

En este capítulo se presenta el resultado de las mediciones ambientales realizadas 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 1° de octubre de 2003 al 30 de setiembre de 2004.

Se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos. Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se tomaron y analizaron muestras de agua de río, sedimentos y peces. Adicionalmente, se realizó el monitoraje del agua potable extraída de pozos cercanos a la central.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas a la atmósfera, se tomaron y analizaron muestras de alimentos producidos en la zona, tales como leche y vegetales y adicionalmente se analizaron muestras representativas de una dieta estándar. También se determinaron los niveles de tritio en muestras de condensado de humedad. El equipo condensador está ubicado a 7,4 km de la CNA I en el Centro de Capacitación Melillo. El pasto fue analizado como indicador del depósito de material radiactivo. Durante el cuarto trimestre de 2003 y hasta el tercer trimestre de 2004 se tomaron en total 290 muestras en los diferentes puntos de muestreo, sobre las que se realizaron 350 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 7), y en el Club Náutico de Alsina a aproximadamente 15 km aguas arriba de la central (punto 4 de la figura 7). Las muestras de agua potable fueron tomadas de pozos ubicados dentro de un radio de 5 km de la central (puntos 1,3, figura 7), 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 5 km de la central (punto 1, figura 7), 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 (puntos 1,2,3,4 figura 7).

Con respecto al monitoraje de alimentos, se seleccionaron los cultivos más próximos a la central y se obtuvieron muestras de algunos productos de quintas, con una frecuencia mensual, expresándose los resultados en forma trimestral. De la misma forma se procedió con las muestras de dieta, siendo éstas procedentes de una boca de expendio de la zona.

La determinación de la concentración de cesio 137 y cobalto 60 en muestras correspondientes a leche, dieta, verduras de hoja y de raíz, frutas, otras verduras, y peces, se realizó por espectrometría gamma mediante detectores de germanio hiperpuro, 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 por espectrometría gamma en un detector de germanio hiperpuro. 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 aguas arriba Río Baradero - Alsina (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
enero	<1,7			
febrero	---	<2,0 E-2	<1,0 E-2	<5,0 E-3
marzo	<1,6			
abril	<1,6			
mayo	<1,6	<5,0 E-2	<5,0 E-2	<4,0 E-3
junio	<1,7			
julio	<1,7			
agosto	<1,6	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<4,0 E-3
setiembre	<3,9			

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

Concentración de actividad en agua del río Paraná aguas abajo Punto Club de Pesca (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 03	<4,8			
noviembre 03	<4,2	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<7,0 E-3
diciembre 03	<5,2			
enero	---			
febrero	---	<3,0 E-2	<2,0 E-2	<1,0 E-2
marzo	<1,6			
abril	<1,6			
mayo	<1,6	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<5,0 E-3
junio	<1,7			
julio	<1,7			
agosto	<1,6	<5,0 E-2	<5,0 E-2	<6,0 E-3
setiembre	<3,9			

--- significa muestra no disponible

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad (Bq/m<sup>3</sup>)

período	tritio	período	tritio
octubre 03	0,20	abril	0,04
noviembre 03	0,30	mayo	0,30
diciembre 03	0,33	junio	0,20
enero	0,08	julio	0,20
febrero	0,02	agosto	0,67
marzo	0,02	setiembre	0,06

Concentración de actividad en peces del río Paraná (Bq/kg)

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,02	<0,03	0,10
1º trimestre	<0,02	<0,02	0,08
2º trimestre	<0,02	<0,02	0,07
3º trimestre	<0,03	<0,03	0,05

Nota: muestra conjunta de bagre, armado, boga, pati y sábalo.

Concentración de actividad en sedimentos del río Paraná  
Aguas arriba - Río Baradero (Alsina) (Bq/kg)

período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 03	---	---
1º trimestre	<0,7	<0,8
2º trimestre	<0,9	<0,6
3º trimestre	<0,9	<0,7

Concentración de actividad en sedimentos del río Paraná  
Aguas abajo - Club de Pesca (Bq/kg)

período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 03	<0,9	<1,2
1º trimestre	<1,0	<1,1
2º trimestre	1,2	2,0
3º trimestre	<1,3	<1,4

Concentración de actividad en agua potable (agua de pozo) (Bq/l)

período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 03	<1,8	<6,0 E-2	<3,0 E-2	<5,0 E-3
1º trimestre	<1,7	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<9,0 E-3
2º trimestre	<1,6	<2,0 E-2	<3,0 E-2	<4,0 E-3
3º trimestre	<2,4	<3,0 E-2	<2,0 E-2	<6,0 E-3

Concentración de actividad en alimentos de la zona de la CNA I (Bq/kg)

período	4º trimestre 03		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 <sup>1</sup>	<0,01	0,10	<0,01	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,02
verduras de raíz <sup>2</sup>	<0,02	0,07	<0,01	0,05	<0,01	0,03	<0,01	0,04
otras verduras <sup>3</sup>	<0,01	0,04	<0,001	0,05	<0,01	0,01	<0,02	<0,02
frutas <sup>4</sup>	<0,03	0,05	<0,01	0,08	<0,007	0,05	<0,03	0,19

--- significa muestra no disponible

## Concentración de actividad de tritio en vegetales de la zona de la CNA I (Bq/kg)

período	4º trimestre 03	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre
especie	tritio	tritio	tritio	tritio
verduras de hoja <sup>1</sup>	32,7	---	10,5	18,2
verduras de raíz <sup>2</sup>	12,6	13,2	<10,0	18,8
frutas <sup>4</sup>	30,9	13,4	20,1	49,1

Nota: <sup>1</sup> lechuga, acelga, repollo, brócoli, espinaca, hinojo y radicheta.

<sup>2</sup> batata, papa, cebolla, cebolla de verdeo, remolacha y puerro.

<sup>3</sup> chaucha, berenjena, calabaza, zapallito, ají, pepino, morrón y tomate.

<sup>4</sup> naranja, pomelo, mandarina, limón, durazno y kiwi.

