizándose 94 determinaciones sobre las mismas (véase figura 16, pág.62). Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

| Tipo de muestra | Valor promedio | Tipo de muestra | Valor promedio |
|---|-------------------|------------------------------------|----------------|
| uranio natural en agua potable (Rawson) | 0,0009 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable (Rawson) | <2,3 mBq/l |
| uranio en agua potable (Trelew) | 0,0009 mg/l (ppm) | radio 226 en agua potable (Trelew) | <2,4 mBq/l |
| uranio natural en agua | 0,0009 mg/l (ppm) | radio 226 en agua | 2,3 mBq/l |
| uranio natural en sedimentos | 1,2 mg/kg (ppm) | radio 226 en sedimentos | 92,7 mBq/g |

Conclusiones

Los valores medidos sobre las muestras obtenidas durante el monitoreo ambiental, en los alrededores de las diferentes complejos minero fabriles de uranio, indican que no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los niveles determinados aguas arriba y aguas abajo de las instalaciones. Por otra parte, los valores medidos se encuentran muy por debajo de los valores de referencia para agua aceptados por la Autoridad Regulatoria Nuclear: 1,0 mg/l (ppm) para uranio natural y 180 mBq/l para radio 226.

MONITORAJE AMBIENTAL NO RELACIONADO CON LAS INSTALACIONES NUCLEARES

Fuentes artificiales

Se analizaron muestras de frutas y verduras de diferentes especies adquiridas en el Mercado Central de Buenos Aires y de distintos componentes de una dieta estándar del Gran Buenos Aires. Los análisis se llevaron a cabo sobre muestras conjuntas trimestrales. La concentración de actividad medida en 132 muestras analizadas, realizándose sobre las mismas 130 determinaciones, se presenta en los cuadros siguientes:

| Concentración de actividad en alimentos adquiridos en el Mercado Central de Buenos Aires (Bq/kg) | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| período | 4º trimestre 01 | | 1º trimestre | | 2º trimestre | | 3º trimestre | |
| especie | Cesio 137 | Estroncio 90 | Cesio 137 | Estroncio 90 | Cesio 137 | Estroncio 90 | Cesio 137 | Estroncio 90 |
| verduras de hoja ¹ | <0,01 | 0,01 | <0,010 | 0,02 | <0,010 | <0,01 | <0,009 | <0,01 |
| verduras de raíz ² | <0,01 | 0,02 | <0,010 | <0,01 | <0,020 | 0,03 | <0,007 | <0,01 |
| otras ³ | <0,01 | 0,03 | <0,004 | 0,01 | <0,007 | 0,02 | 0,003 | 0,01 |
| frutas ⁴ | <0,01 | <0,01 | 0,060 | 0,09 | 0,020 | 0,06 | 0,010 | 0,06 |

Nota: ¹ acelga, brócoli, repollo, lechuga, espinaca y escarola.

² batata, remolacha, cebolla y papa.

³ zapallo, berenjena, tomate, zapallito y morrón.

⁴ manzana, banana, durazno, pera, pomelo y naranja.



| Concentración de actividad en leche (Bq/l) | | | Concentración de actividad en muestras de dieta (Bq/kg) | | |
|--|-----------|--------------|---|-----------|--------------|
| período | cesio 137 | estroncio 90 | período | cesio 137 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,010 | <0,009 | 4º trimestre 01 | <0,03 | 0,07 |
| 1º trimestre | <0,004 | 0,007 | 1º trimestre | <0,02 | <0,04 |
| 2º trimestre | <0,007 | 0,010 | 2º trimestre | <0,01 | <0,02 |
| 3º trimestre | <0,003 | 0,014 | 3º trimestre | <0,03 | <0,03 |

Asimismo, se tomaron muestras de aire y de agua de lluvia en la estación monitorea de la Sede Central de la ARN. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

| Concentración de actividad en muestras de aerosoles en aire ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| período | cesio 137 | período | cesio 137 |
| octubre 01 | <3,0 | abril | <2,0 |
| noviembre 01 | <2,0 | mayo | <2,8 |
| diciembre 01 | <1,9 | junio | <2,6 |
| enero | --- | julio | <5,1 |
| febrero | <2,6 | agosto | <2,3 |
| marzo | <2,5 | setiembre | <2,4 |

| Concentración de actividad en muestras de agua de lluvia (Bq/m^3) | | |
|---|-----------|--------------|
| período | cesio 137 | estroncio 90 |
| 4º trimestre 01 | <0,12 | <0,2 |
| 1º trimestre | <0,10 | <0,6 |
| 2º trimestre | <0,10 | <0,6 |
| 3º trimestre | <0,15 | <0,3 |

Fuentes naturales: medición de radón en viviendas

Las mediciones de radón en viviendas realizadas en distintas ciudades del país se presentan en la siguiente tabla:

| Concentración de radón en viviendas | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Lugar de muestreo | Promedio (Bq/m^3) | Número de viviendas | Sistema de medición(*) |
| Malargüe (Provincia de Mendoza) | 44,4 | 287 | 1,2,3,4 |
| Ciudad de Mendoza (Provincia de Mendoza) | 49,6 | 139 | 1,2 |
| General Alvear (Provincia de Mendoza) | 44,6 | 119 | 1 |
| San Rafael (Provincia de Mendoza) | 32,6 | 473 | 1,4 |
| Corrientes (Provincia de Corrientes) | 48,0 | 109 | 1 |
| Ciudad Autónoma de Buenos Aires | 25,7 | 382 | 1,2,3 |
| Resistencia (Provincia de Chaco) | 49,0 | 35 | 1 |
| Rosario (Provincia de Santa Fe) | 31,0 | 61 | 1 |
| San Luis (Provincia de San Luis) | 30,7 | 204 | 1 |
| Trelew (Provincia de Chubut) | 47,2 | 113 | 1 |
| Santiago del Estero (Provincia de Santiago del Estero) | 28,0 | 62 | 1 |
| Bariloche (Provincia de Río Negro) | 30,7 | 68 | 1 |
| Cosquín (Provincia de Córdoba) | 48,2 | 70 | 1 |
| Ciudad de Córdoba (Provincia de Córdoba) | 39,3 | 213 | 1,4 |
| Promedio | 36,9 | 2335 | |

* Sistema de medición: 1 Makrofol, 2 Electrets, 3 Carbón activado, 4 CR-39

El valor medio de la concentración de radón, considerando las 2335 viviendas monitoreadas, desde 1983 hasta 2002 en todo el país, resultó ser de 36,9 Bq/m³, con una media geométrica de 26,2 Bq/m³.

Cabe recordar que la Norma Básica de Seguridad Radiológica establece que, cuando la concentración promedio anual de radón en el interior de las viviendas exceda los 400 Bq/m³, se deben adoptar medidas para reducir la concentración del gas radón, como, por ejemplo, ventilar los ambientes.

Del análisis de los resultados obtenidos se observa que los valores promedios de las distintas ciudades argentinas no superan los 50 Bq/m³, encontrándose solamente muy pocos valores individuales por encima de 200 Bq/m³ y ninguno supera 400 Bq/m³.

Por ello, se concluye en base a los resultados obtenidos hasta el momento que en la Argentina los niveles de radón en el interior de viviendas se encuentran dentro de los valores aceptables para la población.

