

# MONITORAJE AMBIENTAL

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 2002 al 30 de setiembre de 2003.

## CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I

Se tomaron en total 230 muestras en los diferentes puntos de muestreo, sobre las que se realizaron 280 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, fig. 8, pág. 69) y en el Puerto Atucha a 5 km "aguas arriba" de la central (punto 4). Las muestras de agua potable fueron tomadas de un pozo ubicado dentro de un radio de 5 km de la central (punto 1, fig. 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, fig. 8), 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 y 4, fig. 8).

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:

<b>Concentración de actividad en agua del río Paraná aguas arriba Punto Puerto Atucha (Bq/l)</b>				
<b>período</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>estroncio 90</b>
octubre 02	<3,3			
noviembre 02	<3,5	<8,0 E-4	<8,0 E-3	<4,0 E-4
diciembre 02	<3,2			
enero	<3,7			
febrero	---	<1,5 E-3	<5,0 E-4	<4,0 E-4
marzo	<2,0			
abril	---			
mayo	<4,6	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<5,0 E-4
junio	<4,8			
julio	<5,2			
agosto	<5,1	<1,0 E-3	<8,0 E-4	<7,0 E-3
setiembre	<4,9			

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

<b>Concentración de actividad en agua del río Paraná aguas abajo Punto Club de Pesca (Bq/l)</b>				
<b>período</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>estroncio 90</b>
octubre 02	<3,3			
noviembre 02	<3,5	<3,0 E-3	<2,3 E-3	<4,0 E-4
diciembre 02	<3,2			
enero	5,1			
febrero	<3,9	<3,0 E-4	<3,0 E-4	<2,3 E-2
marzo	<2,0			
abril	---			
mayo	<4,6	<3,5 E-3	<3,3 E-3	<5,0 E-4
junio	<4,8			
julio	<5,2			
agosto	<5,1	<2,0 E-2	<1,3 E-2	<6,0 E-3
setiembre	<4,9			

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

<b>Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad (Bq/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>período</b>	<b>tritio</b>	<b>período</b>	<b>tritio</b>
octubre 02	0,22	abril	---
noviembre 02	---	mayo	---
diciembre 02	---	junio	---
enero	---	julio	0,17
febrero	---	agosto	0,16
marzo	---	setiembre	0,20

Nota: Durante el período comprendido entre noviembre de 2002 y junio de 2003 el muestreador estuvo fuera de servicio.



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

período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 02	0,03	<0,02	0,06
1º trimestre	0,02	<0,01	0,09
2º trimestre	<0,01	<0,01	0,06
3º trimestre	<0,01	<0,01	<0,14

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

### Concentración de actividad en sedimentos del río Paraná (Bq/kg) aguas arriba - Puerto Atucha

período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 02	1,2	5,7
1º trimestre	0,7	<0,4
2º trimestre	1,3	<0,5
3º trimestre	<0,8	<0,3

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

período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 02	0,7	0,7
1º trimestre	1,2	<1,5
2º trimestre	<0,9	1,1
3º trimestre	<0,6	<0,6

### Concentración de actividad en agua potable (napa) (Bq/l)

período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 02	<0,2	<1,2 E-3	<8,0 E-4	<4,0 E-4
1º trimestre	<2,0	<7,0 E-4	<1,2 E-3	<3,0 E-4
2º trimestre	<2,0	<1,8 E-3	<2,0 E-3	<5,0 E-4
3º trimestre	<2,8	<4,7 E-2	<2,7 E-2	<6,0 E-3

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

período	4º trimestre 02		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	0,03	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	0,02
verduras de raíz <sup>2</sup>	<0,01	0,05	<0,01	0,05	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02
otras <sup>3</sup>	<0,01	<0,02	<0,02	0,06	<0,01	<0,02	---	---
frutas <sup>4</sup>	<0,01	0,06	<0,01	0,06	<0,02	0,03	<0,01	<0,03

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

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

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

<sup>4</sup> naranja, lima, 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
4º trimestre 02	<0,2	<0,01	<0,01	<b>&lt;0,02</b>
1º trimestre	<0,2	<0,02	<0,02	<b>0,02</b>
2º trimestre	<0,2	<0,01	<0,02	<b>&lt;0,02</b>
3º trimestre	<0,2	<0,01	<0,01	<b>0,02</b>