## Concentración de actividad en leche de la zona de la CNA I (Bq/l)

período	yodo 131	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	tritio
4º trimestre 03	<0,2	<0,020	<0,030	0,02	45,2
1º trimestre	<0,2	<0,007	<0,006	0,02	24,2
2º trimestre	<0,2	<0,006	<0,007	<0,01	57,2
3º trimestre	<0,3	<0,005	<0,006	<0,002	42,7

Concentración de actividad en pasto de la zona de la CNA I (Bq/m<sup>2</sup>)

período	yodo 131	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 03	<1,9	<2,4	<2,0
1º trimestre	<3,1	<3,6	<2,7
2º trimestre	<2,3	<2,5	<2,1
3º trimestre	<2,3	<3,0	<2,4

## Concentración de actividad en muestras de dieta de la CNA I (Bq/kg)

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,01	<0,01	<0,07
1º trimestre	<0,009	<0,008	<0,03
2º trimestre	<0,01	<0,01	<0,02
3º trimestre	<0,01	<0,01	<0,03

--- significa muestra no disponible

Del análisis de los resultados de las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras ambientales correspondientes al monitoreo ambiental en los alrededores de la CNA I, se verifica que los valores son perfectamente compatibles con los estimados por los modelos ambientales aplicados por la ARN para evaluar el impacto dosimétrico.

La Central Nuclear Embalse (CNE) está ubicada sobre la margen del lago de Embalse de Río Tercero, en el centro-oeste de la Provincia de Córdoba.

En la Figura 8, se presenta la ubicación de los puntos de muestreo ambiental en los alrededores de la CNE.

Como se mencionó en el caso de la CNA I, en los alrededores de la CNE se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se tomaron y analizaron muestras de agua del lago, sedimentos, peces, y agua potable de la red de distribución de la ciudad de Embalse.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas gaseosas, se tomaron y analizaron muestras de alimentos producidos en la zona de influencia de la central, tales como vegetales, dieta y leche. También se determinaron los niveles de tritio en muestras de condensado de humedad. Como indicador del depósito del material radiactivo, se recolectó pasto dentro del radio de 5 km de la CNE.

Las muestras de leche fueron obtenidas de tambos ubicados dentro de un radio de 5 km de la central nuclear (punto 2, figura 8), 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 8). Las muestras de agua potable se tomaron de una vivienda particular, conectada a la red de distribución domiciliaria de la ciudad de Embalse, con una frecuencia de muestreo mensual. Mensualmente, 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 colectadas en dos estaciones ubicadas en las principales direcciones de los vientos. Una de las estaciones se encuentra ubicada en el Club Náutico Río Tercero, a una distancia de 1500 m en dirección NE; y la otra en el escuadrón de Gendarmería, ubicada a aproximadamente 800 m en dirección SSO de la chimenea de descargas gaseosas. Ambas estaciones cuentan con equipos marca Ering, que tiene una capacidad de recolección de 5 litros cada 24 horas para 50% de humedad y 20°C de temperatura.

Mensualmente, se tomaron muestras de sedimentos en el punto correspondiente a la Unidad Turística Embalse (punto 1, figura 8).

Adicionalmente, se realiza con frecuencia anual un muestreo de aguas y sedimentos de diferentes puntos del lago, de los ríos afluentes y del Río Tercero.

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

La determinación de la concentración de cesio 137 y cobalto 60 en muestras correspondientes a leche, dieta, 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.

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.

Durante el cuarto trimestre de 2003 y hasta el tercer trimestre del año 2004, se recolectaron en total 180 muestras. Sobre las mismas se realizaron 210 análisis y determinaciones radioquímicas. Los valores de actividad medidos en las muestras mencionadas se pueden observar en los siguientes cuadros:

Concentración de actividad en agua del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 03	115			
noviembre 03	152	<0,04	<0,02	<0,006
diciembre 03	158			
enero	164			
febrero	150	<0,05	<0,04	<0,05
marzo	178			
abril	108			
mayo	---	<0,05	<0,07	<0,005
junio	104			
julio	---			
agosto	92,7	<0,04	<0,04	<0,009
setiembre	98,5			

Nota: Las mediciones de cesio 137, cobalto 60 y estroncio 90 se realizaron sobre muestras trimestrales.

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad, Estación Club Náutico Río Tercero (Bq/m <sup>3</sup> )			
período	tritio	período	tritio
octubre 03	---	abril	1,0
noviembre 03	---	mayo	0,8
diciembre 03	1,4	junio	0,8
enero	0,8	julio	0,9
febrero	1,0	agosto	0,4
marzo	2,2	setiembre	0,3

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad, Estación Gendarmería (Bq/m <sup>3</sup> )	
período	tritio
junio	0,9
julio	0,9
agosto	0,4
setiembre	0,3

--- significa muestra no disponible

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

período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 03	3,4	<1,5
1º trimestre	2,5	<1,6
2º trimestre	2,4	<0,7
3º trimestre	<6,8	<6,2

Concentración de actividad en agua potable de la ciudad de Embalse (Bq/l)

período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 03	128	<0,04	<0,04	<0,010
1º trimestre	162	<0,06	<0,05	<0,009
2º trimestre	62,1	<0,03	<0,02	<0,004
3º trimestre	102	<0,08	<0,06	<0,009

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

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 03	0,03	<0,01	0,10
1º trimestre	<0,03	<0,02	0,03
2º trimestre	0,03	<0,02	0,12
3º trimestre	<0,03	<0,03	0,06

Nota: Muestra de pejerrey.

Concentración de actividad en vegetales de la zona de la CNE (Bq/kg)

período	4º trimestre 03		1º trimestre		2º trimestre		3º trimestre	
	cesio 137	estroncio 90	cesio 137	estroncio 90	cesio 137	estroncio 90	cesio 137	estroncio 90
Vegetales <sup>1</sup>	---	---	<0,02	0,07	<0,03	0,03	<0,02	0,06

Concentración de actividad de tritio en vegetales de la zona de la CNE (Bq/kg)

período	4º trimestre 03	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre
especie	tritio	tritio	tritio	tritio
verduras de hoja <sup>2</sup>	69,6	118,8	51,0	93,7
verduras de raíz <sup>3</sup>	80,7	105,6	79,5	96,7

Nota: <sup>1</sup> acelga, lechuga, radicheta, cebolla de verdeo, zanahoria, espinaca, calabaza y rabanito.

<sup>2</sup> lechuga, acelga, radicheta, perejil, repollo y espinaca.

<sup>3</sup> zanahoria, puerro, cebolla de verdeo, remolacha y rabanito.

