

## CONTROL RADIOLÓGICO AMBIENTAL

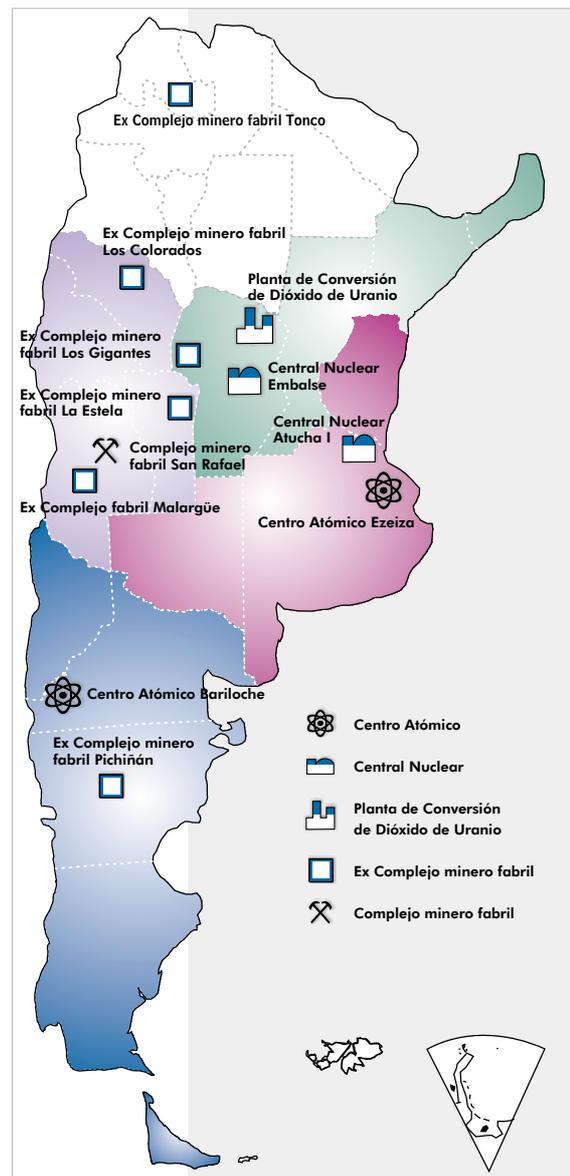
Las instalaciones nucleares del país bajo control radiológico ambiental se presentan en la siguiente figura:

**Figura 10 .  
Instalaciones  
bajo control ambiental**

Durante 2005 se efectuó el monitoreo ambiental alrededor de:

- ❑ Centrales nucleares Atucha I y Embalse.
- ❑ Centro Atómico Ezeiza.
- ❑ Centro Atómico Bariloche.
- ❑ Complejo minero fabril San Rafael.
- ❑ Planta de conversión de dióxido de uranio.
- ❑ Ex Complejos minero fabriles Malargüe, Los Gigantes, La Estela, Tonco y Los Colorados.

Se efectuó, además, el monitoreo ambiental en áreas alejadas de instalaciones radiactivas y nucleares con el objeto de evaluar la concentración de radionucleidos naturales.

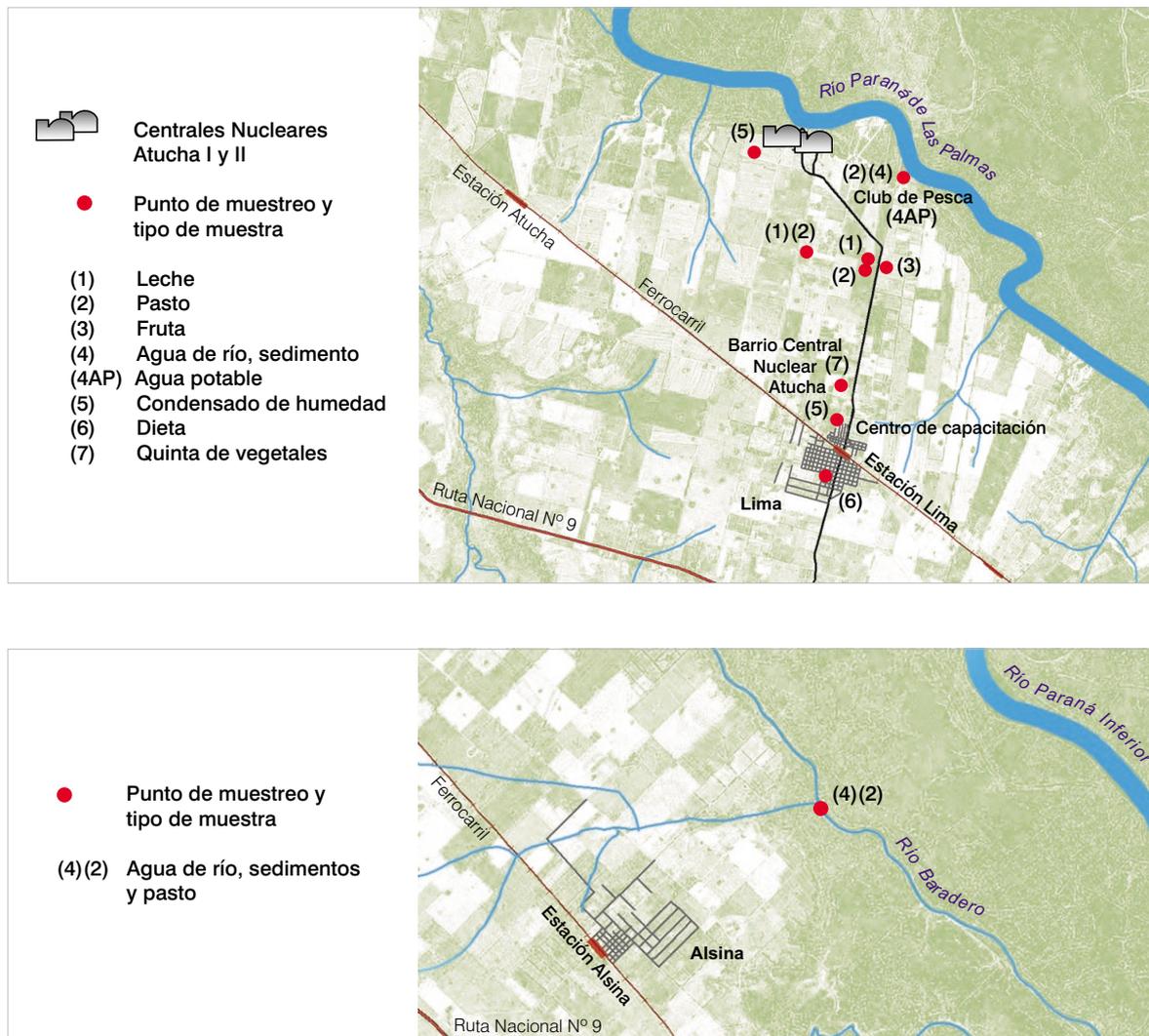


## Monitoraje ambiental alrededor de instalaciones nucleares

### Central Nuclear Atucha I

La Central Nuclear Atucha I (CNA I) está ubicada sobre el río Paraná de las Palmas, a 7 km de la Ciudad de Lima, en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires. En la **Figura 11** se presenta la ubicación de los puntos de muestreo rutinario ambiental en los alrededores de la CNA I.

**Figura 11. Central Nuclear Atucha (Provincia de Buenos Aires)**



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 se analizaron muestras representativas de una dieta estándar. También se determinaron los niveles de tritio en muestras de condensado de humedad. Un equipo condensador está ubicado a 7,4 km de la CNA I y el otro a 1 km en dirección oeste (punto 5, figura 11 superior). El pasto (puntos 2, figura 11) fue analizado como indicador del depósito de material radiactivo. Durante el cuarto trimestre de 2004 y hasta el tercer trimestre de 2005 se tomaron en total 306 muestras en los diferentes puntos de muestreo, sobre las que se realizaron 369 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 3 km río abajo de la central (punto 4, figura 11 superior), y en el Club Náutico de Alsina a unos 15 km aguas arriba de la central (punto 4, figura 11 inferior). Las muestras de agua potable fueron tomadas de pozos ubicados dentro de un radio de 5 km de la central (punto 4AP, figura 11), con una frecuencia mensual. Sobre estas muestras se realizó la determinación de tritio con una frecuencia mensual, y las determinaciones de cesio 137, cobalto 60 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 11), determinándose yodo 131 en una muestra mensual, y cesio 137, cobalto 60 y estroncio 90 sobre muestras conjuntas trimestrales. Las muestras de pasto fueron recolectadas, en un radio de 5 km de la central (punto 2, figura 11).