### 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 02	<2,5	<2,6	<2,0
1º trimestre	<1,9	<2,2	<1,5
2º trimestre	<2,1	<2,2	<1,9
3º trimestre	<2,0	<2,6	<2,4

Concentración de actividad en muestras de dieta de la CNA I (Bq/l)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 02	<0,01	<0,01	<0,11
1º trimestre	<0,02	<0,02	<0,03
2º trimestre	<0,01	<0,01	<0,04
3º trimestre	<0,01	<0,01	0,04

No se detectaron niveles de contaminación atribuible al funcionamiento de la central, con excepción de trazas de cobalto 60 y cesio 137 en muestras de sedimentos. Se midieron niveles muy bajos de estroncio 90 en algunas muestras de vegetales y peces, valores que pueden atribuirse al fallout ambiental residual.

A fin de dar un significado radiológico a las mediciones de concentración de actividad en muestras ambientales, llevadas a cabo en el monitoreo ambiental en los alrededores de la Central Nuclear Atucha I, se determina la dosis que recibiría un miembro de la población que vive en la zona y que durante todo el año sólo consume los alimentos monitoreados. Esta dosis debida a la práctica resultó menor que 2,0 E-3 mSv, expresándolo en términos de una cota superior dado que, como puede observarse en las tablas correspondientes, un importante porcentaje de las mediciones ambientales resultaron menores que los límites de detección. Este valor se encuentra muy por debajo del valor límite de dosis establecido en la normativa vigente (1 mSv).

## CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

Durante 2003 se recolectaron en total 160 muestras y sobre las mismas se realizaron 190 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, fig. 9, pág. 70), 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, fig. 9). 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. 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, fig. 9). Mensualmente, se tomaron muestras de sedimentos en el punto correspondiente a la Unidad Turística Embalse (punto 1, fig. 9).

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.

<b>Concentración de actividad en agua del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/l)</b>				
<b>período</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>estroncio 90</b>
octubre 02	80,7			
noviembre 02	106,3	<0,03	<0,02	<0,001
diciembre 02	106,8			
enero	35,6			
febrero	73,3	<0,02	<0,01	<0,006
marzo	69,7			
abril	---			
mayo	96,9	<3,5 E-3	<1,5 E-3	<9,0 E-4
junio	60,3			
julio	---			
agosto	74,7	<2,0 E-3	<1,8 E-3	<9,0 E-3
setiembre	76,3			

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

<b>Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad (Bq/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>período</b>	<b>tritio</b>	<b>período</b>	<b>tritio</b>
octubre 02	2,0	abril	2,9
noviembre 02	2,9	mayo	1,2
diciembre 02	2,5	junio	0,9
enero	1,1	julio	0,7
febrero	2,7	agosto	0,7
marzo	3,0	setiembre	2,7

<b>Concentración de actividad en sedimentos del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/kg)</b>		
<b>período</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>
4º trimestre 02	6,8	<0,6
1º trimestre	2,0	<0,7
2º trimestre	2,0	<1,4
3º trimestre	2,5	<0,3

<b>Concentración de actividad en agua potable de la ciudad de Embalse (Bq/l)</b>				
<b>período</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>estroncio 90</b>
4º trimestre 02	84,4	<1,2 E-3	<1,2 E-3	<6,0 E-4
1º trimestre	68,8	<5,0 E-2	<5,0 E-2	<6,0 E-3
2º trimestre	81,9	<3,5 E-3	<1,5 E-3	<1,0 E-4
3º trimestre	62,3	<3,0 E-2	<2,5 E-2	<8,0 E-3

<b>Concentración de actividad en peces del lago de Embalse de Río Tercero (Bq/kg)</b>			
<b>período</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>estroncio 90</b>
4º trimestre 02	0,04	<0,02	0,035
1º trimestre	0,13	<0,01	<0,033
2º trimestre	0,04	<0,02	<0,030
3º trimestre	0,03	<0,01	<0,040

Nota: Muestra de pejerrey.

