

Parte IV

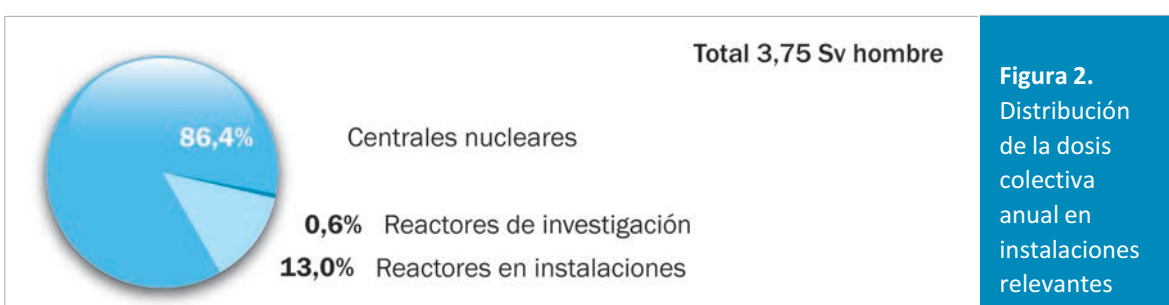
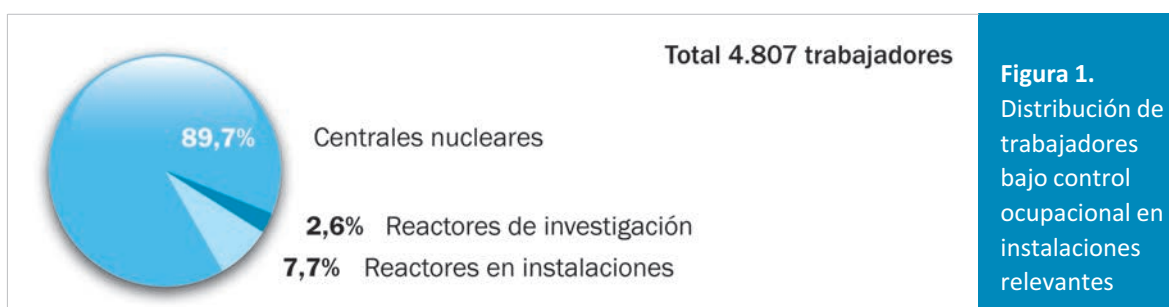
VIGILANCIA RADIOLÓGICA OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

Vigilancia radiológica ocupacional

Dosis ocupacionales

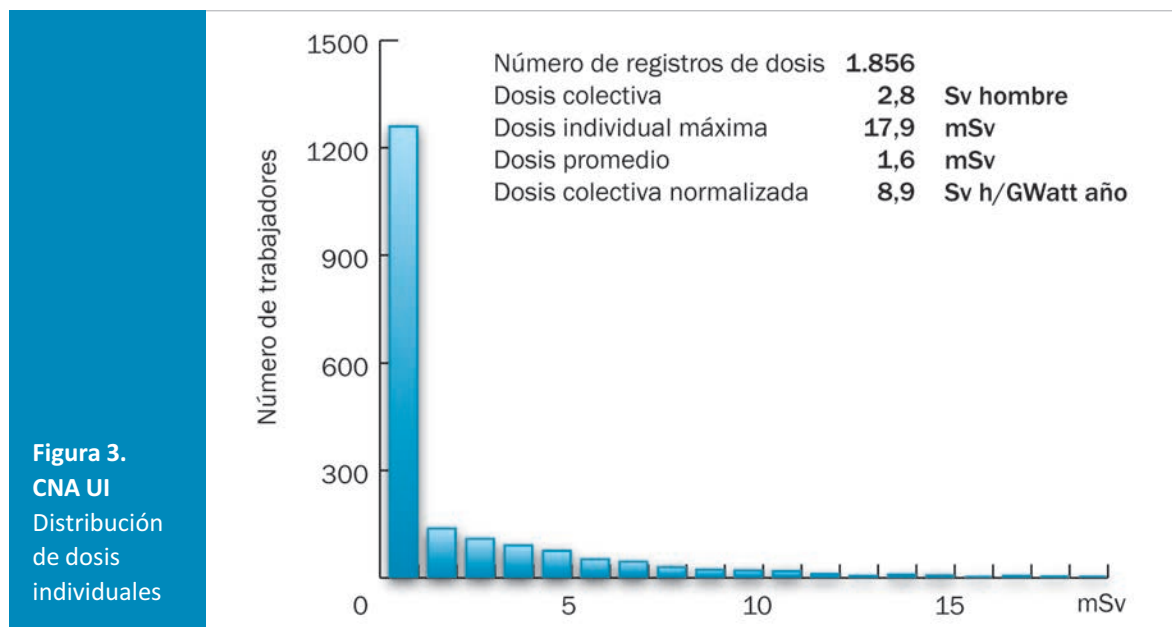
En esta sección se muestran los resultados de la evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores de instalaciones relevantes y, en particular, de las centrales nucleares Presidente Juan Domingo Perón ex Atucha I (CNA UI), Presidente Dr. Néstor Carlos Kirchner ex Atucha II (CNA UII) y Embalse (CNE), durante el año 2014. En el caso de la CNA UII, se debe tener en cuenta que la central obtuvo su Licencia de Puesta en Marcha a mediados de 2014. Se presenta el análisis de las distribuciones de dosis registradas por el personal interviniente en las centrales nucleares así como las dosis colectivas de cada instalación.

Las **Figuras 1 y 2** muestran la contribución de las centrales nucleares al número total de trabajadores de instalaciones relevantes y a la dosis colectiva anual total. Estas contribuciones alcanzan el 89,7 % y el 86,4 %, respectivamente.



Las dosis, informadas por las instalaciones, corresponden a mediciones individuales de exposición a la radiación externa realizadas con dosímetros termoluminiscentes y dosímetros electrónicos; y estimaciones de dosis debidas a contaminación interna, a partir del análisis de muestras de orina y mediciones realizadas en contador de cuerpo entero. Por protocolo, en las centrales nucleares, cada persona (trabajador de la planta o trabajador externo) que ingresa a “zona controlada” dispone de los dosímetros correspondientes y genera un registro de dosis. En las centrales nucleares las dosis menores al límite de detección, 0,001 mSv, son consideradas cero.