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, 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 se determinó por una técnica que incluye la calcinación de la muestra, separación del itrio 90 en equilibrio y medición por centello 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 CNA I Río Baradero - Alsina (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 04	< 5,1			
noviembre 04	<4,2	<4,0 E-2	<5,0 E-2	<6,0 E-3
diciembre 04	<3,5			
enero 05	<4,3			
febrero 05	<4,6	<2,0 E-2	<1,3 E-2	<1,2 E-2
marzo 05	<4,4			
abril 05	<3,7			
mayo 05	<3,9	<1,5 E-2	<3,0 E-2	<9,0 E-3
junio 05	—			
julio 05	<3,7			
agosto 05	<3,8	<1,0 E-2	<2,0 E-2	<6,0 E-3
setiembre 05	<4,3			

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

Concentración de actividad en agua del Río Paraná - aguas abajo CNA I Club de Pesca (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 04	<5,1			
noviembre 04	<4,2	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<6,0 E-3
diciembre 04	<3,5			
enero 05	<4,3			
febrero 05	<4,6	<1,0 E-2	<2,0 E-2	<1,2 E-2
marzo 05	<4,4			
abril 05	<3,7			
mayo 05	<3,9	<1,3 E-2	<6,6 E-3	<6,0 E-3
junio 05	<3,8			
julio 05	<3,7			
agosto 05	<3,8	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<1,3 E-2
setiembre 05	<4,3			

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

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad Estación Centro Melillo (Bq/m <sup>3</sup> )			
período	tritio	período	tritio
octubre 04	0,02	junio 05	0,42
noviembre 04	0,03	julio 05	0,55
diciembre 04	0,07	agosto 05	0,42
mayo 05	0,47	setiembre 05	0,08

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad (* Estación "A" (1 km al Oeste de CNA I) (Bq/m <sup>3</sup> ))			
período	tritio	período	tritio
junio 05	2,5	agosto 05	17,3
julio 05	0,3	septiembre 05	11,5

(\* Comenzó a funcionar en junio de 2005.

Concentración de actividad en peces del Río Paraná (Bq/kg)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,018	<0,018	0,10
1º trimestre 05	<0,016	<0,018	0,12
2º trimestre 05	<0,02	<0,02	—

Nota: Muestra conjunta de armado, boga, sábalo, tararira y carpa. En el 3º trimestre de 2005 no se obtuvieron las cantidades de muestras necesarias para las mediciones.

Concentración de actividad en sedimentos del Río Paraná (Bq/kg) aguas arriba CNA I - Río Baradero (Alsina)			Concentración de actividad en sedimentos del Río Paraná (Bq/kg) aguas abajo CNA I - Club de Pesca		
período	cesio 137	cobalto 60	período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 04	<0,6	<0,4	4º trimestre 04	<0,9	<0,8
1º trimestre 05	<1,0	<0,6	1º trimestre 05	<0,9	<1,7
2º trimestre 05	<0,7	<0,3	2º trimestre 05	<1,1	<0,4
3º trimestre 05	<1,7	<1,3	3º trimestre 05	<1,3	<2,1

Concentración de actividad en agua potable zona aledaña a CNA-I (agua de pozo) (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<4,3	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<7,0 E-3
1º trimestre 05	<4,4	<2,0 E-2	<1,0 E-2	<1,2 E-2
2º trimestre 05	<3,8	<1,3 E-2	<1,3 E-2	<6,0 E-3
3º trimestre 05	<3,9	<2,0 E-2	<2,0 E-2	<7,0 E-3

Concentración de actividad en vegetales de la zona de la CNA I (Bq/kg)						
Período	4º trimestre 04			1º trimestre 05		
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
especie						
Verduras de hoja	<0,005	<0,005	0,025	<0,01	<0,008	0,03
Verduras de raíz	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Frutas	<0,009	<0,009	0,04	<0,015	<0,01	0,09
Otras verduras	<0,015	<0,019	<0,02	<0,006	<0,004	0,02
Período	2º trimestre 05			3º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	<0,005	<0,007	0,02	<0,006	<0,005	<0,025
Verduras de raíz	<0,008	<0,02	0,03	<0,008	<0,02	<0,07
Frutas	<0,008	<0,009	0,09	<0,006	<0,006	0,07
Otras verduras	<0,007	<0,01	0,005	<0,007	<0,006	<0,02

Nota: Verduras de hoja: lechuga, acelga, repollo, brócoli, espinaca, hinojo.  
Verduras de raíz: batata, cebolla de verdeo, remolacha y puerro.  
Frutas: naranja, pomelo, mandarina, durazno y melón.  
Otras verduras: chaucha, berenjena calabaza, zapallito, ají, pepino, morrón, tomate, habas.

Concentración de actividad en leche de la zona aledaña a la CNA I (Bq/l)				
período	yodo 131	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,16	<0,012	<0,013	<0,019
1º trimestre 05	<0,13	<0,016	<0,023	<0,037
2º trimestre 05	<0,21	<0,018	<0,018	0,018
3º trimestre 05	<0,17	<0,006	<0,010	<0,03

Depósito de actividad en pasto de la zona aledaña a la CNA I (Bq/m <sup>2</sup> )			
período	yodo 131	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 04	<2,1	<2,6	<2,1
1º trimestre 05	<2,1	<2,6	<2,4
2º trimestre 05	<2,5	<2,9	<2,7
3º trimestre 05	<2,2	<3,2	<2,1

Concentración de actividad en muestras de dieta de las zonas aledañas a la CNA I (Bq/kg)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,01	<0,007	<0,05
1º trimestre 05	<0,01	<0,02	<0,05
2º trimestre 05	<0,01	<0,01	0,03
3º trimestre 05	<0,01	<0,01	<0,03

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

## Central Nuclear Embalse

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.

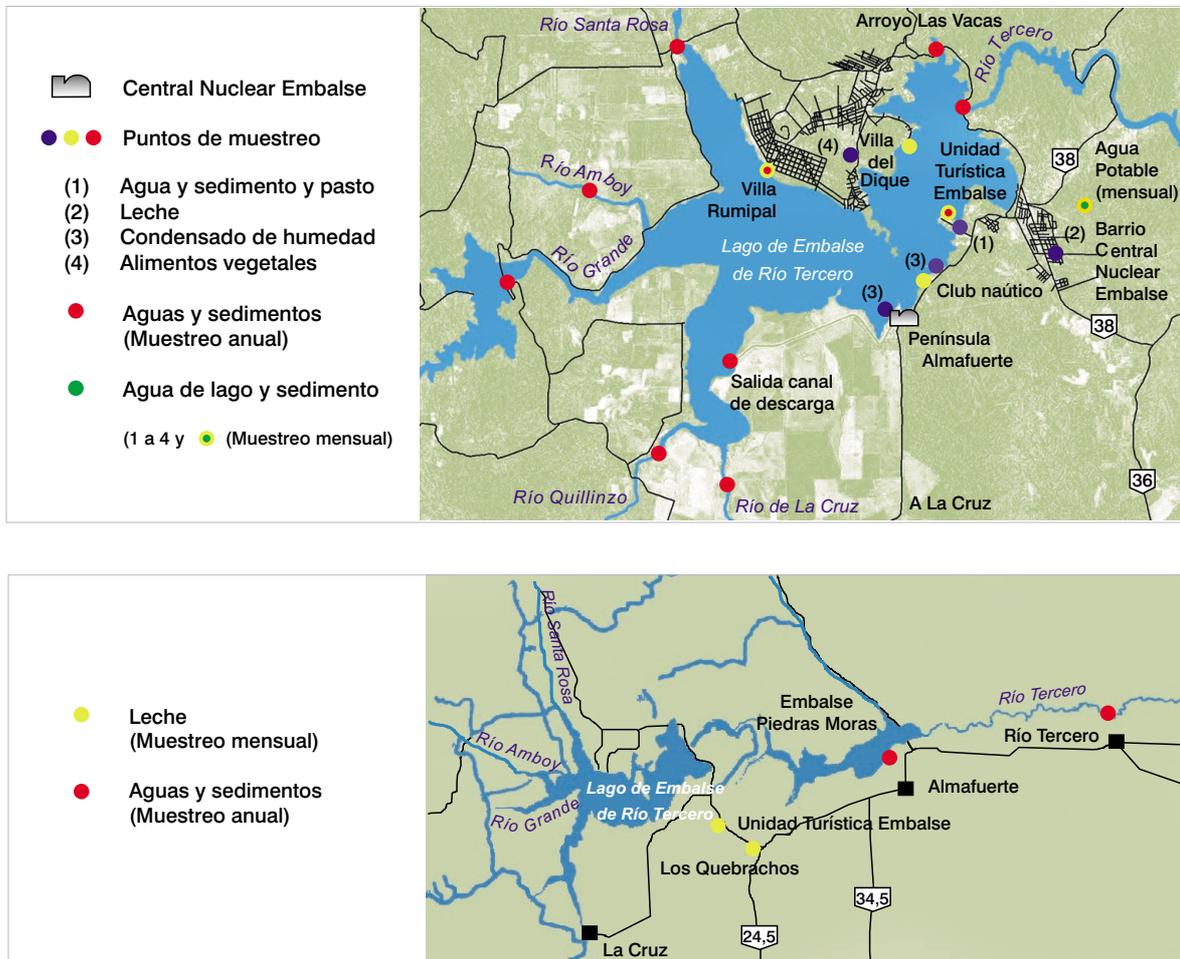
En la **Figura 12** se presenta la ubicación de los puntos de muestreo ambiental en los alrededores de la CNE. Como se mencionó en el caso de la CNA I, en los alrededores de la CNE se toman muestras representativas de los diferentes compartimientos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos.