Concentración de actividad en leche de la zona de la CNE (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
4º trimestre 02	<0,01	<0,01	<0,02	<0,12
1º trimestre	<0,01	<0,01	<0,01	<0,16
2º trimestre	<0,01	<0,01	<0,02	<0,20
3º trimestre	<0,01	<0,01	<0,02	<0,14

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 02	<2,2	<1,8	<1,5
1º trimestre	<2,3	<1,9	<2,7
2º trimestre	<1,8	<1,5	<1,5
3º trimestre	<1,8	<1,1	<1,3

Concentración de actividad en muestras de dieta de la CNE (Bq/kg)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 02	<0,02	<0,05	<0,03
1º trimestre	<0,02	<0,03	<0,03
2º trimestre	<0,02	<0,04	<0,02
3º trimestre	<0,01	<0,01	<0,04

Se detectó la presencia de tritio en muestras de agua de lago y agua potable y niveles muy bajos de cesio 137 y en muestras puntuales de sedimentos y peces del lago de Embalse de Río Tercero.

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.

A fin de dar un significado radiológico a las mediciones de concentración de actividad en muestras ambientales, llevadas a cabo en el monitoreo ambiental en los alrededores de la Central Nuclear Embalse, se determina la dosis que recibiría un miembro de la población que vive en la zona y que durante todo el año sólo consume los alimentos monitoreados. Esta dosis debida a la práctica resultó menor que 2,0 E-3 mSv, expresándolo en términos de una cota superior dado que, como puede observarse en las tablas correspondientes, un importante porcentaje de las mediciones ambientales resultaron menores que los límites de detección. Este valor se encuentra muy por debajo del valor límite de dosis establecido en la normativa vigente (1 mSv).

## CENTRO ATÓMICO EZEIZA

En el plan de monitoreo efectuado durante el año 2003, se recolectaron 705 muestras y se efectuaron 1390 determinaciones de los distintos radionucleidos de interés.

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 leche fueron recolectadas en forma semanal, de un tambo de la zona, ubicado a 3 km del CAE (fig. 10, pág. 71), determinándose los niveles de cesio 137 y estroncio 90, trimestralmente. Las muestras de pasto fueron obtenidas de diferentes puntos, también dentro de un radio de los 3 km (punto 1, 2, 3 y 4, fig. 10).



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 y 8, fig. 10). También se analizaron muestras provenientes de los tanques de agua potable de dicho centro (puntos AP<sub>1</sub> a AP<sub>4</sub>) y muestras de agua potable de los alrededores del centro (puntos AP<sub>5</sub> a 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 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 137	cobalto 60	estroncio 90	período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 02	<2,8	16,5	<1,9	abril	<3,2	<3,2	<1,4
noviembre 02	<2,4	<4,5	<1,4	mayo	<3,0	<3,3	<1,5
diciembre 02	<2,0	<3,8	<1,1	junio	<3,5	<5,2	<1,8
enero	<5,7	<6,4	<5,7	julio	<2,9	<2,3	<1,4
febrero	<2,7	12,2	<2,7	agosto	<3,3	<4,4	<1,2
marzo	<2,3	<2,5	<2,3	setiembre	<2,7	7,7	<0,9

Concentración de actividad en leche de la zona del CAE (Bq/l)				
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	yodo 131
4º trimestre 02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,10
1º trimestre	<0,12	<0,008	<0,02	<0,15
2º trimestre	<0,006	<0,005	<0,02	<0,15
3º trimestre	<0,02	<0,02	<0,02	<0,28

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l)												
período	4º trimestre 02			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
AP <sub>1</sub>	<1,2 E-3	<7,0 E-3	<4,0 E-4	<1,2 E-3	<1,0 E-3	<3,0 E-4	<1,2 E-3	<1,0 E-3	<4,0 E-4	<2,3 E-3	<1,0 E-3	<7,0 E-4
AP <sub>2</sub>	<1,2 E-3	<8,0 E-3	<2,0 E-4	<2,2 E-3	<2,5 E-3	<3,0 E-4	<1,6 E-3	<1,4 E-3	<4,0 E-4	<2,7 E-3	<3,0 E-3	<6,0 E-4
AP <sub>3</sub>	<7,0 E-4	<1,0 E-3	4,0 E-4	<1,2 E-3	<1,0 E-3	3,0 E-4	<3,2 E-3	<2,6 E-4	<4,0 E-4	<5,3 E-3	<5,7 E-3	<6,0 E-4
AP <sub>4</sub>	<1,3 E-3	<1,3 E-3	<3,0 E-4	<1,2 E-3	<7,0 E-4	<3,0 E-4	<1,8 E-3	<1,0 E-3	<4,0 E-4	<1,0 E-3	<1,0 E-3	<6,0 E-4