--- significa muestra no disponible

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

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	yodo 131	tritio
4º trimestre 03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,13	10,0
1º trimestre	<0,01	<0,01	<0,02	<0,15	18,5
2º trimestre	<0,01	<0,01	<0,17	<0,21	35,5
3º trimestre	<0,01	<0,01	<0,02	<0,10	25,6

Concentración de actividad en pasto de la zona de la CNE (Bq/m<sup>2</sup>)

período	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
4º trimestre 03	<2,6	<2,4	<1,7
1º trimestre	<3,6	<3,6	<2,3
2º trimestre	<2,8	<2,3	<2,2
3º trimestre	<1,6	<1,6	<1,3

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

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

La presencia de tritio en el agua del lago y en el agua potable, 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.

Del análisis de los resultados de las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras ambientales correspondientes al monitoreo ambiental en los alrededores de la CNE, se verifica que los valores son perfectamente compatibles con los estimados por los modelos ambientales aplicados por la ARN para evaluar el impacto dosimétrico.

MEDICIONES Y  
EVALUACIONES RUTINARIAS

El Centro Atómico Ezeiza de la CNEA, está ubicado en la localidad de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Las principales instalaciones que componen este centro son: el Reactor de producción de radioisótopos; la Planta de producción de radioisótopos para uso médico e industrial; la Fábrica de fuentes selladas de cobalto 60; la Planta de producción de molibdeno 99 por fisión; el Área Gestión Ezeiza, la Fábrica de elementos combustibles para reactores de investigación (CONUAR S.A.) y el Ciclotrón de producción.

La Figura 9 muestra la ubicación de los puntos en los que se realiza el muestreo correspondiente al control ambiental del Centro Atómico Ezeiza (CAE).

Como se mencionó en el caso de las centrales nucleares, se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental, en puntos ubicados en los alrededores del CAE.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas gaseosas, se tomaron y analizaron muestras de aire, con una frecuencia semanal, para determinar la presencia de aerosoles radiactivos. Para determinar el depósito de material radiactivo, se tomaron muestras de agua de lluvia que fueron recolectadas y analizadas con una frecuencia trimestral; y muestras de pasto, recolectadas y analizadas con una frecuencia mensual e informadas como promedio trimestral. Además, se recolectaron y analizaron muestras de alimentos vegetales, de una quinta ubicada a 3 km del CAE, en dirección sudoeste, con una frecuencia trimestral. Las muestras de pasto fueron obtenidas de diferentes puntos, también dentro de un radio de los 3 km (punto 1, 2, 3 y 4, figura 9).

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se tomaron y analizaron muestras de agua potable del CAE y de los alrededores; y agua y sedimentos del arroyo Aguirre.

Las muestras de agua y sedimentos del arroyo Aguirre fueron tomadas con una frecuencia mensual, antes y después del CAE (puntos 5, 6, 7 y 8 figura 9). También se analizaron muestras provenientes de los tanques de agua potable de dicho centro y muestras de agua potable de los alrededores del CAE (AP<sub>5</sub>-AP<sub>14</sub>).

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 el plan de monitoreo efectuado durante el cuarto trimestre de 2003 y hasta el tercer trimestre de 2004, se recolectaron 570 muestras y se efectuaron sobre las mismas 700 determinaciones de los distintos radionucleidos de interés.

Los resultados obtenidos pueden observarse en los cuadros siguientes:

Concentración de actividad de muestras de aerosoles en aire, Estación ubicada en la Tosquera ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ )

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 03	---	---	---	abril	<1,0	<1,1	<1,0
noviembre 03	---	---	---	mayo	<1,1	<1,2	<1,1
diciembre 03	<6,3	<6,3	<1,9	junio	<1,4	<1,4	<1,2
enero	<1,8	<1,4	<1,8	julio	<1,0	<0,8	<0,5
febrero	<0,8	<0,7	<1,0	agosto	<1,1	<1,0	<0,6
marzo	<0,9	<1,1	<0,9	setiembre	<1,1	<1,3	<0,7

Depósito de actividad en muestras de agua de lluvia en el CAE ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,08	<0,06	<0,02
1º trimestre	<0,06	<0,05	<0,02
2º trimestre	<0,06	<0,05	<0,02
3º trimestre	<0,09	<0,10	<0,05

Depósito de actividad en muestras de pasto en el CAE ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )

período	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
4º trimestre 03	<5,6	<5,2	<5,1
1º trimestre	<4,0	<3,5	<3,8
2º trimestre	<7,7	<6,4	<6,2
3º trimestre	<3,6	<3,4	<3,3

Promedios de puntos: 1,2,3,4 de figura 9.

Concentración de actividad en agua del Arroyo Aguirre ( $\text{Bq}/\text{l}$ )

período	4º trimestre 03		1º trimestre		2º trimestre		3º trimestre	
puntos	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60
5	<0,5	<0,3	<0,6	<0,4	<0,44	<0,3	<0,6	<0,3
6	<0,5	<0,2	<0,7	<0,5	<0,79	<0,2	<1,0	<0,9
7	---	---	<0,9	<0,5	<0,32	<0,5	<0,6	<0,3
8	---	---	<0,2	<0,2	<0,52	<0,2	<0,4	<0,9

período	4º trimestre 03	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre
puntos	uranio	uranio	uranio	uranio
5	0,21 $\text{Bq}/\text{l}$ (8,3 $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,25 $\text{Bq}/\text{l}$ (9,9 $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,44 $\text{Bq}/\text{l}$ (17,7 $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,33 $\text{Bq}/\text{l}$ (13,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ )
6	0,35 $\text{Bq}/\text{l}$ (14,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ )	0,18 $\text{Bq}/\text{l}$ (7,2 $\mu\text{g}/\text{l}$ )	1,40 $\text{Bq}/\text{l}$ (54,7 $\mu\text{g}/\text{l}$ )	1,30 $\text{Bq}/\text{l}$ (51,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ )

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 0,025  $\text{Bq}/\mu\text{g}$ .

--- significa muestra no disponible

### Concentración de actividad en sedimentos del arroyo Aguirre (Bq/kg)

período	4º trimestre 03		1º trimestre		2º trimestre		3º trimestre	
puntos	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60
5	<0,6	<0,5	<1,6	<1,6	<1,1	<0,9	<1,0	<0,8
6	37,2	11,6	22,4	7,3	<0,9	<0,8	26,5	22,9
7	<0,7	<0,6	1,1	<0,8	1,5	<0,8	<0,7	<0,7
8	4,2	<0,8	2,9	<1,9	2,5	<0,5	4,4	<1,8

### Concentración de actividad en alimentos de la zona del CAE (Bq/kg)

período	4º trimestre 03		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 <sup>1</sup>	<0,010	<0,02	<0,007	0,02	<0,006	0,02	<0,007	0,02
Verduras de raíz <sup>2</sup>	<0,010	0,06	<0,008	0,03	<0,007	<0,02	<0,020	0,03
Otras <sup>3</sup>	<0,008	0,04	<0,010	<0,01	<0,020	<0,02	<0,020	0,08

Nota: <sup>1</sup>acelga, lechuga, hinojo, espinaca, radicheta y repollo.