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 (punto 1, figura 12).

Las muestras de leche fueron obtenidas de tambos ubicados dentro de un radio de 5 km de la central nuclear (punto 2, figura 12), en forma semanal, determinándose yodo 131 en forma mensual, y cesio 137 y estroncio 90, trimestralmente.

Figura 12. Alrededores de la Central Nuclear Embalse (Provincia de Córdoba)



Las muestras de agua del lago fueron tomadas, con una frecuencia mensual, de la Unidad Turística (punto 1, figura 12). 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. 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 (puntos 3, figura 12). 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 12) y en Villa Rumipal.

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 2004 y hasta el tercer trimestre del año 2005, se recolectaron en total 240 muestras. Sobre las mismas se realizaron 280 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, zona Hoteles Sociales (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 04	115			
noviembre 04	80	<0,04	<0,03	<0,009
diciembre 04	—			
enero 05	90			
febrero 05	50	<0,02	<0,02	<0,011
marzo 05	30			
abril 05	30			
mayo 05	60	<0,03	<0,02	<0,006
junio 05	60			
julio 05	60			
agosto 05	80	<0,002	<0,002	<0,001
setiembre 05	150			

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

Concentración de actividad en agua del lago de Embalse de Río Tercero, Villa Rumipal (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
octubre 04	123,7			
noviembre 04	—	<0,004	<0,004	<0,009
diciembre 04	—			
abril 05	—			
mayo 05	—	<0,07	<0,05	<0,02
junio 05	70			
julio 05	80			
agosto 05	120	<0,002	<0,002	<0,001
setiembre 05	220			

Nota: Las mediciones de cesio, cobalto y estroncio se realizaron sobre muestras trimestrales. En el primer trimestre de 2005 no se realizó muestreo en este lugar.

Concentración de actividad en sedimentos del lago de Embalse de Río Tercero, zona Hoteles Sociales (Bq/kg)					
período	cesio 137	cobalto 60	período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 04	<4,6	<5,0	2º trimestre 05	1,8	<1,2
1º trimestre 05	2,3	<1,0	3º trimestre 05	2,0	<0,5

Concentración de actividad en sedimentos del lago de Embalse de Río Tercero, Villa Rumipal (Bq/kg)					
período	cesio 137	cobalto 60	período	cesio 137	cobalto 60
4º trimestre 04	<0,7	<0,8	2º trimestre 05	<0,5	<0,5
1º trimestre 05	—	—	3º trimestre 05	<0,9	<1,0

Nota: En el primer trimestre de 2005 no se realizó muestreo en este lugar.

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad, Estación Club Náutico Río Tercero (Bq/m <sup>3</sup> )			
período	tritio	período	tritio
octubre 04	0,6	abril 05	—
noviembre 04	0,4	mayo 05	1,7
diciembre 04	0,4	junio 05	0,5
enero 05	0,4	julio 05	0,5
febrero 05	0,7	agosto 05	0,3
marzo 05	0,6	setiembre 05	—

Concentración de actividad en muestras de condensado de humedad, Estación Gendarmería (Bq/m <sup>3</sup> )			
período	tritio	período	tritio
octubre 04	0,3	abril 05	0,2
noviembre 04	0,4	mayo 05	1,0
diciembre 04	0,4	junio 05	0,5
enero 05	0,3	julio 05	0,7
febrero 05	1,0	agosto 05	0,3
marzo 05	0,7	setiembre 05	—

Concentración de actividad en agua potable de la Ciudad de Embalse (Bq/l)				
período	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	115	<0,07	<0,07	<0,01
1º trimestre 05	57	<0,01	<0,02	<0,01
2º trimestre 05	53	<0,01	<0,01	<0,006
3º trimestre 05	93	<0,02	<0,02	<0,006

Concentración de actividad en vegetales de la zona de la CNE (Bq/kg)						
período	4º trimestre 04			1º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	—	—	—	<0,02	<0,02	0,05
Verduras de raíz	—	—	—	<0,02	<0,03	—
Otras verduras	—	—	—	<0,005	<0,004	0,04
Vegetales	<0,02	<0,02	<0,03	—	—	—
período	2º trimestre 05			3º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	<0,009	<0,01	0,06	<0,008	<0,009	0,05
Verduras de raíz	0,02	<0,02	—	<0,01	<0,01	<0,03
Otras verduras	<0,006	<0,004	0,03	—	—	—
Vegetales	—	—	—	—	—	—

Nota: Verduras de hoja: lechuga, acelga, radicheta, perejil, repollo y espinaca  
 Verduras de raíz: zanahoria, puerro, cebolla de verdeo, remolacha y rabanito  
 Otras verduras: calabaza, zapallo, tomate.  
 Vegetales: Pool de verduras y hortalizas varias (las verduras de hoja, raíz, y otras del 4º trimestre 2004 componen este pool).

Concentración de actividad en leche de la zona de la CNE (Bq/L)				
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	yodo 131
4º trimestre 04	<0,01	<0,008	<0,02	<0,2
1º trimestre 05	<0,006	<0,005	<0,03	<0,2
2º trimestre 05	<0,02	<0,01	<0,02	<0,2
3º trimestre 05	<0,006	<0,006	0,06	<0,2

Depósito de actividad en pasto de la zona de la CNE (Bq/m <sup>2</sup> )			
período	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
4º trimestre 04	<3,1	<3,2	<2,7
1º trimestre 05	<2,3	<1,5	<1,9
2º trimestre 05	<2,4	<2,0	<2,5
3º trimestre 05	<3,3	<3,7	<2,6

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.

Concentración de actividad en pejerrey del Lago de Embalse Río Tercero (Bq/kg)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,02	<0,01	0,075
1º trimestre 05	0,02	<0,01	0,04
2º trimestre 05	<0,008	<0,008	<0,03
3º trimestre 05	0,04	<0,02	<0,03

Concentración de actividad en muestras de dieta de la CNE (Bq/kg)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,01	<0,01	<0,04
1º trimestre 05	0,02	<0,02	0,05
2º trimestre 05	<0,008	<0,006	<0,02
3º trimestre 05	<0,015	<0,03	<0,03

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.

## Centro Atómico Ezeiza

El Centro Atómico Ezeiza de la CNEA, está ubicado en la localidad de Ezeiza, Provincia de Buenos Aires. Desde el punto de vista del control ambiental las principales instalaciones que componen este centro son: el Reactor de producción de radioisótopos RA 3; la Planta de producción de radioisótopos para uso médico e industrial; la Fábrica de fuentes encapsuladas de cobalto 60; la Planta de producción de molibdeno 99 por fisión; el Área de gestión de residuos radiactivos, la Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares (CONUAR S.A.) y el Ciclotrón.

La **Figura 13** muestra la ubicación de los puntos en los que se realiza el muestreo para el control ambiental en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza.

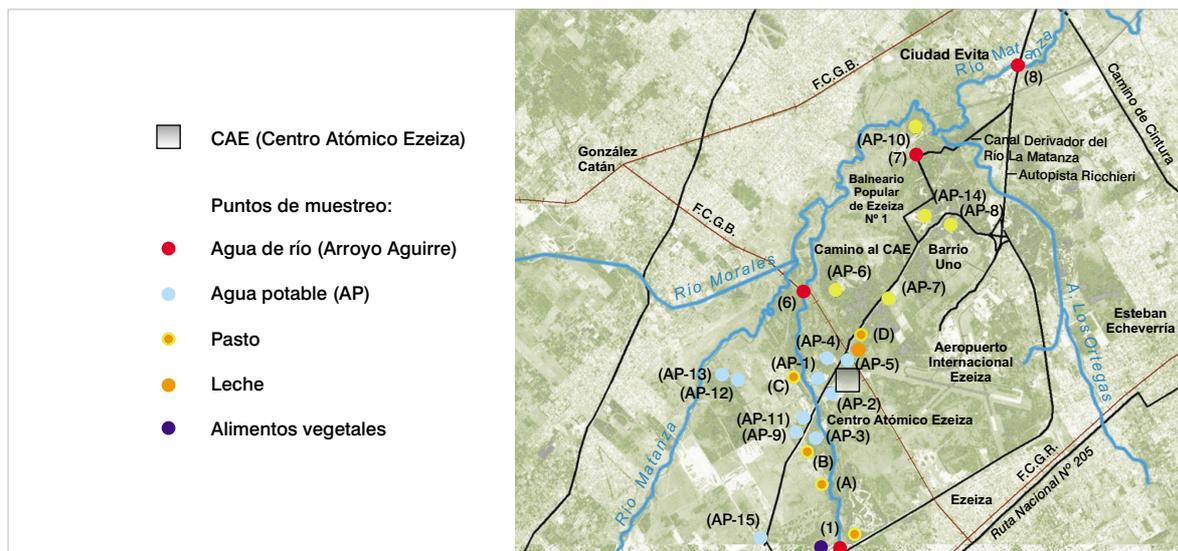
Como se mencionó en el caso de las centrales nucleares, se toman muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental en puntos ubicados en los alrededores del centro.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas gaseosas, se toman y analizan muestras de aire, con una frecuencia semanal, midiéndose la presencia de aerosoles radiactivos. Para determinar el depósito de material radiactivo, se toman muestras de agua de lluvia y de pasto. Además, se recolectan y analizan muestras de alimentos vegetales, provenientes de una quinta vecina, en dirección sudoeste. Las muestras de leche son recolectadas de un tambo de la zona, ubicado a 3 km del Centro, en dirección oeste, determinándose los niveles de cesio 137 y estroncio 90. Las muestras de pasto son obtenidas de diferentes puntos, distantes a menos de 3 km del Centro.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se toman y analizan muestras de agua potable del CAE y alrededores, y agua y sedimentos del arroyo Aguirre y el río Matanza.