Concentración de tritio en aguas potables del CAE y sus alrededores (Bq/l)				
punto de muestreo	4º trimestre 02	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre
AP <sub>1</sub> (guardería)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>2</sub> (RA 3)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>3</sub> (LPR)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>4</sub> (Plantas Químicas)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>5</sub> (Tosquera)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>6</sub> (Club Fuerza Aérea)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>7</sub> (Club Aerodelismo)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>8</sub> (Club UPCN)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>9</sub> (Barrio SEC)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>10</sub> (Cantina Don Pepe)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>11</sub> (Club Empleados de Comercio)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>12</sub> (Tambo-Estancia)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP <sub>13</sub> (Tambo)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1

Nota: los puntos AP<sub>5</sub>-AP<sub>11</sub> no se indican en la figura 10 debido a que son puntos de muestreo alejados del CAE.

Depósito de actividad en muestras de agua de lluvia en el CAE (Bq/m <sup>2</sup> )				Depósito de actividad en muestras de pasto en el CAE (Bq/m <sup>2</sup> )			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	período	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
4º trimestre 02	<0,1	1,0	<0,02	4º trimestre 02	<6,4	<4,7	<6,7
1º trimestre	<0,2	<0,2	<0,03	1º trimestre	<6,9	<5,0	<6,2
2º trimestre	<0,1	<0,1	<0,02	2º trimestre	<7,2	<4,6	<4,9
3º trimestre	<0,1	<0,1	0,04	3º trimestre	<7,1	<5,3	<6,8

Los resultados presentados en la tabla surgen de promediar los niveles encontrados en los puntos 1, 2, 3 y 4 de la fig. 10.

Concentración de actividad en agua del arroyo Aguirre (Bq/l)								
período	4º trimestre 02				1º trimestre			
puntos	cesio137	cobalto 60	tritio (Bq/l)	uranio (µg/l)	cesio 137	cobalto 60	tritio (Bq/l)	uranio (µg/l)
5	<0,44	<0,12	<3,6	10,5	<0,82	<1,1	<3,5	---
6	<0,98	<0,6	---	---	---	---	---	---
7	---	---	<4,0	---	<0,57	<0,32	<3,4	---
8	---	---	---	---	<0,77	<0,28	<3,4	---
período	2º trimestre				3º trimestre			
puntos	cesio137	cobalto 60	tritio (Bq/l)	uranio (µg/l)	cesio 137	cobalto 60	tritio (Bq/l)	uranio (µg/l)
5	<0,44	<0,24	<4,8	14,0	<0,60	<0,39	<5,1	14,0
6	<0,79	<0,49	<4,8	14,0	<1,0	<0,90	---	---
7	<0,32	<0,25	<4,8	---	<0,60	<0,45	<5,1	70,0
8	<0,52	<0,57	<4,8	---	<0,40	<0,22	<5,1	20,0

Concentración de actividad en sedimentos del arroyo Aguirre (Bq/kg)								
período	4º trimestre 02		1º trimestre		2º trimestre		3º trimestre	
puntos	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60
5	1,0	<0,6	<0,6	<0,5	<0,8	<0,8	<0,7	<0,4
6	24,0	8,8	---	---	28,6	11,4	25,0	9,1
7	---	---	<0,9	<0,9	1,4	<0,8	<0,6	<0,8
8	---	---	3,9	<0,9	2,1	<1,7	<1,8	<1,0

Concentración de actividad en alimentos de la zona del CAE (Bq/kg)								
período	4º trimestre 02		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>	<0,009	0,02	<0,01	0,02	<0,01	<0,02	<0,01	0,02
verduras de raíz <sup>2</sup>	<0,010	0,02	0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	0,02
otras <sup>3</sup>	<0,053	0,02	0,01	<0,02	---	---	---	---

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

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

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

--- 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 Aguirre. Asimismo se encontraron trazas de cobalto en algunas muestras de aire.