<sup>2</sup>remolacha, cebolla, cebolla de verdeo y puerro.

<sup>3</sup>tomate, calabaza y berenjena.

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

Del análisis de los resultados de las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras ambientales correspondientes al monitoreo ambiental en los alrededores del CAE, se verifica que los valores son perfectamente compatibles con los estimados por los modelos ambientales aplicados por la ARN para evaluar el impacto dosimétrico.

La Ley Nacional de Actividad Nuclear asigna a la ARN en artículo 16 (inciso m) la función de "evaluar el impacto ambiental de toda actividad que licencie entendiéndose por tal a aquellas actividades de monitoreo, estudio y seguimiento de la incidencia, evolución o posibilidad de daño ambiental que pueda provenir de la actividad nuclear licenciada".

El monitoreo ambiental en los alrededores de las instalaciones radiactivas y nucleares tiene como objetivo primordial la verificación del cumplimiento de las Normas Básicas de Seguridad y de los requerimientos realizados por la Autoridad Regulatoria Nuclear referidos a la exposición de la población durante la operación de las mismas.

Los objetivos primarios del monitoreo ambiental son la determinación de la exposición del público para asegurar que no se exceden las dosis aceptables y la obtención de información para evidenciar que los controles para la liberación de material radiactivo al ambiente son adecuados. Además dicho monitoreo cumple con la doble función de verificar la correlación entre las descargas y los niveles ambientales resultantes, así como también determinar la posible detección de tendencias a largo plazo resultantes de la operación de la instalación. Un adecuado programa de monitoreo ambiental en conjunto con el monitoreo de las descargas provee información para mejorar los conocimientos sobre el comportamiento de los efluentes y dispersión de material radiactivo en diferentes sectores del medio ambiente.

## MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL MUESTREO DE AGUA POTABLE

La ARN posee un programa de monitoreo ambiental en los alrededores del CAE, que abarca la mayor parte de los compartimentos del modelo ambiental, utiliza criterios para establecer los puntos de muestreo, frecuencia de muestreo y selección de nucleidos adecuados. Las técnicas de análisis y de medición empleadas son acordes para la detección de muy pequeñas cantidades de los distintos radionucleidos y el sistema permite determinar la magnitud de toda radiactividad que supere el nivel natural.

Desde su creación como organismo independiente en 1997 la ARN informa al HCN los resultados de las mediciones practicadas en muestras de agua provenientes de este Centro y de sus alrededores.

Los puntos de muestreo son: AP<sub>1</sub> Guardería, AP<sub>2</sub> Reactor, LPR, Plantas Químicas, Tosquera, Club Fuerza Aérea, Club Aerodelismo, Club UPCN, Barrio SEC, Cantina Don Pepe y Club Empleados de Comercio, Tambo-Estancia, Tambo y Caballeriza indicados en la figura 9.

Las muestras se recolectan mensualmente y se miden en conjuntos trimestrales que se concentran para disminuir los límites de detección de los radionucleidos. Sobre estas muestras se realiza la determinación de los niveles de concentración de cesio 137, cobalto 60, estroncio 90, tritio y uranio total.

En las tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos durante 2004.

## Mediciones rutinarias

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l)

período	4º trimestre 03			1º trimestre			2º trimestre			3º trimestre		
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<2,7 E-3	<1,0 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	<2,3 E-3	<4,0 E-4	<4,7 E-3	<5,0 E-3	<5,0 E-4	<4,7 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4
AP2	<4,5 E-3	<3,7 E-3	<6,0 E-4	<2,3 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<3,0 E-3	<2,5 E-3	<5,0 E-4	<4,7 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4
AP3	<3,0 E-4	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<2,3 E-3	<1,7 E-3	<4,0 E-4	<2,0 E-3	<3,3 E-4	<5,0 E-4	<2,3 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4
AP4	<2,7 E-3	<2,3 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<5,0 E-4	<4,7 E-3	<4,7 E-3	<5,0 E-4	<5,0 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4

Concentración de tritio en agua potable del CAE y sus alrededores (Bq/l)

punto de muestreo	4º trimestre 03	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre
AP <sub>1</sub> (guardería)	<1,6	<1,6	<1,6	<3,9
AP <sub>2</sub> (RA 3)	<1,6	<1,6	<1,6	<3,9
AP <sub>3</sub> (LPR)	<1,6	<1,6	<1,6	<3,9
AP <sub>4</sub> (Plantas Químicas)	<1,6	<1,6	<1,6	<3,9
AP <sub>5</sub> (Tosquera)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1
AP <sub>6</sub> (Club Fuerza Aérea)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1
AP <sub>7</sub> (Club Aerodelismo)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1
AP <sub>8</sub> (Club UPCN)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1
AP <sub>9</sub> (Barrio SEC)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1
AP <sub>10</sub> (Cantina Don Pepe)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1
AP <sub>11</sub> (Club Empleados de Comercio)	<1,6	<1,6	<4,0	<3,7
AP <sub>12</sub> (Tambo-Estancia)	<1,6	<1,6	<4,0	---
AP <sub>13</sub> (Tambo)	<1,6	<1,6	<4,0	---
AP <sub>14</sub> (Caballeriza)	<1,6	<1,6	<4,0	<4,1

--- significa muestra no disponible

Entre el 9 de marzo y el 8 de junio de 2004 esta ARN realizó 439 mediciones de muestras de agua provenientes de 47 pozos en explotación provenientes de los partidos de Ezeiza, Esteban Echeverría y La Matanza. La evaluación fue solicitada por el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 de Lomas de Zamora, a cargo del Juez Federal Dr. Alberto Santamarina en el marco de la Causa N° 5452 caratulada "ACTUACIONES INSTRUIDAS POR AVERIGUACION PRESUNTA INFRACCION ARTS. 200 Y 207 DEL C.P.

Las muestras fueron remitidas por el Perito de la Causa sin ninguna participación de esta ARN en el programa de muestreo que estuvo enteramente a cargo del citado perito.