Las muestras de agua y sedimentos del arroyo Aguirre y del río Matanza fueron tomadas con una frecuencia mensual, antes y después del CAE (puntos 1, 6, 7 y 8 figura 13). También se analizaron muestras provenientes de los tanques de agua potable de dicho centro y muestras de agua potable de los alrededores del CAE (puntos AP1 a AP15, figura 13).

**Figura 13. Alrededores del Centro Atómico Ezeiza (Provincia de Buenos Aires)**



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 2004 y hasta el tercer trimestre de 2005, se recolectaron 679 muestras y se efectuaron sobre las mismas 834 determinaciones de los distintos radionucleidos de interés.

Los resultados obtenidos pueden observarse en los cuadros siguientes:

Concentración de actividad en muestras de aerosoles en aire - Estación ubicada en Tosquera - (microBq/m <sup>3</sup> )				
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	yodo 131
octubre 04	<1,1	<0,9	<0,9	<1,1
noviembre 04	<1,4	<1,2	<1,3	<2,0
diciembre 04	<1,6	<1,5	<1,1	<2,2
enero 05	<1,4	<1,4	<1,2	3,0
febrero 05	<1,3	<1,3	<1,2	<1,5
marzo 05	<0,8	<0,8	<1,4	1,0
abril 05	<0,8	<0,8	<1,1	-
mayo 05	4,8	<0,8	<1,2	4,0
junio 05	<0,7	<0,8	<0,8	3,1
julio 05	<0,9	<0,8	<1,1	1,5
agosto 05	<1,0	<1,0	<1,0	1,1
setiembre 05	<1,0	<1,5	<0,9	1,4

Depósito de actividad en muestras de agua de lluvia - Zona CAE (Bq/m <sup>2</sup> )			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,09	<0,10	<0,03
1º trimestre 05	<0,06	<0,06	0,08
2º trimestre 05	<0,05	<0,06	<0,025
3º trimestre 05	<0,05	<0,06	<0,05

Depósito de actividad en muestras de pasto – Zonas aledañas al CAE (Bq/m <sup>2</sup> )			
período	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
4º trimestre 04	<5,2	<4,3	<5,2
1º trimestre 05	<5,8	<3,5	<6,2
2º trimestre 05	<7,5	<4,8	<5,8
3º trimestre 05	<6,5	<4,5	<5,1

Nota: Los resultados presentados en muestras de pastos surgen de promediar los niveles encontrados en los puntos 1, A, B, C y D, figura 13.

Concentración de actividad (cesio 137, cobalto 60 y estroncio 90) en aguas potables del CAE (Bq/l)						
período	4º trimestre 04			1º trimestre 05		
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
puntos de muestreo						
AP-1 (Guardería)	<5,0 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<1,0 E-3	<1,0 E-3	<4,0 E-4
AP-2 (RA3)	<5,0 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	<3,0 E-3	<1,0 E-3
AP-3 (LPR)	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<1,0 E-3	<2,0 E-3	<5,0 E-4
AP-4 (Plantas químicas)	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<7,0 E-4	<1,0 E-3	<2,0 E-3	<1,0 E-3
período	2º trimestre 05			3º trimestre 05		
puntos de muestreo	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP-1 (Guardería)	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4
AP-2 (RA3)	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	7,0 E-3	<6,0 E-4
AP-3 (LPR)	<2,0 E-3	<3,0 E-3	6,0 E-4	<2,0 E-3	<1,0 E-3	<6,0 E-4
AP-4 (Plantas químicas)	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<1,0 E-3	<1,0 E-3	<6,0 E-4

Nota: Las determinaciones se efectuaron sobre "pooles" trimestrales de 30 litros (10 l/mes).

Concentración de actividad de tritio (H3) en aguas potables del CAE y alrededores (Bq/l)					
punto de muestreo	4º trim. 04	1º trim. 05	2º trim. 05	3º trim. 05	
AP-1 Guardería	<3,8	<4,3	<3,9	<3,7	
AP-2 RA3	<3,8	<4,3	<3,9	<3,7	
AP-3 LPR	<3,8	<4,3	<3,9	<3,7	
AP-4 Plantas Químicas	<3,8	<4,3	<3,9	<3,7	
AP-5 Tosquera	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-6 Club Fuerza Aérea	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-7 Club Aerodelismo	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-8 Club UPCN	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-9 Barrio SEC	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-10 Restaurante La Cabaña	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-11 Club Empleados de Comercio	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-14 Caballeriza	<3,8	<4,3	<3,7	<3,7	
AP-15 Rancho Taxco	—	—	—	<3,7	

<b>Concentración de uranio natural en aguas potables del CAE y alrededores</b>			
<b>punto de muestreo</b>	<b>1º trimestre 05</b>	<b>2º trimestre 05</b>	<b>3º trimestre 05</b>
	<b>uranio</b>	<b>uranio</b>	<b>uranio</b>
AP-1 Guardería	0,225 Bq/l (0,009 mg/l)	0,45 Bq/l (0,018 mg/l)	0,425 Bq/l (0,017 mg/l)
AP-2 RA3	0,1 Bq/l (0,004 mg/l)	0,225 Bq/l (0,009 mg/l)	0,35 Bq/l (0,014 mg/l)
AP-3 LPR	0,35 Bq/l (0,014 mg/l)	0,65 Bq/l (0,026 mg/l)	0,525 Bq/l (0,021 mg/l)
AP-4 Plantas Químicas	0,2 Bq/l (0,008 mg/l)	0,35 Bq/l (0,014 mg/l)	0,275 Bq/l (0,011 mg/l)
AP-5: Tosquera	0,175 Bq/l (0,007 mg/l)	0,325 Bq/l (0,013 mg/l)	0,3 Bq/l (0,012 mg/l)
AP-6: Club Fuerza Aérea	< 0,09 Bq/l (< 0,0035 mg/l)	0,2 Bq/l (0,008 mg/l)	0,275 Bq/l (0,011 mg/l)
AP-7: Club Aeromodelismo	< 0,09 Bq/l (< 0,0035 mg/l)	0,2 Bq/l (0,008 mg/l)	0,2 Bq/l (0,008 mg/l)
AP-8: Club UPCN	< 0,09 Bq/l (< 0,0035 mg/l)	< 0,175 Bq/l (< 0,007 mg/l)	0,2 Bq/l (0,008 mg/l)
AP-9: Barrio SEC	< 0,09 Bq/l (< 0,0035 mg/l)	0,375 Bq/l (0,015 mg/l)	0,375 Bq/l (0,015 mg/l)
AP-10: Restaurante La Cabaña del Bosque	< 0,09 Bq/l (< 0,0035 mg/l)	0,2 Bq/l (0,008 mg/l)	0,25 Bq/l (0,010 mg/l)
AP-11: Club Empleados de Comercio - SEC	0,625 Bq/l (0,025 mg/l)	0,9 Bq/l (0,036 mg/l)	0,85 Bq/l (0,034 mg/l)
AP-14: Caballeriza	< 0,09 Bq/l (< 0,0035 mg/l)	< 0,175 Bq/l (< 0,007 mg/l)	< 0,175 Bq/l (< 0,007 mg/l)
AP-15: Rancho Taxco	—	0,8 Bq/l (0,032 mg/l)	0,65 Bq/l (0,026 mg/l)

Nota 1: AP-12 (Estancia-tambo) y AP-13 (Tambo) el propietario no permitió el acceso a esos lugares.

Nota 2: se utilizó la actividad específica del uranio natural, que es de 25 Bq/mg.