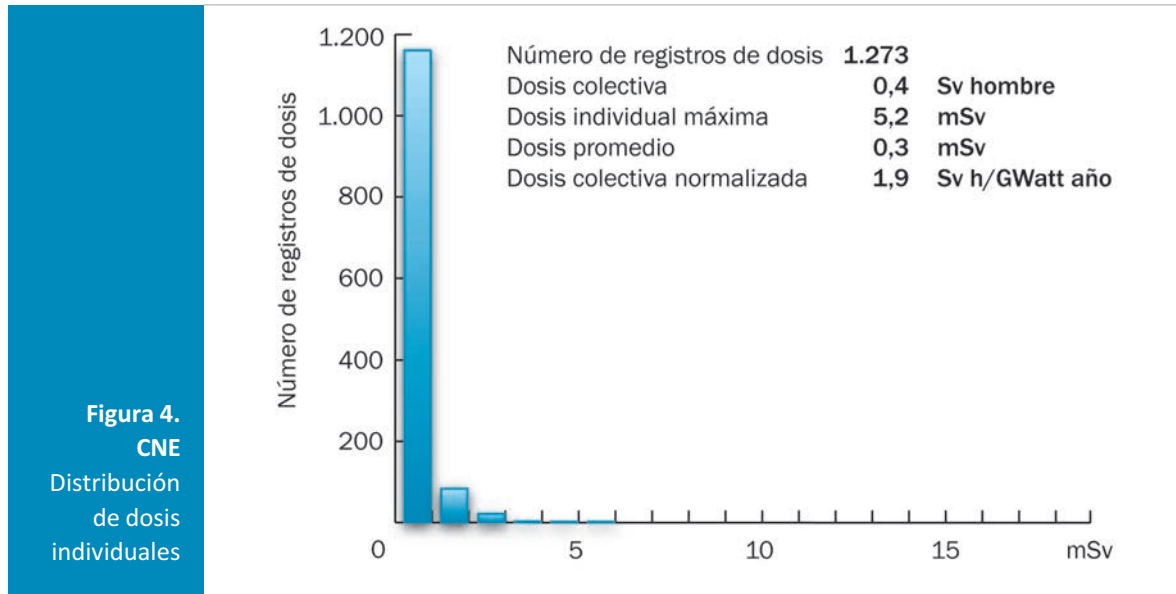
La **Figura 3** presenta la distribución de los registros de dosis individuales correspondientes a la CNA UI durante el año 2014. En la misma puede observarse que todos los registros se encuentran por debajo de los 18 mSv, y el 68% de ellos se halla por debajo de 1 mSv.



Durante el año 2014, la CNA UI efectuó una parada programada para mantenimiento preventivo y correctivo de 5 semanas de duración. En el desarrollo de las tareas de la parada se recibió el 50 % de la dosis colectiva anual total. La mayoría de la dosis se debió a las tareas desarrolladas en la intervención en los generadores de vapor, la realización de ensayos no destructivos en cañerías y componentes así como a tareas de mantenimiento mecánico.

En la **Figura 4** se presenta la distribución de los registros de dosis individuales correspondientes a la CNE en el 2014. De la misma, surge que ningún registro es superior a 6 mSv y el 91% de ellos es menor que 1 mSv.

La CNE, en el 2014, no efectuó parada programada para mantenimiento por lo cual sus dosis anuales resultaron inferiores respecto al año anterior. Además, la central, que próximamente comenzará su parada para extensión de su vida útil, no operó el año completo, solo lo hizo a requerimiento de la empresa distribuidora de energía.



Cabe destacar que si bien CNA UII comenzó su etapa de puesta en marcha a mediados del 2014 y desde junio a diciembre fue aumentando su potencia en forma paulatina, las dosis individuales del total de los 2318 registros de dosis informados se encuentran por debajo de 1 mSv.

Con respecto a las dosis individuales acumuladas en el quinquenio 2010-2014, contabilizando las dosis recibidas en todas las instalaciones, todos los trabajadores recibieron menos de 20 mSv promedio anual.

En la tabla siguiente se presentan los parámetros correspondientes a las dosis colectivas y a las dosis colectivas normalizadas.

	Dosis colectiva Sv hombre	Dosis colectiva normalizada Sv hombre/GWa	Dosis colectiva debida a tritio %	Energía bruta generada GWa
CNA UI	2,84	8,97	20	0,320
CNE	0,37	1,92	22	0,193

Los parámetros correspondientes a las distribuciones de los registros de dosis individuales para las centrales en operación, CNA UI y CNE, se presentan en el siguiente cuadro:

	Dosis promedio mSv	Dosis individual máxima mSv	Número de registros de dosis
CNA UI	1,6	17,9	1856
CNE	0,3	5,2	1273

En el caso de la CNA UII, se han contabilizado 2.318 registros de dosis con un valor promedio de 0,01 mSv.

Descargas de material radiactivo al ambiente

En esta sección se presentan los valores correspondientes a la descarga controlada de efluentes radiactivos al ambiente durante la operación de las centrales nucleares en el año 2014.

Las Figuras 5 y 6 muestran la composición de las descargas de efluentes radiactivos gaseosos y líquidos al ambiente para la CNA UI y CNE, respectivamente. En las mismas se observa la importante contribución del tritio a las descargas totales, en concordancia con las características de estas centrales nucleares, la cual representó el 96,7% para la CNA UI y 98,8 % para la CNE.