A fin de dar un significado radiológico a las mediciones de concentración de actividad en muestras ambientales, llevadas a cabo en el monitoreo ambiental en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza, se determina la dosis que recibiría un miembro de la población que vive en la zona y que durante todo el año sólo consume los alimentos monitoreados. Esta dosis debido a las prácticas resultó menor que  $2,3 \times 10^{-3}$  mSv, expresándolo en términos de una cota superior dado que, como puede observarse en las tablas correspondientes, un importante porcentaje de las mediciones ambientales resultaron menores que los límites de detección. Este valor se encuentra muy debajo del valor límite dosis establecido en la normativa vigente (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 2003 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 fig. 11, pág. 72. La siguiente tabla muestra los valores obtenidos.

Tipo de muestra	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	tritio
Agua potable de la Ciudad de San Carlos de Bariloche	<0,004 Bq/l	<0,004 Bq/l	<0,020 Bq/l	<2,2 Bq/l
Valor promedio de agua de la zona	<0,003 Bq/l	<0,003 Bq/l	<0,019 Bq/l	<2,2 Bq/l
Valor promedio en sedimentos de la zona	3,2 Bq/kg	<0,73 Bq/kg	---	---

## COMPLEJOS MINERO FABRILES DE URANIO

### Complejo minero fabril San Rafael

Durante 2003 se recolectaron 17 muestras de agua y 16 muestras de sedimentos. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 66 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos (véase fig. 12, pág. 73).

Tipo de muestra	Valor promedio	Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable	0,0011 mg/l (ppm)	radio 226 en agua potable	<1,8 mBq/l
uranio natural en agua	0,0037 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	2,4 mBq/l
uranio natural en sedimentos	2,4 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	27,2 mBq/g

### Ex Complejo fabril Malargüe

Durante 2003 se recolectaron 24 muestras de aguas y 7 de sedimentos, realizándose sobre las mismas un total de 62 análisis. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos, expresados como media geométrica (véase fig. 13, pág. 74).

Tipo de muestra	Valor promedio	Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua potable	0,0039mg/l (ppm)	radio 226 en agua potable	<2,0 mBq/l
uranio natural en agua	0,017 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	8,7 mBq/l
uranio natural en sedimentos	3,9 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	31,8 mBq/g
		tasa de emanación de radón	8,5 Bq/m <sup>2</sup> .s

### Complejo fabril Córdoba

Durante 2003 se recolectaron 6 muestras de agua y 5 de sedimentos, realizándose sobre las mismas un total de 22 determinaciones y análisis radioquímicos. Además se midió la tasa de emanación de gas en las escombreras de mineral de uranio. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos, expresados como media geométrica (véase fig. 15, pág. 75).

Tipo de muestra	Valor promedio	Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en agua	0,010 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	<2,2 mBq/l
uranio natural en sedimentos	3,3 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	27,4 mBq/g
tasa de emanación de radón	5,6 Bq/m <sup>2</sup> .s	cocentración de radón en aire medida en el perímetro	73 Bq/m <sup>3</sup>

### Ex Complejo minero fabril Los Gigantes

Durante 2003 se recolectaron 16 muestras de aguas superficiales y una muestra de agua potable en la localidad de Villa Carlos Paz (véase fig. 16, pág. 75). Además, se recolectaron 8 muestras de sedimentos realizándose un total de 48 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)	0,0007 mg/l (ppm)	radio 226 en agua potable (Villa Carlos Paz)	<1,8 mBq/l
uranio natural en agua	0,002 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	10,8 mBq/l
uranio natural en sedimentos	6,0 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	83,7 mBq/g

### Ex Complejo minero fabril La Estela

Durante 2003 se tomaron 19 muestras de agua y 2 de sedimentos, determinándose en ambos tipos de muestras la concentración de uranio natural y radio 226 (véase fig. 17, pág. 76). 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	0,020 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	3,0 mBq/l
uranio natural en sedimentos	3,2 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	57,6 mBq/g
uranio natural en agua potable (Merlo)	0,0007 mg/l (ppm)	radio 226 en agua potable (Merlo)	<1,8 mBq/l