<b>Concentración de uranio natural en aguas del Arroyo Aguirre (puntos 1 y 6) y Río Matanza (puntos 7 y 8)</b>				
<b>período</b>	<b>4º trimestre 04</b>	<b>1º trimestre 05</b>	<b>2º trimestre 05</b>	<b>3º trimestre 05</b>
1	0,16 Bq/l (0,0063 mg/l)	0,41 Bq/l (0,0163 mg/l)	0,18 Bq/l (0,0071 mg/l)	0,2 Bq/l (0,0078 mg/l)
6	0,47 Bq/l (0,0187 mg/l)	0,17 Bq/l (0,0067 mg/l)	0,225 Bq/l (0,009 mg/l)	0,425 Bq/l (0,017 mg/l)
7	—	—	0,925 Bq/l (0,037 mg/l)	1,01 Bq/l (0,0405 mg/l)
8	—	—	0,183 Bq/l (0,0073 mg/l)	0,5 Bq/l (0,02 mg/l)

Nota: Se utilizó la actividad específica del uranio natural, que es de 25 Bq/mg.

<b>Concentración de actividad en aguas del Arroyo Aguirre (puntos 1 y 6) y Río Matanza (puntos 7 y 8) - (Bq/l)</b>							
<b>período</b>	<b>4º trimestre 04</b>			<b>1º trimestre 05</b>			
	<b>puntos</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>
	1	<4	—	—	<4	—	—
	6	<4	—	—	<4	—	—
	7	—	<0,7	<0,6	—	<0,4	<0,2
	8	—	0,7	0,8	—	<0,7	<0,6
<b>período</b>	<b>2º trimestre 05</b>			<b>3º trimestre 05</b>			
	<b>puntos</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>	<b>tritio</b>	<b>cesio 137</b>	<b>cobalto 60</b>
	1	<4	<0,5	<0,6	<4	<0,7	<0,7
	6	<4	<0,3	<0,3	<4	<0,5	<0,6
	7	<4	<0,9	<0,9	<4	<0,5	<0,3
	8	<4	<0,9	<0,5	<4	<0,5	<0,2

Concentración de actividad en vegetales de la zona aledaña al CAE (Bq/kg)						
período	4º trimestre 04			1º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	<0,008	<0,006	<0,01	<0,005	<0,006	<0,04
Verduras de raíz	<0,01	<0,02	<0,01	<0,009	<0,01	<0,04
Otras verduras	—	—	—	<0,008	<0,008	<0,04
período	2º trimestre 05			3º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	<0,006	<0,005	<0,02	<0,009	<0,02	0,023
Verduras de raíz	<0,01	<0,02	<0,04	<0,01	<0,03	0,028
Otras verduras	<0,009	<0,02	<0,03	<0,01	<0,01	0,023

Nota: Verduras de hoja: acelga, lechuga, hinojo, brócoli y repollo.  
Verduras de raíz: remolacha, cebolla de verdeo y puerro.  
Otras verduras: berenjena, perejil, zapallito, calabaza.

Concentración de actividad de leche de la zona aledaña al CAE (Bq/l)				
período	yodo 131	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
1º trimestre 05	<0,14	<0,008	<0,008	<0,023
2º trimestre 05	<0,15	<0,014	<0,014	<0,021
3º trimestre 05	<0,20	<0,005	<0,005	<0,05

Nota: No se obtuvieron muestras de leche en el cuarto trimestre del año 2004.

Concentración de actividad en sedimentos del Arroyo Aguirre (puntos 1 y 6) y Río Matanza (puntos 7 y 8) (Bq/kg)								
período	4º trimestre 04		1º trimestre 05		2º trimestre 05		3º trimestre 05	
puntos	cesio 137	cobalto 60						
1	<1,3	<0,9	<0,9	<0,7	<1,3	<1,0	<0,6	<0,4
6	94,2	7,4	59,5	7,1	69,5	8,2	72	9,7
7	<1,3	<0,9	2	<1,4	<1,1	<0,9	<0,6	<1,0
8	3,3	<2,2	3,2	<1,1	6,8	<1,8	3,9	<0,8

Concentración de actividad en aguas del Arroyo Aguirre (puntos 1 y 6) y Río Matanza (puntos 7 y 8) - (Bq/l)						
período	4º trimestre 04			1º trimestre 05		
puntos	tritio	cesio 137	cobalto 60	tritio	cesio 137	cobalto 60
1	<4	—	—	<4	—	—
6	<4	—	—	<4	—	—
7	—	<0,7	<0,6	—	<0,4	<0,2
8	—	0,7	0,8	—	<0,7	<0,6
período	2º trimestre 05			3º trimestre 05		
puntos	tritio	cesio 137	cobalto 60	tritio	cesio 137	cobalto 60
1	<4	<0,5	<0,6	<4	<0,7	<0,7
6	<4	<0,3	<0,3	<4	<0,5	<0,6
7	<4	<0,9	<0,9	<4	<0,5	<0,3
8	<4	<0,9	<0,5	<4	<0,5	<0,2

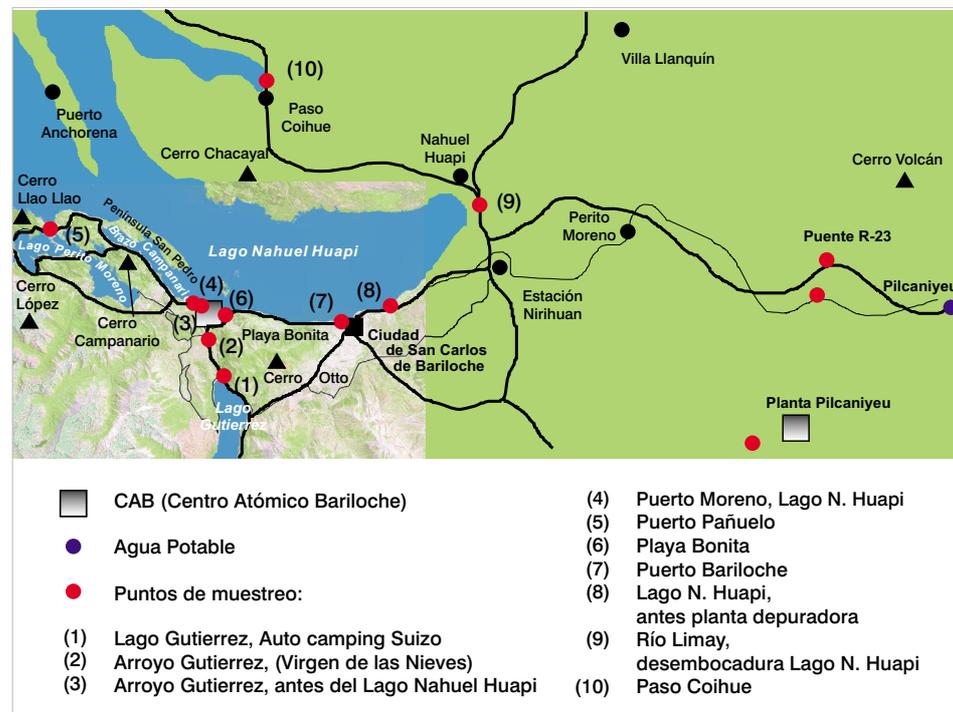
Del análisis de los resultados de las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras ambientales correspondientes al monitoreo ambiental en los alrededores del CAE, se verifica que los valores son perfectamente compatibles con los estimados por los modelos ambientales aplicados por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

La ARN ha verificado que los resultados cumplen los límites y restricciones de dosis para las personas del público establecidos en la normativa (coincidentes con las recomendaciones efectuadas por la ICRP y el OIEA. Además de cumplirse con la normativa nacional, las dosis evaluadas por la ARN, permiten afirmar que no se supera el nivel de dosis de referencia para las personas, recomendado por la OMS para la ingesta de agua potable.

### Centro Atómico Bariloche

El Centro Atómico Bariloche (CAB) de la CNEA, se halla ubicado en la ciudad homónima en la Provincia de Río Negro, junto al Lago Nahuel Huapi. Las principales instalaciones que componen este centro son: el Reactor de Investigación RA 6, el Acelerador lineal de partículas LINAC y diferentes instalaciones de investigación y desarrollo. En la **Figura 14** se muestra la ubicación de los puntos en los que se realiza el muestreo ambiental de este centro atómico.

**Figura 14.**  
Alrededores del  
Centro Atómico  
Bariloche  
(Provincia de  
Río Negro)



El muestreo ambiental asociado al CAB se lleva a cabo trimestralmente sobre muestras de aguas y sedimentos de distintos puntos del Arroyo Gutiérrez y del Lago Nahuel Huapi, tomándose 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.