Figura 5.
CNA UI
Composición
de las
descargas
al ambiente

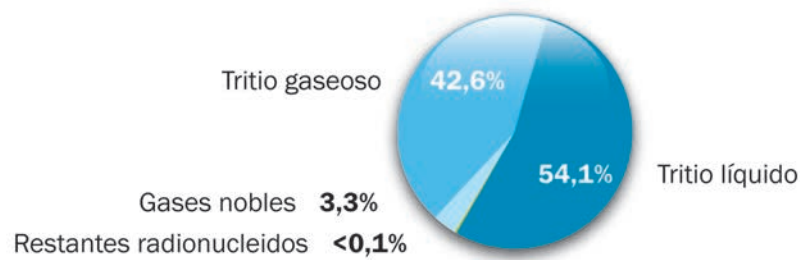
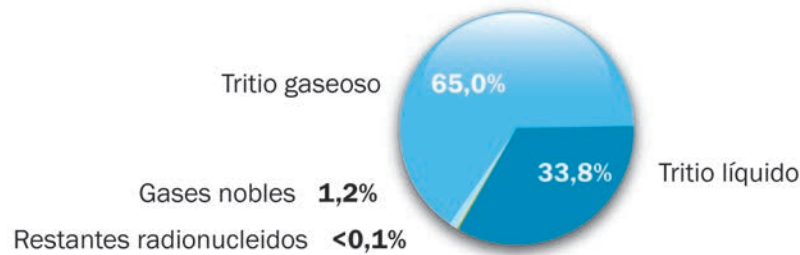


Figura 6. CNE
Composición
de las
descargas
al ambiente



En junio y noviembre personal de la Gerencia de Apoyo Científico Técnico realizó las campañas anuales de verificación del control de las descargas de efluentes radiactivos al ambiente en CNE y CNA UI.

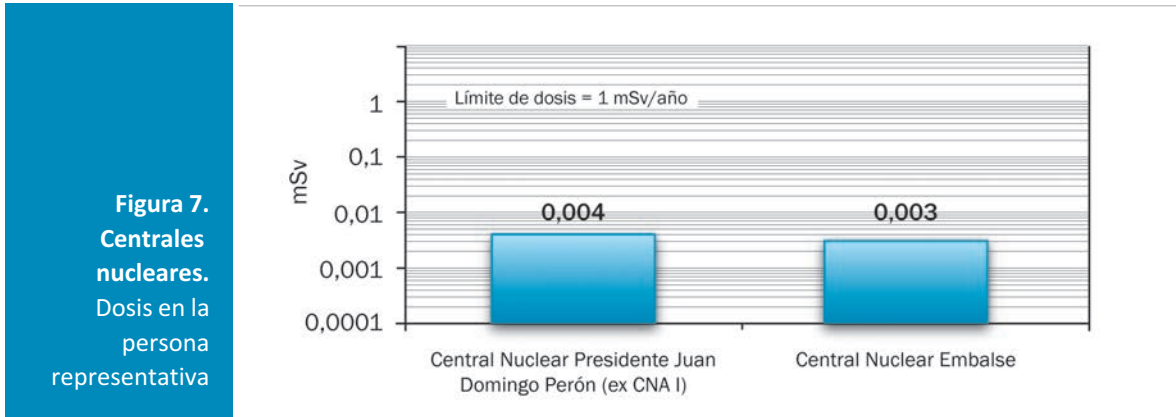
Control de
descargas al
ambiente en
una central
nuclear



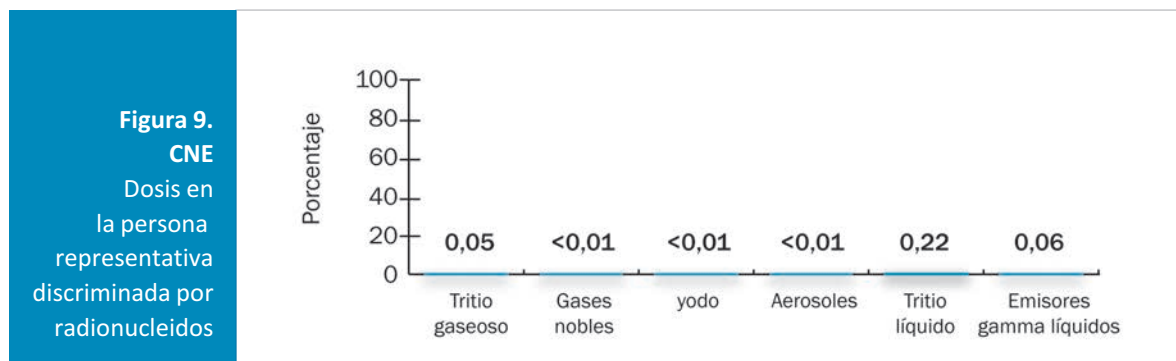
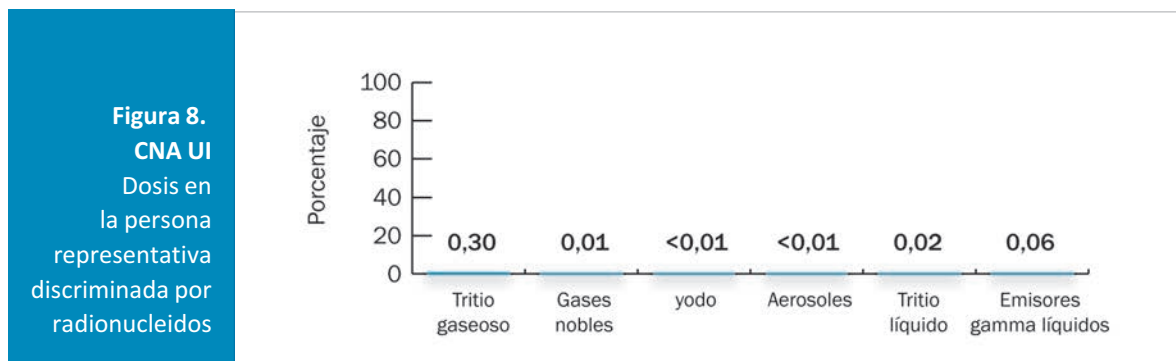
Dosis en la población

Dosis en la persona representativa

Las dosis en la persona representativa se determinan a partir de las descargas al ambiente, informadas por los operadores, y la aplicación de modelos de transferencia ambiental recomendados a nivel internacional.



La **Figura 7** muestra la dosis en la persona representativa debido a las descargas al ambiente, efectuadas en el 2014, correspondiente a CNA UI y CNE, mientras que las **Figuras 8 y 9** muestran las dosis, en las correspondientes personas representativas, debido a las descargas al ambiente efectuadas durante el mismo período por las centrales nucleares en operación, comparadas con el límite anual de dosis para el público (1mSv/año). De ellas se desprende que las dosis están muy por debajo del límite anual de dosis para el público, representando a lo sumo el 0,4 % de dicho límite.