Las muestras fueron recibidas en los laboratorios junto con dos actas: Acta de sitio de Almacenamiento y Acta de Laboratorio Químico, donde se registraban los datos de cada una. Las muestras una vez ingresadas a los laboratorios fueron acompañadas de sus respectivos formularios "Control del Procedimiento Analítico – Protocolo de Análisis". La apertura de las muestras y la posterior realización de los análisis radioquímicos se realizaron en presencia de un cuerpo de veedores designados por el juzgado y los resultados se registraron en dicho protocolo. En el anexo 4 se muestran los detalles del ingreso de las muestras a los laboratorios. Las muestras enviadas por el juzgado estaban bajo el denominado "Programa de Cadena de Custodia de Muestras", en el cual intervino la Jefatura del Escuadrón Ezeiza de la Policía Aeronáutica Nacional.

Los resultados de las mediciones se presentan en el Anexo 4.

La ARN considera técnicamente innecesaria la realización de mediciones de muestras de agua adicionales a las contenidas en el programa de muestreo que rutinariamente efectúa en los alrededores del CAE debido a que dicho programa de monitoreo es suficiente para garantizar el control regulatorio ambiental y permite evaluar el cumplimiento y/o apartamiento de la normativa regulatoria vigente en materia de seguridad radiológica. Por otro lado, el Informe Pericial de la mencionada Causa Judicial (Informe Pericial N°6, Juzgado Federal N° 1 de Lomas de Zamora) fue propalado en los medios creando un estado de alarma en la población, producto del cual vecinos e instituciones de la zona las cuales han solicitado a esta ARN la extracción de muestras de aguas y el análisis de las mismas.

Esta ARN, en la medida de sus posibilidades y al efecto de llevar tranquilidad, da asistencia a la solicitud de tales pedidos, cumplimentando los pasos necesarios para realizar los muestreos y evaluaciones requeridas, dando prioridad a los provenientes de escuelas, guarderías y núcleos barriales, explicando previamente a los solicitantes, en función de lo expresado en los párrafos precedentes, que la realización de estas mediciones puntuales es innecesario desde el punto de vista radiológico.

Se extrajeron y midieron muestras de agua potable provenientes de:

- Aeropuertos 2000
- Instituto Nacional del Agua (INA)
- Aeropuerto Internacional de Ezeiza
- Instituto Nacional del Agua

- Colegio Parish Robertson
- Colegio Privado El Jagüel
- Barrio Privado El Rodal
- Colegio Baden Powell y Jardín de Infantes La Familia Conejola
- Barrio Torretanque
- Planta elaboradora y envasadora Ives - Virrey del Pino
- Barrio Privado El Centauro
- Country Mi Refugio
- Centro Educativo Terapéutico Despertares
- Jardín Maternal y de Infantes Nubeblanca
- Planta elaboradora y envasadora Aguas Quasar, Karra S.A.
- Campo deportivo Club Social Israelista Sefaradí
- Planta elaboradora y envasadora Ives - Lavallol
- Planta elaboradora y envasadora Ives - Lomas de Zamora
- Cámara Industrial de Soda en Sifones
- Instituto Grilli
- Vivienda - Barrio Uno
- Barrio Asociación Civil Club de Campo

Los resultados de las mediciones realizadas pueden consultarse en el anexo 4.

- Informe del OIEA
- Informe de la ABACC
- Informe del Academia Nacional de Medicina
- Informe de la Gendarmería Nacional
- Informe de la Sociedad Argentina de Radioprotección
- Informe del INGEIS (CONICET/UBA)
- Informe de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo
- Nota referida a uranio empobrecido y enriquecido
- Acta de Reunión del Grupo Interdisciplinario

El contenido de los Informes citados puede ser consultado en el anexo 4.

## Informes de otros organismos

## CONCLUSIONES

### CENTRO ATÓMICO BARILOCHE (CAB)

La ARN ha analizado muestras de agua potable recolectadas de las redes de distribución domiciliaria y de pozos privados provenientes de 18 provincias de la República Argentina. Del análisis de estos datos surge la gran variabilidad (0,1 a 50  $\mu\text{g/L}$ ) de uranio natural en aguas dependiendo fundamentalmente de las características geológicas de los suelos. Los resultados obtenidos pueden consultarse en el anexo 4.

Todos los resultados obtenidos permiten obtener las siguientes conclusiones:

Las mediciones de las concentraciones de radioisótopos en las referidas muestras, se corresponden sin duda alguna con la presencia de radioisótopos en niveles compatibles con los encontrados en muestras ambientales tomadas en distintos puntos del país. En consecuencia esta ARN puede afirmar que las muestras de aguas analizadas son potables desde el punto de vista radiológico.

La ARN ha verificado que dichos resultados cumplen los límites y restricciones de dosis para las personas del público establecidos en la normativa de este organismo, "Norma Básica de la Seguridad Radiológica y Nuclear" Norma AR 10.1.1., las que son coincidentes con las recomendaciones efectuadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP sus siglas en inglés) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Además de cumplirse con la normativa nacional, las dosis evaluadas por la ARN a partir de los resultados de las mediciones, permiten afirmar que no se supera el nivel de dosis de referencia para las personas, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la ingesta de agua potable.

El Centro Atómico Bariloche y el Instituto Balseiro son dos instituciones científicas, ubicadas en la ciudad de San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. Este complejo es una dependencia de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y sus principales actividades son la investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en las áreas de Física e Ingeniería, en particular Energía Nuclear. Cuenta con el reactor de investigación RA 6.

El muestreo ambiental asociado al CAB se lleva a cabo trimestralmente sobre muestras de aguas y sedimentos de distintos puntos del Arroyo Gutierrez y del lago Nahuel Huapi, lo que implica la toma de muestras de aguas y sedimentos, aguas arriba y abajo de la instalación. También se analiza el agua potable de la ciudad de San Carlos de Bariloche. En la figura 10 se presentan los cursos de agua y la ubicación de los puntos de muestreo. Sobre las muestras se realizan las determinaciones de radionucleidos emisores gamma (cesio y cobalto), tritio y estroncio 90.

Se recolectaron 30 muestras de agua y 6 muestras de sedimento. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 102 determinaciones y análisis radioquímicos.

Tipo de muestra	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	tritio
Agua potable de la Ciudad de San Carlos de Bariloche	---	---	<0,02 Bq/l	<1,6 Bq/l
Valor promedio de agua de la zona	---	---	<0,02 Bq/l	<1,6 Bq/l
Valor promedio en sedimentos de la zona	3,2 Bq/kg	<0,85 Bq/kg	---	---

--- significa muestra no disponible

Este Complejo Tecnológico está ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro a 60 kilómetros de la ciudad de Bariloche, ubicado sobre ambas márgenes del río Pichileufú.