También se analiza el agua potable de la ciudad de San Carlos de Bariloche. En la figura 14 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 9 muestras de sedimento. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 110 determinaciones y análisis radioquímicos.

tipo de muestra	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	tritio	
Agua potable de la Ciudad de San Carlos de Bariloche	< 0,22 Bq/l	< 0,18 Bq/l	< 0,018 Bq/l	< 3,7 Bq/l	
Valor promedio de aguas de la zona	De lago	< 0,21 Bq/l	< 0,16 Bq/l	< 0,018 Bq/l	< 3,7 Bq/l
	De río/arroyos	< 0,23 Bq/l	< 0,16 Bq/l	< 0,018 Bq/l	< 3,7 Bq/l
Valor promedio en sedimentos de la zona	4,1 Bq/kg	< 1,24 Bq/kg	—	—	

## Complejos minero fabriles de uranio

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

Estos monitorajes se realizan, fundamentalmente, para evaluar el impacto radiológico ambiental debido a las diferentes instalaciones y poder comparar los niveles hallados con los valores obtenidos, tanto en los estudios preoperacionales como en muestras tomadas en lugares sin influencia de la instalación.

A tal fin, se realizan en los alrededores de los Complejos minero fabriles de uranio, muestreos de aguas superficiales y sedimentos de acuíferos que potencialmente podrían estar influenciados por la operación de las instalaciones. 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 actividad 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.

### Complejo minero fabril San Rafael

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 para la obtención de concentrado de uranio.

Figura 15. Alrededores del Complejo minero fabril San Rafael (Provincia de Mendoza)



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 abajo de la instalación. En la **Figura 15** se presentan los cursos de agua y la ubicación de los puntos de muestreo.

Se recolectaron 16 muestras de agua potable de las localidades de Villa 25 de Mayo, San Rafael y Monte Comán y 11 muestras de sedimentos. Se realizaron, sobre estas muestras recolectadas, un total de 54 determinaciones y análisis radioquímicos. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

tipo de muestra	valor	tipo de muestra	valor
Uranio natural en agua potable de Villa 25 de Mayo	0,02Bq/l (0,0008mg/l)	Radio 226 en agua potable de Villa 25 de Mayo	< 1,6 mBq/l
Uranio natural en agua potable de San Rafael	0,025 Bq/l (0,001mg/l)	Radio 226 en agua potable de San Rafael	< 1,5 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Monte Comán	0,0575 Bq/l (0,0023 mg/l)	Radio 226 en agua potable de Monte Comán	2,2 mBq/l
Uranio natural en aguas	0,143 Bq/l (0,0057 mg/l)	Radio 226 en aguas	1,6 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,07 Bq/g (0,0028 mg/g)	Radio 226 en sedimentos	46 mBq/g

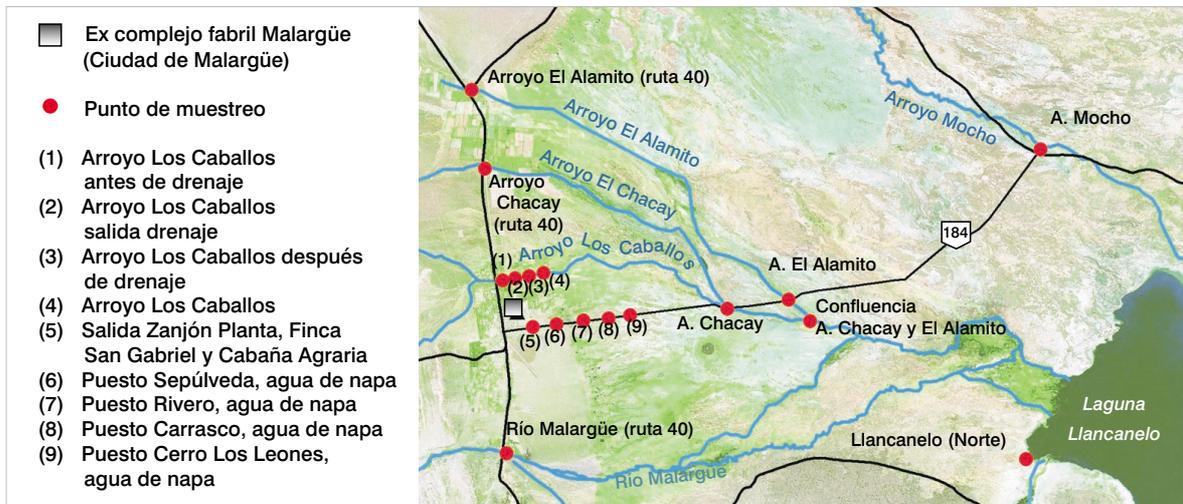
Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 25 Bq/mg.

### Ex Complejo fabril Malargüe

El ex Complejo fabril Malargüe se encuentra ubicado en el sur de la Provincia de Mendoza, aproximadamente a 1km del centro de la Ciudad de Malargüe. Comenzó su operación en 1954 finalizando la misma en 1986. Procesó, en un principio, mineral de uranio procedente de los yacimientos “Huemul” y “Agua Botada”, ubicados a 40 km al sur de la localidad de Malargüe, y posteriormente mineral procedente de San Rafael.

El muestreo ambiental se lleva a cabo fundamentalmente en aguas de napa freática, que se encuentra muy alta y aflora en varios puntos en los alrededores de la instalación. Las muestras son recolectadas en distintos puntos aguas abajo en el sentido de escurrimiento de la napa hasta su afloramiento definitivo en la laguna Llanquanelo. 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 laguna (ver **Figura 16**). También, se determina la tasa de emanación de radón en las escombreras de mineral de uranio.

**Figura 16. Alrededores del ex Complejo fabril Malargüe (Provincia de Mendoza)**



Se recolectaron 29 muestras de aguas y 13 de sedimentos, realizándose sobre las mismas un total de 86 análisis. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos.

tipo de muestra	valor	tipo de muestra	valor
Uranio natural en agua potable (Ciudad de Malargüe)	0,02 Bq/l (0,0008 mg/l)	Radio 226 en agua potable (Ciudad de Malargüe)	<1,5 mBq/l
Uranio natural aguas	1,1 Bq/l (0,044 mg/l)	Radio 226 en aguas	4,5 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,15 Bq/g (0,0058 mg/g)	Radio 226 en sedimentos Tasa de emanación de radón	46,5 mBq/g 9,7 Bq/m <sup>2</sup> .s

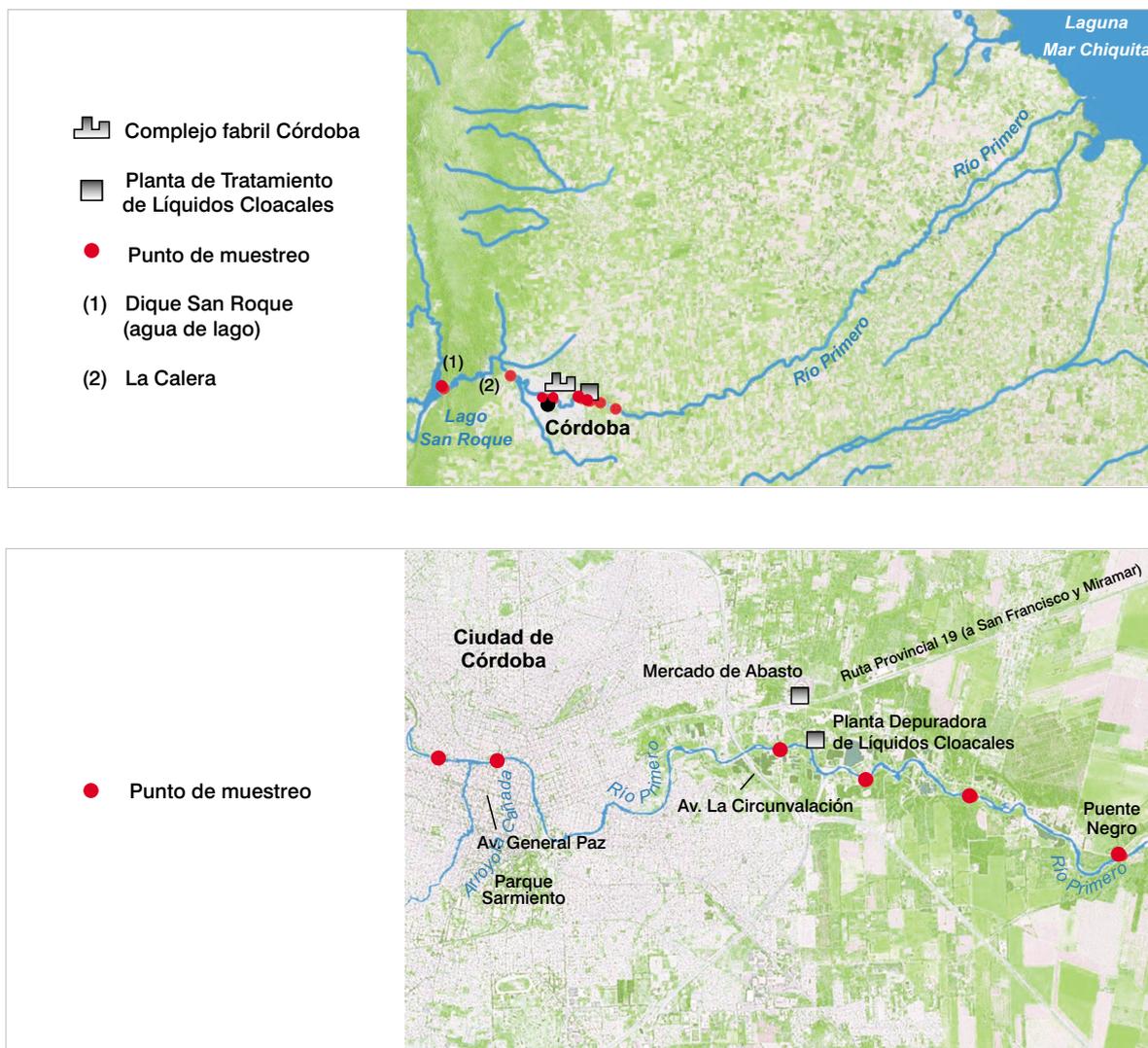
Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 25 Bq/mg.