Las dosis estimadas para la CNA UII, durante su etapa de puesta en marcha, arrojaron valores inferiores al 0,1 % del límite de dosis anual.

Vigilancia radiológica ambiental

En el capítulo II, artículo 16, inciso m) de la Ley N° 24.804 se establece como función de la ARN “Evaluar el impacto ambiental de toda actividad que licencie, entendiéndose por tal aquellas actividades de monitoreo, estudio y seguimiento de la licencia, evolución o posibilidad de daño ambiental que pueda provenir de la actividad nuclear licenciada”. Cabe señalar que la intervención de la ARN en lo que a ambiente humano se refiere, se limita al impacto ambiental radiológico que puede provenir de la descarga de efluentes radiactivos.

En concordancia con el principio básico de la protección radiológica de mantener la exposición de la población tan baja como sea razonablemente posible, se establecen, para aquellas instalaciones nucleares y radiactivas cuyas actividades así lo requieran, valores autorizados de descarga de radionucleidos al medio ambiente de manera tal que no se superen los límites y restricciones de dosis establecidos para el público.

De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 24.804 y en la Norma Básica AR 10.1.1 Rev. 3, la ARN lleva adelante cada año un plan de monitoreo radiológico ambiental independiente en las inmediaciones de las distintas instalaciones nucleares y radiactivas del país. Este monitoreo radiológico ambiental consiste en la medición de la concentración de actividad de radionucleidos en diferentes matrices ambientales y en la determinación de la tasa de dosis ambiental.

A continuación se presentan los criterios generales para la selección de las matrices ambientales, puntos de muestreo, radionucleidos a analizar y frecuencia de muestreo y ensayo adoptados por ARN.

- Matrices a muestrear: se toman muestras de aquellas matrices relacionadas en forma directa con las emisiones y su distribución en el ambiente, aquellas de consumo directo por el hombre y las matrices que integren radionucleidos durante un período de tiempo.
 - Matrices asociadas a las descargas gaseosas: tasa de dosis ambiental, yodos en aire y material particulado, condensado de humedad y suelos.
 - Matrices asociadas a las descargas líquidas: aguas superficiales, aguas subterráneas y sedimentos (orilla y profundidad).

Asimismo, el plan de monitoreo radiológico ambiental incluye muestras de distintos alimentos (peces, vegetales, leche y agua potable) que, además de estar asociados a ambos tipos de descargas, son también de interés público.

Es importante destacar que las matrices suelo y sedimento son integradoras en el tiempo.

- Puntos de muestreo: se consideran muestras ambientales a aquellas tomadas fuera de los límites físicos de las instalaciones monitoreadas, asumiéndose que, de los límites de las instalaciones hacia afuera, es donde los miembros del público pueden entrar en contacto con los radionucleidos descargados. Se considera que mínimamente deben muestrearse tres puntos distintos:
 - Un punto aguas arriba o vientos arriba, que no esté influenciado por las descargas de la instalación y donde los niveles de fondo ambiental sean similares a los obtenidos en los estudios preoperacionales asociados a la instalación. Este punto se denomina Punto Blanco o de Referencia.
 - Un punto de muestreo ubicado en la zona de máxima concentración de radionucleidos esperada para cada una de los dos tipos de emisiones (gaseosas y líquidas). Este punto se denomina Punto de Máxima Concentración, y en algunos casos coincidirá con la ubicación de la persona representativa.
 - Un punto que debe coincidir con la ubicación de la persona representativa, a partir de la cual se puedan hacer cálculos de dosis con valores ambientales reales para verificar los modelos utilizados, tanto con respecto a descargas gaseosas como a descargas líquidas. Este punto se denomina punto Persona Representativa.

A los efectos del monitoreo ambiental exclusivamente, estos tres puntos se determinan con respecto a las descargas líquidas y a las descargas gaseosas por separado.

Se pueden agregar puntos de muestreo y/o matrices adicionales, asociados a las necesidades de información de la población en las inmediaciones de las instalaciones nucleares o radiactivas. Estos puntos son denominados puntos de interés público.

Por otro lado, algunos de los puntos de muestreo se encuentran ubicados dentro de predios privados o de áreas desprotegidas y sin acceso alguno a fuentes de energía, por lo que no es posible instalar el equipamiento necesario para algunos muestreos (fundamentalmente particulado en aire y condensado de humedad), y se deben elegir puntos alternativos.

- Radionucleidos a analizar: el criterio adoptado es cubrir todo el espectro de radionucleidos para los cuales se han fijado valores autorizados de descarga y que, de acuerdo a sus tiempos de vida media y porcentajes descargados, sean plausibles de ser medidos en matrices ambientales.
- Frecuencia de muestreo: se tienen en cuenta factores como la frecuencia de descargas y la actividad descargada, el tiempo de decaimiento de los radionucleidos involucrados y su relevancia, y la variabilidad espacial y temporal de las matrices analizadas. En general, las matrices integradoras en el tiempo presentan una frecuencia de muestreo mucho más baja.

La ARN ha efectuado monitoreos radiológicos ambientales alrededor de las siguientes instalaciones: centrales nucleares CNA UI (Provincia de Buenos Aires) y CNE (Provincia de Córdoba); Centro Atómico Ezeiza (Provincia de Buenos Aires), Centro Atómico Bariloche y Complejo Tecnológico Pilcaniyeu (ambos en la Provincia de Río Negro); Planta de Conversión de Dióxido de Uranio DIOXITEK (ex Complejo fabril Córdoba) y el ex Complejo minero fabril Los Gigantes (ambos en la Provincia de Córdoba); Complejo minero fabril San Rafael, ex-Complejo fabril Malargüe y ex-Mina Huemul (los tres en la Provincia de Mendoza); ex Complejos minero fabriles La Estela (Provincia de San Luis), Los Colorados (Provincia de La Rioja), Tonco (Provincia de Salta) y Pichiñán (Provincia de Chubut). Ver **Figura 10**



Figura 10.
Instalaciones bajo control ambiental

Adicionalmente, la ARN lleva adelante un programa de monitoreo ambiental de gas radón para medir la concentración de este gas en aire de las viviendas próximas a los complejos y ex complejos de la minería de uranio.