Se llevan a cabo las determinaciones de la concentración de uranio natural y de la actividad de radio 226 en muestras de agua y sedimentos, ya que estos son los radionucleidos radiológicamente más significativos.

En la figura 11 se presentan los cursos de agua y la ubicación de los puntos de muestreo.

Durante el año 2004, se recolectaron 5 muestras de agua y 3 muestras de sedimentos. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 16 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable de Pilcaniyeu	0,05 Bq/l (0,002 mg/l)
uranio natural en aguas	0,0075 Bq/l (0,0003 mg/l)
uranio natural en sedimentos	0,05 Bq/g (0,002 mg/g)
radio 226 en agua potable de Pilcaniyeu	<2,3 mBq/l
radio 226 en aguas	<2,3 mBq/l
radio 226 en sedimentos	61 mBq/g

La ARN lleva a cabo monitoreos ambientales periódicos, en los alrededores de los Complejos minero fabriles, en operación y cerrados, asociados a la explotación y procesamiento del mineral de uranio.

A tal fin, se realizan en los alrededores de estas instalaciones, muestreos de aguas superficiales y sedimentos de acuíferos que potencialmente podrían estar influenciados por la operación de las mismas. Paralelamente, se realizan muestreos de aguas de napa freática, si las características de la zona del emplazamiento lo justifican.

Dado que las vías críticas de llegada al hombre son la ingestión de agua y la inhalación, se llevan a cabo las determinaciones de la concentración de uranio natural y de la actividad de radio 226 en muestras de agua y de la tasa de emanación del gas radón en las escombreras de mineral de uranio, ya que estos son los radionucleidos radiológicamente más significativos.

El Complejo minero fabril San Rafael se encuentra ubicado a 35 km al oeste de la ciudad de San Rafael, provincia de Mendoza, emplazado en la denominada "Sierra Pintada". Comenzó su operación en el año 1980 y actualmente es el único complejo en actividad para la obtención de concentrado de uranio.

## COMPLEJO TECNOLÓGICO PILCANIYEU

## COMPLEJOS MINERO FABRILES

### COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL

El muestreo ambiental asociado a la operación de la instalación se lleva a cabo sobre el arroyo Tigre y el río Diamante, efectuándose la toma de muestras de aguas y sedimentos, aguas arriba y debajo de la instalación. En la figura 12 se presentan los cursos de agua y la ubicación de los puntos de muestreo.

Se recolectaron 16 muestras de agua y 14 muestras de sedimentos. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 60 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable	0,045 Bq/l (0,0018 mg/l)
uranio natural en agua	0,16 Bq/l (0,0064 mg/l )
uranio natural en sedimentos	0,06 Bq/g (0,002 mg/g)
radio 226 en agua potable	< 1,5 mBq/l
radio 226 en agua	1,9 mBq/l
radio 226 en sedimentos	27,2 mBq/g
tasa de emanación de radón	6,0 Bq/m <sup>2</sup> .s

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

El ex Complejo fabril Malargüe se encuentra ubicado al sur de la provincia de Mendoza, aproximadamente a 1km del centro de la ciudad de Malargüe. Comenzó su operación en el año 1954 finalizando la misma en el año 1986. Procesó en principio mineral de uranio procedente de los yacimientos “Hüemul” y “Agua Botada”, ubicados a 40 km al sur de la localidad de Malargüe, procesando luego mineral procedente de San Rafael. Actualmente se está llevando a cabo las tareas del cierre definitivo de la instalación.

El muestreo ambiental se lleva a cabo en aguas de napa freática, dado que es característico de la zona que la misma se encuentre muy alta, aflorando en varios puntos en los alrededores de la instalación. El muestreo corresponde a distintos puntos aguas abajo del sentido de escurrimiento de la napa hasta su afloramiento definitivo en la laguna Llancanelo.

Paralelamente se toman muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el río Malargüe, el arroyo Mocho, el arroyo El Chacay y otros, que llevan sus aguas hasta la mencionada laguna (ver figura 13).

Se recolectaron 33 muestras de aguas y 19 de sedimentos, realizándose sobre las mismas un total de 104 análisis. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable	0,04 Bq/l (0,0016 mg/l )
uranio natural en agua	0,04 Bq/l (0,0016 mg/l )
uranio natural en sedimentos	0,12 Bq/g (0,0046 mg/g)
radio 226 en agua potable	< 1,4 mBq/l
radio 226 en agua	9,8 mBq/l
radio 226 en sedimentos	32,4 mBq/g

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

El ex Complejo minero fabril Pichiñán se encuentra ubicado en la provincia de Chubut, a 40 km de la localidad Paso de Indios sobre la ruta provincial N° 12.

Este complejo inició su operación en agosto de 1977 finalizando la misma en abril de 1981, fecha en la que se procedió al cierre temporario de la instalación. En principio se procesó proveniente del yacimiento "Los Adobes", ubicado a 40 km al norte del Complejo, y posteriormente del yacimiento "Cerro Cóndor" ubicado a 35 km al noroeste del Complejo.

El muestreo correspondiente a esta instalación se lleva a cabo a lo largo del río Chubut, prácticamente desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano Atlántico, como lo indica en la figura 14.

Se tomaron 25 muestras de aguas y 20 de sedimentos, realizándose sobre las muestras un total de 90 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable (Rawson)	0,025 Bq/l (0,001 mg/l)
uranio en agua potable (Trelew)	0,025 Bq/l (0,001 mg/l)
uranio natural en aguas	0,025 Bq/l (0,001 mg/l)
uranio natural en sedimentos	0,06 Bq/g (0,002 mg/g)
radio 226 en agua potable (Rawson)	<2,5 mBq/l
radio 226 en agua potable (Trelew)	<2,4 mBq/l
radio 226 en aguas	<2,5 mBq/l
radio 226 en sedimentos	56 mBq/g

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

Esta Planta está ubicada en la ciudad de Córdoba, en la zona conocida como Alta Córdoba, y fue creada con el objeto de determinar la posibilidad de obtención, en escala industrial, de concentrados de uranio. A partir de 1982, se iniciaron las operaciones de las líneas de purificación y conversión del concentrado de uranio proveniente de los diferentes complejos mineros fabriles.