### Ex Complejo minero fabril Los Colorados

Durante 2003 se tomaron 6 muestras en aguas superficiales, 1 muestra de agua potable de la ciudad de Patquía y 2 muestra de sedimentos, realizándose 16 determinaciones sobre las mismas (véase fig. 18, pág. 77). 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)	0,027 mg/l (ppm)	radio 226 en agua potable (Patquía)	<1,8 mBq/l
uranio natural en agua	0,005 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	12,7 mBq/l
uranio natural en sedimentos	1,9 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	34,7 mBq/g
		tasa de emanación de radón	1,5 Bq/m <sup>2</sup> .s

### Ex Complejo minero fabril Tonco

Durante 2003 se tomaron 22 muestras de aguas superficiales y 23 muestras de sedimentos, realizándose 90 determinaciones sobre las mismas (véase fig. 19, pág. 77). Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

Tipo de muestra	Valor promedio	Tipo de muestra	Valor promedio
uranio natural en aguas	0,172 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	6,6 mBq/l
uranio natural en sedimentos	2,8 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	35,0 mBq/g

### Ex Complejo minero fabril Pichiñán

Durante 2003 se tomaron 25 muestras de aguas superficiales y 23 muestras de sedimentos, realizándose 96 determinaciones sobre las mismas (véase fig. 19, pág. 77). 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)	<2,1 mBq/l
uranio en agua potable (Trelew)	0,001 mg/l (ppm)	radio 226 en agua potable (Trelew)	<2,0 mBq/l
uranio natural en agua	0,001 mg/l (ppm)	radio 226 en agua	<2,0 mBq/l
uranio natural en sedimentos	2,0 mg/kg (ppm)	radio 226 en sedimentos	32,6 mBq/g
		tasa de emanación de radón	4,0 Bq/m <sup>2</sup> .s

### 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 170 muestras analizadas, realizándose sobre las mismas 165 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 02		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	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,007	0,02
verduras de raíz <sup>2</sup>	<0,009	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,010	0,02
otras <sup>3</sup>	<0,006	<0,01	<0,01	<0,02	<0,009	<0,01	---	0,03
frutas <sup>4</sup>	<0,006	0,13	0,01	0,04	<0,01	0,06	<0,02	0,20

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

<sup>2</sup> batata, zanahoria, remolacha, cebolla y papa.

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

<sup>4</sup> manzana, banana, durazno, pera, mandarina, pomelo y naranja.

Concentración de actividad en leche (Bq/l)		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 02	<0,004	<0,01
1º trimestre	<0,005	0,01
2º trimestre	<0,008	<0,01
3º trimestre	<0,007	0,01

Concentración de actividad en muestras de dieta (Bq/kg)		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 02	<0,03	<0,05
1º trimestre	<0,02	<0,02
2º trimestre	<0,02	<0,04
3º trimestre	<0,02	0,03

Asimismo, se tomaron muestras de aire y de agua de lluvia en la estación monitora 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
4º trimestre 02	<2,3
1º trimestre	<2,1
2º trimestre	<2,6
3º trimestre	<2,3

Concentración de actividad en muestras de agua de lluvia ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )		
período	cesio 137	estroncio 90
4º trimestre 02	<0,92	<0,19
1º trimestre	<0,60	<0,15
2º trimestre	<0,67	<0,18
3º trimestre	<0,42	<0,16



## 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 <sup>3</sup> )	Número de viviendas	Sistema de medición <sup>(*)</sup>
Malargüe (Provincia de Mendoza)	45,8	307	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
Corrientes (Provincia de Corrientes)	48,0	109	1
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	30,0	409	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, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gastre y Esquel (Provincia de Chubut)	47,2	113	1,4
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>Promedio</b>	<b>38,0</b>	<b>2400</b>	

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

El valor medio de la concentración de radón, considerando las 2370 viviendas monitoreadas, desde 1983 hasta 2003 en todo el país, resultó ser de 37,3 Bq/m<sup>3</sup>, con una media geométrica de 26,3 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 argentinas no superan los 50 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 la Argentina los niveles de radón en el interior de viviendas se encuentran dentro de los valores aceptables para la población.