La ARN cuenta con laboratorios propios, varios de ellos acreditados según la Norma IRAM 301/2005. Las muestras correspondientes a las matrices ambientales se analizaron en los laboratorios radioquímicos, mientras que las muestras de tasa de dosis ambiental fueron analizadas en el Laboratorio de Dosimetría Física.

Con el fin de acondicionar las muestras para los ensayos, las mismas fueron pre-tratadas de acuerdo a procedimientos vigentes: las muestras de agua son filtradas (excepto las aguas de consumo), acidificadas (cuando la técnicas de ensayo lo permiten), y en caso de ser necesario, concentradas mediante evaporación para bajar el límite de detección; los sedimentos y suelos son secados en estufa y tamizados por malla de 400 μm ; los filtros de aire son compactados y las muestras de alimentos son calcinadas y las cenizas resultantes compactadas en discos.



Los ensayos de emisores gamma como cobalto 60, yodo 131 y cesio 137 se efectuaron por espectrometría gamma mediante detectores de germanio hiperpuro, en condiciones geométricas normalizadas específicas para las distintas matrices. Las concentraciones de estroncio 90 fueron determinadas 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. Las determinaciones de uranio en agua se realizaron por fluorimetría, fosforescencia cinética o por espectrometría alfa, según la matriz bajo determinación y el límite de detección requerido. Las determinaciones de tritio se realizaron por centelleo líquido al igual que las determinaciones de la actividad de emisores alfa-beta totales.



Laboratorio de Muestreo y Pretratamiento. Toma de muestra mensual de agua del Arroyo Aguirre, Centro Atómico Ezeiza

Es necesario destacar que para las determinaciones de actividad alfa y beta totales se utilizan técnicas de “screening” y la actividad obtenida se debe al aporte de los radionucleidos naturales más los radionucleidos artificiales que pudieran descargar las instalaciones bajo control regulatorio. En el caso de las determinaciones alfa y beta totales en agua, cuando se superaron los niveles de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas potables, publicados en su Guía para la Calidad del Agua Potable (*Guidelines for drinking-water quality. Fourth Edition. World Health Organization. 2011*), se analizaron los radionucleidos individuales correspondientes, principalmente a uranio total en el caso de los emisores alfa, y estroncio 90 en el caso de emisores beta.

Las tablas de resultados obtenidos se confeccionaron a partir de los siguientes criterios: los resultados se presentan para cada matriz ambiental analizada, informándose los resultados por radionucleido analizado y por punto de muestreo ubicado aguas arriba y aguas abajo de la instalación, para aquellos puntos de muestreo asociados a las descargas líquidas, y vientos arriba y vientos abajo, para aquellos puntos de muestreo relacionados con las descargas gaseosas.

Los resultados se presentan en valores promedio, máximo y mínimo; el número de muestras analizadas en el año, y el número de resultados cuyo valor fuera superior al límite de detección de la técnica utilizada para realizar el análisis. Algunas matrices se muestrean en forma anual, en cuyo caso se presenta solamente el resultado de esa única muestra.

Con relación al límite de detección (LD), en las tablas se indica el mayor límite de detección determinado para cada técnica empleada.

El promedio se calcula cuando se cuenta con al menos dos resultados, uno de los cuales debe ser superior al LD. Cuando alguno de los resultados fuera menor al LD, se utiliza el valor de dicho LD para calcular el promedio, de manera que el mismo

resulta en un valor conservativo (es decir, que sobreestima al valor real). En el caso de que el promedio así obtenido resultara menor al mayor LD (por ser pocos los valores superiores al LD y no muy alejados de él), se presenta al promedio como menor al límite de detección, con la sigla <LD. En aquellas muestras que presentaron todos los valores de concentración de actividad menores al LD, se consideró que la actividad máxima de la muestra es menor al valor del límite de detección y se utilizó la sigla “na” (no aplica) para los valores promedios y mínimos.

La evaluación de los resultados obtenidos se realiza a través de comparaciones con los valores históricos obtenidos de los muestreos realizados por esta ARN, y de comparaciones con valores establecidos en la normativa y recomendaciones nacionales e internacionales.

El límite de dosis al público establecido internacionalmente y adoptado por la República Argentina es de 1 mSv/año (IAEA 2014. *Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. Safety Standards Series, No. GSR Part 3. International Atomic Energy Agency, Viena, ISBN 978-92-0-135310-8*). Para comprender la magnitud de este valor, se puede mencionar que dicho límite representa aproximadamente la mitad de la dosis mundial promedio en el hombre como producto de las fuentes naturales de radiación que es de 2,4 mSv/año (UNSCEAR 2008. *Report: Sources and effects of ionizing radiation. Vol. I. Sources. New York, NY, United Nations, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*).

Existen valores de referencia internacionales, adoptados en el país, para algunas de las matrices ambientales, basados en límites de dosis. El caso más relevante es el de la mencionada guía de calidad de agua de la OMS, que deriva concentraciones de radionucleidos en agua para consumo humano, a partir de una dosis de 0,1 mSv/año World Health Organization, *Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th edition, WHO, Geneva (2011)*. Esta dosis contempla un margen de seguridad extra de un orden de magnitud por debajo del límite internacional. Existe también legislación nacional para ciertos casos, como por ejemplo el nivel guía para uranio en agua potable de 100 µg/l (Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley Nº 24.051 y Ley Nº 24.585 “Código de Minería”).

En aquellos casos en los que no existen valores de referencia, se puede calcular dicho valor para un nivel de dosis dado. En el presente informe, se establecen algunos valores de este tipo calculados a partir de una dosis de 0,1 mSv/año, contra los cuales se compararon resultados superiores al LD. Se debe tener en cuenta que los límites de detección de las técnicas radioquímicas utilizadas, son al menos un orden de magnitud menor que los niveles guía recomendados por la legislación nacional e internacional aplicables. Por lo tanto, la mayoría de las concentraciones detectadas no tienen mayor relevancia dosimétrica y los resultados se presentan a título informativo.

Llevar adelante un plan de monitoreo radiológico ambiental y evaluar los resultados obtenidos permite responder a inquietudes de la opinión pública. En el presente informe, las conclusiones del monitoreo se presentan para cada área monitoreada en particular.