El muestreo para evaluar el impacto ambiental debido a la operación de esta instalación, se basa en la toma de muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el río Primero, aguas arriba y abajo de la instalación como puede observarse en la Figura 15.

Se tomaron 11 muestras de aguas realizándose sobre las muestras un total de 22 determinaciones y análisis radioquímicos.

Se detallan a continuación los valores promedio obtenidos:

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua	0,8 Bq/l (0,032 mg/l)
radio 226 en agua	4,1 mBq/l

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

## EX COMPLEJO MINERO FABRIL LOS GIGANTES

Se encuentra ubicado en la Provincia de Córdoba, en el Cerro Los Gigantes, al sudoeste de la denominada Pampa de San Luis, en el Departamento de Cruz del Eje, limítrofe con el Departamento de Punilla.

El muestreo ambiental asociado a la instalación se basa, fundamentalmente, en la recolección de muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el curso de los ríos Cajón y Cambuche. Complementariamente, se muestrean los cursos de agua asociados a estos, como los arroyos Vatán y Moreno, y los ríos Icho Cruz y San Antonio. En la Figura 16, se muestran esquemáticamente los alrededores del ex Complejo minero fabril Los Gigantes, indicándose los puntos de muestreo.

Se recolectaron 13 muestras de aguas superficiales y una muestra de agua potable en la localidad de Villa Carlos Paz, ya que el embalse del lago San Roque está alimentado por agua proveniente del río San Antonio, que tiene como afluente al río Cajón. Además, se recolectaron 10 muestras de sedimentos, realizándose un total de 48 análisis. Se presentan a continuación los valores promedios obtenidos en las distintas muestras.

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable (Villa Carlos Paz)	0,013 Bq/l (0,0005 mg/l)
uranio natural en agua	0,05 Bq/l (0,002 mg/l)
uranio natural en sedimentos	0,5 Bq/g (0,02 mg/g)
radio 226 en agua potable (Villa Carlos Paz)	3,6 mBq/l
radio 226 en agua	8,2 mBq/l
radio 226 en sedimentos	262 mBq/g

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

## EX COMPLEJO MINERO FABRIL LA ESTELA

El ex Complejo minero fabril La Estela que operó desde el año 1982 hasta el año 1991, está ubicado en el Departamento Chacabuco, en la Provincia de San Luis. Está emplazado sobre el costado este de la ruta provincial N° 1, a 500 m hacia el norte de Villa Larca y a 30 km al sur de Merlo.

Por razones topográficas y requerimientos de áreas aptas, la planta de tratamiento de mineral está ubicada a 3000 m en línea recta del sector de mina. El yacimiento La Estela está ubicado, como se indica en la Figura 17, sobre la margen izquierda del río Seco, aproximadamente a 1200 m sobre el nivel del mar, en el faldeo occidental de la sierra de Comechingones.

El sentido general de circulación de agua subterránea es de sur a norte, ya que por oriente y occidente el valle está enmarcado por las sierras de Comechingones y San Luis, respectivamente, y prácticamente, está cerrado en el sur por las sierras de la Estanzuela, Tilisarao, Naschel, del Carrizal y San Felipe.

El muestreo se lleva a cabo sobre el río Seco, aguas arriba y abajo del yacimiento y de la planta, tomándose muestras de aguas superficiales y sedimentos. También, se toman muestras de aguas de napa, por la eventual influencia sobre la misma del río Seco y muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el río Conlara, por la eventual influencia sobre éste de las aguas subterráneas.

Se tomaron 11 muestras de agua y 5 de sedimentos, determinándose en ambos tipo de muestra la concentración de uranio natural y radio 226. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable (Merlo)	0,025 Bq/l (0,001 mg/l)
uranio natural en aguas	0,55 Bq/l (0,022 mg/l)
uranio natural en sedimentos	0,36 Bq/g (0,015 mg/g)
radio 226 en agua potable (Merlo)	<2,2 mBq/l
radio 226 en agua	4,3 mBq/l
radio 226 en sedimentos	141 mBq/g

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

El ex Complejo minero fabril Los Colorados comenzó su actividad en 1993, finalizando la misma en el año 1996. Está ubicado, como se indica en la figura 18, en el Departamento Independencia, en la Provincia de La Rioja. La planta de trituración de mineral, lixiviación y concentración de uranio estaba ubicada cerca del yacimiento, en un predio de 90 hectáreas, que correspondía a la concesión de la mina Los Colorados otorgada por la Dirección de Minería de la provincia de La Rioja.

Debido a las características climatológicas de la zona, los cursos de agua en gran parte del año se encuentran secos, hecho por el cual el muestreo se ve limitado. Se tomaron muestras de los arroyos Los Mogotes y Saladillo; y también agua termal de la zona.

Durante el año 2004, se tomaron 9 muestras de aguas superficiales, una muestra de agua potable de la ciudad de Patquía y 2 muestras de sedimento, realizándose 22 determinaciones sobre las mismas. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos:

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable (Patquía)	0,05 Bq/l (0,002 mg/l)
uranio natural en agua	0,25 Bq/l (0,010 mg/l)
uranio natural en sedimentos	0,07 Bq/g (0,003 mg/g)
radio 226 en agua potable (Patquía)	<2,4 mBq/l
radio 226 en agua	30 mBq/l
radio 226 en sedimentos	36,2 mBq/g

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

El ex Complejo minero fabril Tonco comenzó su actividad en abril de 1964, finalizando la misma en el año 1981. Está ubicado, como se indica en la figura 19, en el Departamento San Carlos, en la Provincia de Salta, a unos 150 km al sudoeste de la ciudad capital. Operó, fundamentalmente, con mineral proveniente del yacimiento Don Otto y, en menor escala con mineral de los yacimientos Los Berthos, Pedro Nicolás y M.M. de Güemes. El monitoreo ambiental consiste, fundamentalmente, en la recolección de muestras de

## EX COMPLEJO MINERO FABRIL LOS COLORADOS

## EX COMPLEJO MINERO FABRIL TONCO

aguas superficiales y sedimentos. Debido a las características climatológicas de la zona los cursos de agua en gran parte del año se encuentran secos, hecho por el cual el muestreo se ve limitado.

Durante el año 2004, se tomaron 18 muestras de aguas superficiales y 18 muestras de sedimentos, realizándose 72 determinaciones sobre las mismas. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos:

Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en aguas uranio natural en sedimentos	0,75 Bq/l (0,03 mg/l) 0,75 Bq/g (0,003 mg/g)
radio 226 en aguas radio 226 en sedimentos	2,4 mBq/l 17,5 mBq/g

La actividad específica empleada fue la del uranio natural que es igual a 25 Bq/mg.