### Complejo fabril Córdoba

El Complejo fabril Córdoba actualmente operado por Dioxitek está ubicado en la Ciudad de Córdoba, en la zona conocida como Alta Córdoba, y fue creado 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 minero fabriles. El producto obtenido (polvo de  $UO_2$  de pureza nuclear) es enviado a la planta de CONUAR para la elaboración de elementos combustibles de las centrales nucleares.

El muestreo para evaluar el impacto ambiental del complejo 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 17**.

**Figura 17. Alrededores del Complejo fabril Córdoba (Provincia de Córdoba)**



Se tomaron 12 muestras de aguas y 5 muestras de sedimentos realizándose sobre las muestras un total de 34 determinaciones y análisis radioquímicos.

Se detallan a continuación los valores promedio obtenidos:

tipo de muestra	valor	tipo de muestra	valor
Uranio natural en agua potable	0,06 Bq/l (0,0024 mg/l)	Radio 226 en agua potable	5,2 mBq/l
Uranio natural en aguas	0,6 Bq/l (0,024 mg/l)	Radio 226 en aguas	3,1 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,125 Bq/g (0,005 mg/g)	Radio 226 en sedimentos	28 mBq/g
		Tasa de emanación de radón	2,7 Bq/m <sup>2</sup> .s

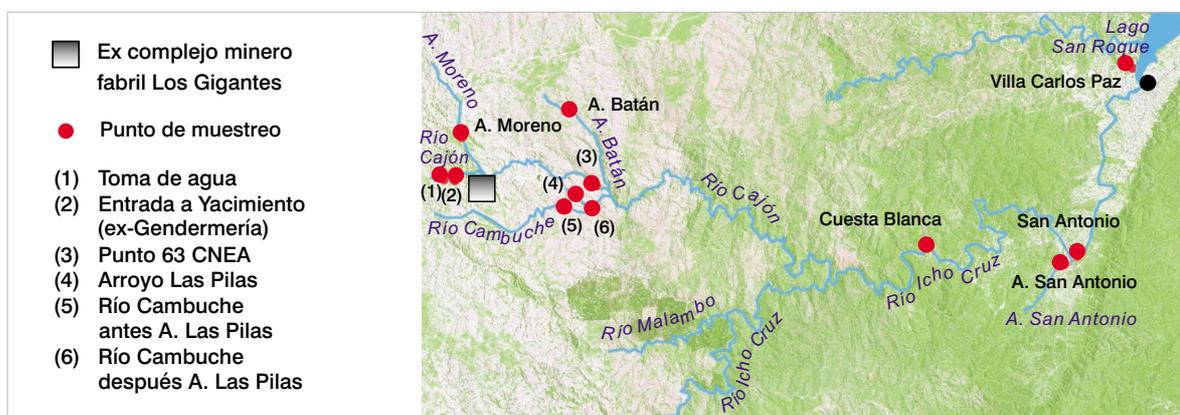
Nota: El agua potable corresponde a Ciudad de Córdoba.

Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 25 Bq/mg.

### Ex Complejo minero fabril Los Gigantes

El 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.

Figura 18. Alrededores del ex Complejo minero fabril Los Gigantes (Provincia de Córdoba)



El muestreo ambiental asociado a la instalación se basa, fundamentalmente, en la recolección de muestras de aguas superficiales y sedimentos en el curso de los ríos Cajón y Cambuche. Complementariamente, se muestrean los cursos de agua asociados a estos ríos, arroyos Vatán y Moreno y los ríos Icho Cruz y San Antonio.

En la **Figura 18** se muestran los alrededores del ex Complejo minero fabril Los Gigantes, indicándose los puntos de muestreo.

Se recolectaron 12 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 7 muestras de sedimentos, realizándose un total de 38 análisis. Se presentan a continuación los valores promedio obtenidos en las distintas muestras y la tasa de emanación de radón en escombreras.

tipo de muestra	valor	tipo de muestra	valor
Uranio natural en agua potable (Villa Carlos Paz)	0,05 Bq/l (0,002 mg/l)	Radio 226 en agua potable (Villa Carlos Paz)	<2,7 mBq/l
Uranio natural en aguas	0,1 Bq/l (0,004 mg/l)	Radio 226 en aguas	9,5 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,2 Bq/g (0,0081 mg/g)	Radio 226 en sedimentos	82,1 mBq/g
-----	-----	Tasa de emanación de radón	0,8 Bq/m <sup>2</sup> .s

Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 25 Bq/mg.

### Ex Complejo minero fabril La Estela

El ex Complejo minero fabril La Estela, ubicado en el Departamento Chacabuco, Provincia de San Luis, operó desde 1982 hasta 1991. Está emplazado sobre el lado 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 3 km en línea recta del sector de mina. El yacimiento La Estela está ubicado, como se indica en la **Figura 19**, 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.

Figura 19. Alrededores del ex Complejo minero fabril La Estela (Provincia de San Luis)



Se tomaron 13 muestras de agua y 3 de sedimentos, determinándose en ambos tipos de muestra la concentración de uranio natural y radio 226, realizándose en total 32 ensayos. Se detallan a continuación los valores promedio obtenidos.

tipo de muestra	valor	tipo de muestra	valor
Uranio natural en aguas	1,08 Bq/l (0,043 mg/l)	Radio 226 en aguas	7,5 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,08 Bq/g (0,0032 mg/g)	Radio 226 en sedimentos	32,1 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Merlo	0,0425 Bq/l (0,0017 mg/l)	Radio 226 en agua potable de Merlo	< 2,5 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Villa Larca	0,6 Bq/l (0,024mg/l)	Radio 226 en agua potable de Villa Larca	4,2 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Concarán	1,15 Bq/l (0,046mg/l)	Radio 226 en agua potable de Concarán	< 2,7 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Santa Rosa del Conlara	0,275 Bq/l (0,011mg/l)	Radio 226 en agua potable de Santa Rosa del Conlara	< 2,8 mBq/l

Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 25 Bq/mg.

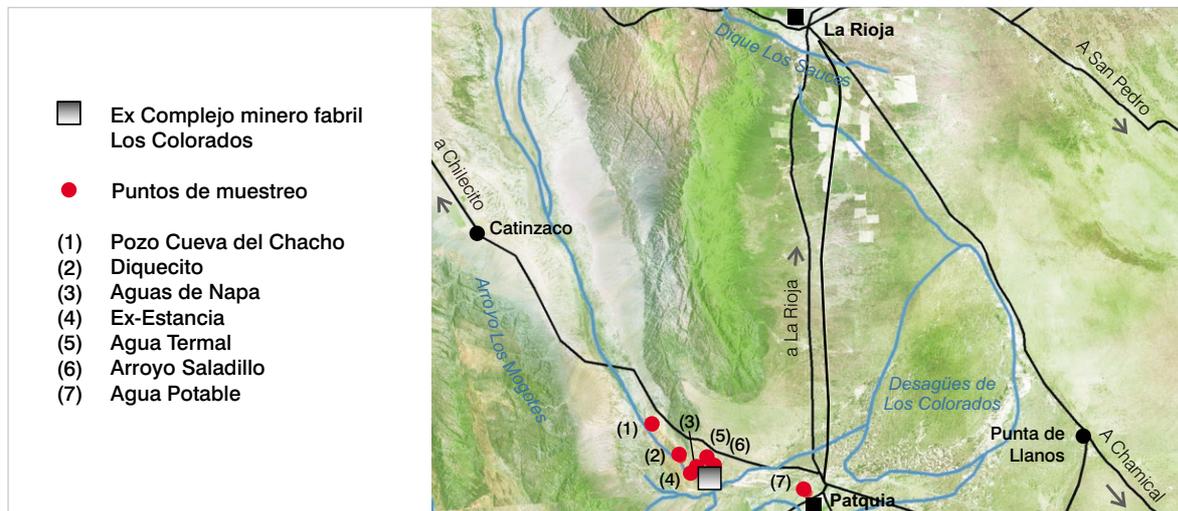
### Ex Complejo minero fabril Los Colorados

El ex Complejo minero fabril Los Colorados cuya actividad se desarrolló entre 1993 y 1996 está ubicado, como se indica en la **Figura 20**, en el Departamento Independencia, 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 corresponden 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 li-

mitado. Se tomaron muestras de los arroyos Los Mogotes y Saladillo, y de agua termal de la zona.