Centrales nucleares

Central Nuclear Presidente Juan Domingo Perón ex Atucha I (CNA UI)

La CNA UI 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. Para el monitoreo radiológico ambiental rutinario en los alrededores de la CNA UI, se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados.

La siguiente tabla muestra el plan de monitoreo radiológico ambiental anual realizado por la ARN en las inmediaciones de la CNA UI. En la misma se especifican: tipo de muestra, radionucleidos a analizar, frecuencias de muestreo y ensayo, y puntos de muestreo.

Tipo de muestra	Radionucleído a analizar (*)	Frecuencia de muestreo	Frecuencia de ensayo	Puntos de muestreo
Tasa de dosis ambiental	emisores gamma	continua, con dosímetros (TLD)	semestral	3, 4, 17, 24, 26
Particulado en aire	emisores gamma	anual (muestra integrada de 1 semana)	anual	3, 4, 24
	estroncio 90			
Condensado de humedad	tritio	continua (toma de muestra semanal)	semanal	3, 4, 24
Leche de vaca de la zona	yodo 131	mensual	mensual	25
	tritio		pool trimestral	
	emisores gamma		pool semestral	
	estroncio 90			
Suelos	emisores gamma	anual	anual	4, 14, 24
	estroncio 90			
Vegetales y frutas de la zona	tritio	mensual	pool trimestral	9
	emisores gamma		pool semestral	
	estroncio 90			
Agua superficial (de río)	tritio	mensual	mensual	2, 24
		trimestral	trimestral	19
	emisores gamma	mensual	pool trimestral y concentrado	2, 24
		trimestral	trimestral y concentrado	19
	emisores alfa-beta	mensual	pool trimestral	2, 24
		trimestral	trimestral	19
Agua de consumo humano (agua subterránea)	tritio	mensual	mensual	2, 20, 21
	emisores gamma		pool trimestral	
	emisores alfa-beta			
Sedimentos (fondo y orilla)	emisores gamma	anual (de orilla) semestral (de fondo)	anual (gamma en fondo y orilla y estroncio en fondo) semestral (transuránidos en fondo)	2, 19, 24,
	estroncio 90 (de fondo)			
	Transuránidos (de fondo)			
Peces (pesca del río Paraná en zona de influencia de la central)	emisores gamma	mensual	pool semestral	12
	estroncio 90			

(*) Emisores gamma se refiere a cesio 137 y cobalto 60.

La ubicación de los puntos de muestreo se presenta en los mapas de la **Figura 11**.

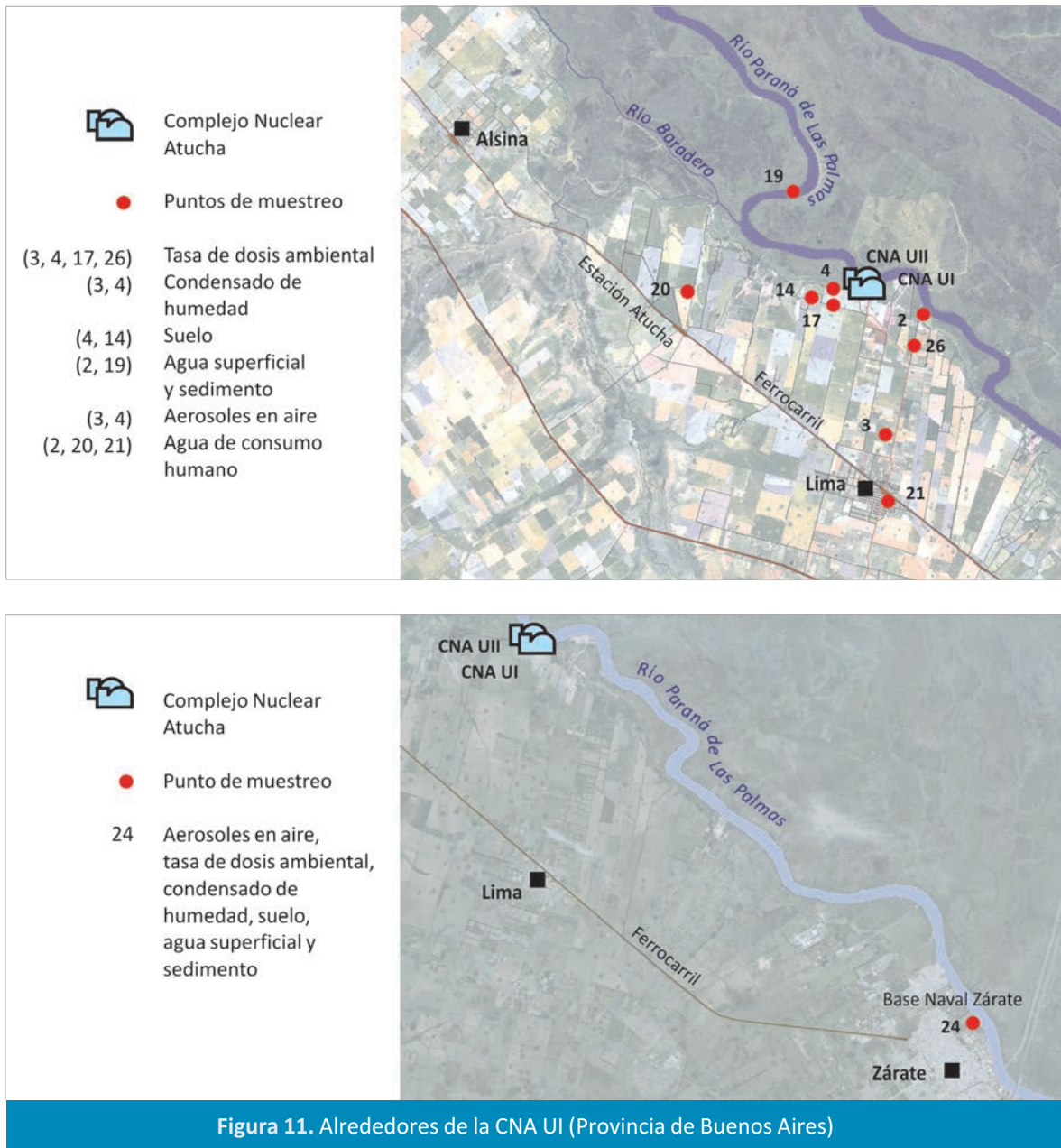


Figura 11. Alrededores de la CNA UI (Provincia de Buenos Aires)