## CONCLUSIONES

Basándose en los valores medidos sobre las muestras obtenidas durante el monitoreo ambiental, en los alrededores de las diferentes Complejos minero fabriles, se concluye que no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los niveles determinados aguas arriba y aguas abajo de las instalaciones.

## MONITORAJE AMBIENTAL NO RELACIONADO CON LAS INSTALACIONES NUCLEARES

### Fuentes artificiales

Se determinaron las concentraciones de radionucleidos de interés en muestras de aire, agua de lluvia, leche, dieta y alimentos varios. Las muestras de frutas y verduras de diferentes especies fueron adquiridas en el Mercado Central de Buenos Aires.

Con respecto al muestreo de aerosoles, el sistema muestreador se encuentra ubicado en la Sede Central de la ARN, Avenida Libertador 8250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Se analizaron, también, los distintos componentes de la dieta promedio semanal del comedor del CAE, cuya provisión es adquirida de diferentes bocas de expendio de Buenos Aires, siendo, por lo tanto, representativa de una dieta estándar del Gran Buenos Aires. Los análisis se llevaron a cabo sobre muestras conjuntas trimestrales.

En el plan de monitoreo efectuado durante el cuarto trimestre de 2003 y hasta el tercer trimestre de 2004, se recolectaron 180 muestras y se efectuaron sobre las mismas 170 determinaciones de los distintos radionucleidos de interés.

Se detectaron niveles muy bajos de estroncio 90 en algunas muestras de vegetales, leche y dieta, valores que se atribuyen al fallout ambiental.

La concentración de actividad medida en las diferentes muestras analizadas se presenta en los cuadros siguientes:

Concentración de actividad en alimentos adquiridos en el Mercado Central de Buenos Aires (Bq/kg)								
período	4º trimestre 03		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 <sup>1</sup>	<0,023	0,029	<0,020	<0,010	<0,020	0,027	<0,006	<0,02
verduras de raíz <sup>2</sup>	<0,008	<0,0015	<0,010	<0,020	<0,007	<0,010	<0,020	<0,02
otras <sup>3</sup>	<0,006	0,029	<0,006	<0,009	<0,006	<0,012	<0,010	0,01
frutas <sup>4</sup>	<0,011	0,045	<0,016	0,025	<0,006	0,050	<0,010	<0,01

Nota: <sup>1</sup> acelga, brócoli, repollo, lechuga, espinaca, radicheta y escarola.  
<sup>2</sup> zanahoria, remolacha, cebolla, cebolla de verdeo y papa.  
<sup>3</sup> chaucha, calabaza, berenjena, tomate, zapallito y morrón.  
<sup>4</sup> manzana, durazno, pera, mandarina, pomelo y naranja.

Concentración de actividad en leche (Bq/l)		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,008	<0,011
1º trimestre	<0,005	<0,016
2º trimestre	<0,010	<0,015
3º trimestre	<0,004	<0,017

Concentración de actividad en muestras de dieta (Bq/kg)		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,011	<0,028
1º trimestre	<0,020	<0,023
2º trimestre	<0,018	<0,027
3º trimestre	<0,007	<0,019

Concentración de actividad en muestras de aerosoles en aire ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ )		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,05	<0,75
1º trimestre	<0,56	<0,11
2º trimestre	<0,36	<0,11
3º trimestre	<0,36	<0,15

Concentración de actividad en muestras de agua de lluvia (Bq/m <sup>2</sup> )		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 03	<0,42	<0,31
1º trimestre	<0,42	<0,11
2º trimestre	<0,33	<0,11
3º trimestre	<0,58	<0,14

## Fuentes naturales. Mediciones de radón en viviendas

En las últimas décadas se ha determinado que la fuente de radiación de origen natural que más contribuye a la dosis efectiva recibida por el ser humano es un gas (incolore, insípido e inodoro) denominado radón. El UNSCEAR ha estimado que el radón y los radionucleidos resultantes de su desintegración, contribuyen, aproximadamente, con las tres cuartas partes de la dosis efectiva recibida por el hombre debida a fuentes naturales terrestres, y con, aproximadamente, la mitad de la recibida de la totalidad de las fuentes naturales. La mayor parte de la dosis debida al radón, especialmente en ambientes cerrados, proviene de los radionucleidos resultantes de su desintegración.

En la tabla siguiente se muestra la concentración de radón en viviendas en distintas ciudades del país indicándose el número de viviendas analizadas entre 1983-2004, y la concentración de radón promedio determinada en cada caso:

Concentración de radón en viviendas			
Lugar de muestreo	Promedio (Bq/m <sup>3</sup> )	Número de viviendas	Sistema de medición(*)
Malargüe (Provincia de Mendoza)	48,3	346	1,2,3,4
Ciudad de Mendoza (Provincia de Mendoza)	49,6	139	1,2
General Alvear (Provincia de Mendoza)	44,6	119	1,4
San Rafael (Provincia de Mendoza)	32,6	473	1,4
Corrientes (Provincia de Corrientes)	48,0	109	1
Buenos Aires	28,9	402	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, Comodoro Rivadavia, Puerto Madryn, Rawson, Gastre, Playa Unión, Esquel, Gaiman y Dolavon (Provincia de Chubut)	55,6	253	1,3,4
Santiago del Estero (Provincia de Santiago del Estero)	28,0	62	1
Bariloche (Provincia de Río Negro)	30,7	68	1,4
Cosquín (Provincia de Córdoba)	48,2	70	1
Ciudad de Córdoba (Provincia de Córdoba)	41,7	231	1,4
<b>Argentina</b>	<b>39,6</b>	<b>2572</b>	

(\*) Sistema de medición: 1 Makrofol; 2 Electrets; 3 Carbón activado; 4 CR-39

El valor medio de la concentración de radón, considerando las 2571 viviendas monitoreadas, desde 1983 hasta el año 2004 en todo el país, resultó ser de 40,3 Bq/m<sup>3</sup>.

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/m<sup>3</sup>, 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 y/o provincias argentinas no superan los 60 Bq/m<sup>3</sup>, encontrándose solamente muy pocos valores individuales por encima de 200 Bq/m<sup>3</sup> y ninguno supera 400 Bq/m<sup>3</sup>.

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