Figura 20. Alrededores del ex Complejo minero fabril Los Colorados (Provincia de La Rioja)



Durante el año 2005, se tomaron 9 muestras de aguas superficiales, una muestra de agua potable de la ciudad de Patquía y 4 muestras de sedimento, realizándose 28 determinaciones sobre las mismas. Se detallan a continuación los valores promedios obtenidos:

tipo de muestra	valor	tipo de muestra	valor
Uranio natural en agua potable de Patquía	1,1 Bq/l (0,044 mg/l)	Radio 226 en agua potable de Patquía	< 2,4 mBq/l
Uranio natural en aguas	0,163 Bq/l (0,0065 mg/l)	Radio 226 en aguas	33,1 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,05 Bq/g (0,002 mg/g)	Radio 226 en sedimentos	53,5 mBq/g

Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 25 Bq/mg.

### Ex Complejo minero fabril Tonco

El ex Complejo minero fabril Tonco comenzó su actividad en abril de 1964, finalizando la misma en 1981. Está ubicado en el Departamento San Carlos, Provincia de Salta, a unos 150 km al sudoeste de la ciudad capital, como se indica en la **Figura 21**. La instalación 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 se basa, fundamentalmente, en la recolección de muestras de aguas superficiales y sedimentos. Debido a las características cli-

matológicas de la zona los cursos de agua en gran parte del año se encuentran secos, hecho por el cual el muestreo se ve limitado.

Figura 21. Alrededores del ex Complejo minero fabril Tonco (Provincia de Salta)



Durante el año 2005, 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	tipo de muestra	valor
Uranio natural en aguas	0,375 Bq/l (0,015 mg/l)	Radio 226 en aguas	2,9 mBq/l
Uranio natural en sedimentos	0,06 Bq/g (0,0024 mg/g)	Radio 226 en sedimentos	53,3 mBq/g
Uranio natural en agua potable de Ciudad de Salta	0,015 Bq/l (0,0006 mg/l)	Radio 226 en agua potable de Ciudad de Salta	< 2,6 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Cafayate	0,05 Bq/l (0,002mg/l)	Radio 226 en agua potable de Cafayate	< 2,4 mBq/l
Uranio natural en agua potable de Cachi	0,35 Bq/l (0,014mg/l)	Radio 226 en agua potable de Cachi	7 mBq/l

Para el cálculo de actividad del uranio natural se aplicó su actividad específica que es de 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. Los valores medidos son significativamente menores que los valores de referencia aceptados por la ARN para uranio natural y para radio 226.

## Monitoraje ambiental en zonas alejadas de las instalaciones nucleares

### Fuentes naturales: medición de radón en viviendas

La fuente de radiación de origen natural que más contribuye a la dosis efectiva es el gas radón. El UNSCEAR ha estimado que el radón y los radionucleidos resultantes de su desintegración contribuyen, aproximadamente, a la mitad de la dosis efectiva recibida por el hombre debida a 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 1983-2005, y la concentración de radón promedio determinada en cada caso:

Mediciones de la concentración de radón en el interior de viviendas			
Ciudad o Provincia	Promedio (Bq/m <sup>3</sup> )	Número de viviendas	Sistema de medición utilizado **
Malargüe	51,7	366	1,2,3,4
Mendoza	49,6	139	1,2
Gral. Alvear	44,6	119	1,4
San Rafael	33,3	493	1,4
Corrientes	48,0	109	1
Buenos Aires	28,9	402	1,2,3
Resistencia	49,0	35	1
Rosario	31,0	61	1
San Luis	30,7	204	1
Provincia de Chubut *	56,7	272	1,3,4
Santiago del Estero	28,0	62	1
Bariloche	30,7	68	1,4
Cosquín	48,2	70	1
Córdoba	41,7	231	1,4
	<b>40,5</b>	<b>2631</b>	

\* Ciudades de Trelew, Comodoro Rivadavia, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gastre, Esquel, Gaiman y Dolavon

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

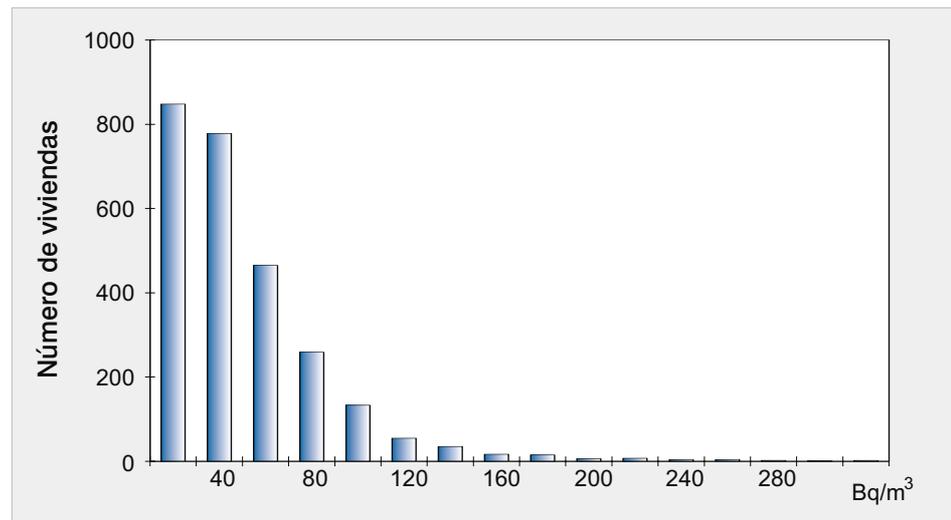
El valor medio de la concentración de radón, considerando las 2631 viviendas monitoreadas, desde 1983 hasta el año 2005 en todo el país, resultó ser de 40,5 Bq/m<sup>3</sup>.

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 en la **Figura 22** que los valores promedios de las distintas ciudades y/o provincias argentinas no superan los  $60 \text{ Bq/m}^3$ , encontrándose solamente muy pocos valores individuales por encima de  $200 \text{ Bq/m}^3$  y ninguno supera  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

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.

**Figura 22.**  
Distribución de la concentración de radón en viviendas por rango de actividad



#### 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 N° 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 2004 y hasta el tercer trimestre de 2005, se recolectaron 154 muestras y se efectuaron sobre las mismas 145 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 vegetales adquiridos en el Mercado Central de Buenos Aires (Bq/kg)						
período	4º trimestre 04			1º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	<0,005	<0,005	0,02	<0,01	<0,007	0,03
Verduras de raíz	<0,02	<0,02	<0,01	<0,007	<0,004	<0,01
Frutas	<0,01	<0,01	0,05	<0,008	<0,005	0,1
Otras verduras	<0,009	<0,006	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01
período	2º trimestre 05			3º trimestre 05		
especie	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Verduras de hoja	<0,01	<0,02	<0,02	<0,008	<0,008	0,015
Verduras de raíz	<0,007	<0,015	<0,01	<0,008	<0,02	0,07
Frutas	<0,02	<0,02	0,06	0,018	<0,007	0,1
Otras verduras	<0,005	<0,006	0,016	<0,007	<0,01	<0,01

Nota: Verduras de hoja: acelga, brócoli, repollo, coliflor, hinojo, lechuga y espinaca.  
 Verduras de raíz: zanahoria, remolacha, cebolla, cebolla de verdeo, papa y apio.  
 Frutas: manzana, mandarina, pomelo, naranja, banana, ananá, ciruela y pelón.  
 Otras verduras: chaucha, calabaza, berenjena, achicoria, tomate, zapallito y morrón.

Concentración de actividad en leche (Bq/l)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,01	<0,01	<0,02
1º trimestre 05	<0,005	<0,005	0,03
2º trimestre 05	<0,005	<0,005	<0,01
3º trimestre 05	<0,004	<0,004	<0,02

Concentración de actividad en muestras de dieta (Bq/kg)			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,02	<0,02	<0,04
1º trimestre 05	<0,015	<0,02	<0,05
2º trimestre 05	<0,02	<0,02	0,035
3º trimestre 05	<0,01	<0,01	<0,03

Concentración de actividad en muestras de aerosoles en aire (micro Bq/m <sup>3</sup> )			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,3	<0,3	<0,2
1º trimestre 05	<1,1	<1,3	0,5
2º trimestre 05	<0,5	<0,25	<0,2
3º trimestre 05	<0,5	<0,3	<0,2

Depósito de actividad en muestras de agua de lluvia (Bq/m <sup>2</sup> )			
período	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
4º trimestre 04	<0,08	<0,05	<0,2
1º trimestre 05	<0,05	<0,04	<0,3
2º trimestre 05	<0,08	<0,07	<0,2
3º trimestre 05	<0,07	<0,05	<0,15