Durante el año 2014, se tomaron un total de 314 muestras en el marco del plan de monitoreo radiológico ambiental, sobre las que se realizaron las distintas determinaciones y análisis radioquímicos. Los valores de actividad medidos en las muestras mencionadas se pueden observar en las siguientes tablas:

Concentración de actividad en aguas del río Paraná					
Aguas arriba de CNA UI - punto blanco (punto 19)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na	0,10
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD	0,13
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na	<LD
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	0	3
LD (Bq/l): tritio 6; cesio 0,03; cobalto 0,02; emisores α total 0,027; emisores β total 0,07					
Aguas abajo de CNA UI - persona representativa (punto 2)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	<LD	na	na	0,03	0,09
Máximo (Bq/l)	14,7	<LD	<LD	0,05	0,10
Mínimo (Bq/l)	<LD	na	na	<LD	0,08
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	2	0	0	3	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,03; cobalto 0,02; emisores α total 0,027					
Aguas abajo de CNA UI - punto de interés público (punto 24)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	<LD	na	na	0,03	0,09
Máximo (Bq/l)	17,2	<LD	<LD	0,04	0,10
Mínimo (Bq/l)	<LD	na	na	<LD	0,08
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	3	0	0	3	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,02; cobalto 0,02; emisores α total 0,027					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en muestras de aerosoles totales en aire ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)			
Punto Blanco (punto 24)			
cesio 137	cobalto 60	yodo 131	estroncio 90
<LD	<LD	<LD	<LD
LD ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$): cesio 0,7; cobalto 1; yodo 1; estroncio 1,5			
Punto de interés público (punto 3)			
cesio 137	cobalto 60	yodo 131	estroncio 90
<LD	<LD	<LD	<LD
LD ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$): cesio 1; cobalto 1; yodo 1; estroncio 1,5			
Punto de máxima concentración (punto 4)			
cesio 137	cobalto 60	yodo 131	estroncio 90
<LD	<LD	<LD	<LD
LD ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$): cesio 0,6; cobalto 1; yodo 1; estroncio 1,5			

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de actividad en sedimentos del río Paraná					
Aguas arriba de CNA UI - punto blanco (punto 19)					
	sedimento de orilla		sedimento de fondo		
	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD	0,7	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	1	1	1	1	1
Nº análisis >LD	0	0	1	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,4; cobalto 0,4; estroncio 1,7					
Aguas abajo de CNA UI - persona representativa (punto 2)					
	sedimento de orilla		sedimento de fondo		
	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	0,4	<LD	0,8	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	1	1	1	1	1
Nº análisis >LD	1	0	1	0	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,4; estroncio 1,6					
Aguas abajo de CNA UI - punto de interés público (punto 24)					
	sedimento de orilla		sedimento de fondo		
	cesio 137	cobalto 60	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	1	1	1	1	1
Nº análisis >LD	0	0	0	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,5; cobalto 0,5; estroncio 1,5					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en peces del río Paraná			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	0,035	na	na
Máximo (Bq/kg)	0,040	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	0,030	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,02; estroncio 0,24			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Tasa de dosis ambiental CNA UI - nGy/h (promedio anual)				
Punto de interés público (punto 3)	Punto de máxima concentración (punto 4)	Punto de interés público (punto 17)	Punto blanco (punto 24)	Punto de interés público (punto 26)
45,2	50,0	48,1	45,7	44,3

Concentración de actividad en aguas de consumo humano (proveniente de aguas subterráneas)					
Napas arriba de CNA UI - punto de interés público (punto 20)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	0,20	0,65
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	0,26	0,67
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	0,18	0,63
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1					
Napas abajo de CNA UI - persona representativa (punto 2)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	0,07	0,22
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	0,08	0,31
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	0,06	0,17
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1					
Agua de la ciudad de Lima - punto de interés público (punto 21)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	0,14	0,55
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	0,20	1
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	0,11	0,37
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,2					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en condensados de humedad			
	Punto de interés público (punto 3)	Punto de máxima concentración (punto 4)	Punto blanco (punto 24)
	tritio	tritio	tritio
Promedio (Bq/m ³)	0,2	3,4	<LD
Máximo (Bq/m ³)	0,7	12	1,8
Mínimo (Bq/m ³)	<LD	<LD	<LD
Nº muestras analizadas	48	44	41
Nº análisis >LD	20	43	6
LD (Bq/m ³): 0,1			

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de actividad en suelos			
Punto blanco (punto 24)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	1,0	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na
Nº muestras analizadas	1	1	1
Nº análisis >LD	1	0	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,3; estroncio 1,5			

Concentración de actividad en suelos (continuación)			
Punto persona representativa (punto 14)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	1,6	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na
Nº muestras analizadas	1	1	1
Nº análisis >LD	1	0	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,3; estroncio 1,6			
Punto de máxima concentración (punto 4)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	1,6	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na
Nº muestras analizadas	1	1	1
Nº análisis >LD	1	0	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,4; estroncio 1,6			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en alimentos vegetales de la zona				
Frutas				
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	16,1	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	22,7	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	11,7	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	2	2	2
Nº análisis >LD	4	0	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,006; cobalto 0,004; estroncio 0,12				
Verduras de hoja				
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	14,0	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	35,1	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	<LD	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	2	2	2
Nº análisis >LD	1	0	0	0
LD (Bq/kg): tritio 7; cesio 0,008; cobalto 0,01; estroncio 0,14				

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en leche de la zona					
Pequeños tambos familiares de la zona					
	tritio	yodo 131	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/l)	14,3	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	22,3	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	<LD	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	12	2	2	2
Nº análisis >LD	3	0	0	0	0
LD (Bq/l): tritio 6; yodo 0,2; cesio 0,005; cobalto 0,005; estroncio 0,04					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Conclusiones

- Se detectó la presencia de tritio en muestras de condensado de humedad, en agua del río Paraná de las Palmas y en alimentos (verduras, frutas y leche). El tritio es el principal radionucleido presente en las descargas líquidas y gaseosas de la central y por ello su presencia es detectada en algunos puntos de muestreo. El nivel guía establecido por la Organización Mundial de la Salud para tritio en agua potable es de 10.000 Bq/l. Dado que no existen niveles guía nacionales e internacionales para tritio en vegetales, leche y condensados de humedad, se calcularon los niveles de concentración derivados para estas matrices a partir de una dosis de 0,1 mSv/año, los cuales resultaron ser cercanos a 41.000 Bq/kg en vegetales y frutas, 40.000 Bq/l en leche, y de 441 Bq/m³ en aire. Como se puede apreciar de las tablas, las concentraciones detectadas en muestras ambientales son muy inferiores a estos niveles derivados.
- En algunos puntos (independientemente de su ubicación respecto a la central) se pueden observar valores de cesio 137 ligeramente por encima de los límites de detección en matrices integradoras (suelos y sedimentos) y en peces (que son bioconcentradores). Esto se debe a la presencia de este radionucleido en el ambiente como producto del "fallout" debido a los ensayos nucleares realizados en el océano pacífico sur a principios de la década del '70. Este tipo de resultados se presenta a lo largo de los años, tendiendo a disminuir con el correr del tiempo debido al decaimiento del radionucleido. Los niveles de cesio 137 derivados en estas matrices ambientales, calculados a partir de suposiciones sumamente conservadoras, se encuentran aproximadamente en el orden de 800 Bq/kg en pescado, 400 Bq/kg en sedimento y 200 Bq/kg en suelo, para un valor de dosis de 0,1 mSv/a. A partir de lo expuesto se puede concluir que, las concentraciones medidas de este radionucleido son insignificantes desde el punto de vista de dosis al público, encontrándose tan próximas a los límites de detección que no son apreciables en todas las muestras, y al no estar relacionadas con las descargas de la Central, son independientes de la ubicación de los puntos de muestreo.
- Los resultados de actividad alfa-beta total que se pueden apreciar en aguas, son consecuencia de la presencia de radionucleidos naturales, por lo que los valores, son en varios casos, superiores a los límites de detección e independientes de la ubicación de los puntos de muestreo. La Organización Mundial de la Salud ha establecido valores guía de 0,5 Bq/l de actividad alfa total y 1,0 Bq/l de actividad beta total. De ser superados, se deben realizar mediciones adicionales para establecer la presencia de radionucleidos que pudieran provenir de otras fuentes no naturales. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron inferiores a dichos valores.
- El promedio de los niveles de tasa de dosis ambiental medido en la zona resultó igual a 46,7 nGy/h, el cual es consistente con el valor medio de 58 nGy/h informado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas para sitios no influenciados por instalaciones nucleares.

Las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras analizadas en el monitoreo ambiental en los alrededores de la CNA UI, dan por resultado que en todos los casos son inferiores a los establecidos en la normativa vigente, ha-

biéndose verificado, de manera independiente y complementaria al control de las descargas, que no se ha superado en ningún caso el límite de dosis para el público.

Central Nuclear Embalse (CNE)

La Central Nuclear Embalse está ubicada sobre la margen este del Embalse Río Tercero, ubicado en el centro-oeste de la provincia de Córdoba. Para el monitoreo radiológico ambiental rutinario en los alrededores de la CNE, se tomaron muestras representativas de los diferentes compartimentos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos.

Al igual que en la central anterior, la siguiente tabla general muestra el plan de monitoreo radiológico ambiental anual llevado a cabo por la ARN en las inmediaciones de la CNE. En la misma se especifican: tipo de muestra, radionucleidos a analizar, frecuencias de muestreo y ensayo, y puntos de muestreo.

Tipo de muestra	Radionucleido a analizar (*)	Frecuencia de muestreo	Frecuencia de ensayo	Puntos de muestreo
Tasa de dosis ambiental	emisores gamma	continua, con dosímetros (TLD)	semestral	29, 32, 34, 37, 38, 39
Particulado en aire (**)	emisores gamma	anual (muestra integrada de 1 semana)	anual	29, 32, 34,
	estroncio 90			
Condensado de humedad	tritio	continua (toma de muestra semanal, excepto mensual en 32)	semanal (excepto mensual en 32)	28, 29, 32 (mensual)
Leche de vaca de la zona	yodo 131	mensual	mensual	36
	tritio		pool trimestral	
	emisores gamma		pool semestral	
	estroncio 90			
Vegetales y frutas de la zona	tritio	mensual	pool trimestral	31
	emisores gamma		pool semestral	
	estroncio 90			
Suelos	emisores gamma	anual	anual	29, 32, 34
	estroncio 90			
Agua superficial (lago/río)	tritio	mensual	mensual	2, 9
		semestral	semestral	1, 3, 4, 12, 17, 18, 20, 35
	emisores gamma	mensual	pool trimestral y concentrado	2, 9
		semestral	semestral y concentrado	1, 3, 4, 12, 17, 35
	emisores alfa-beta	mensual	pool trimestral	2, 9
		semestral	semestral	1, 3, 4, 12, 17, 35

Tipo de muestra	Radionucleido a analizar (*)	Frecuencia de muestreo	Frecuencia de ensayo	Puntos de muestreo
Agua de consumo humano	tritio	mensual	mensual	7
		semestral	semestral	13
	emisores gamma	mensual	pool trimestral	7
		semestral	semestral	13
	emisores alfa-beta	mensual	pool trimestral	7
		semestral	semestral	13
Agua subterránea	tritio	mensual	mensual	2
	emisores gamma		pool trimestral	
	emisores alfa-beta			
Sedimentos	emisores gamma	anual	anual	1, 2, 3, 4, 9, 12, 17,35
	estroncio 90			
Peces (pesca del Embalse del Río Tercero)	emisores gamma	mensual	pool semestral	24
	estroncio 90			

(*) Emisores gamma se refiere a cesio 137 y cobalto 60.

(**) El muestreo de particulado en aire no se realizó durante el año 2014 por encontrarse la central en parada al momento de realizar la campaña de muestreo.

La ubicación de los puntos de muestreo se presenta en los mapas de la **Figura 12**.

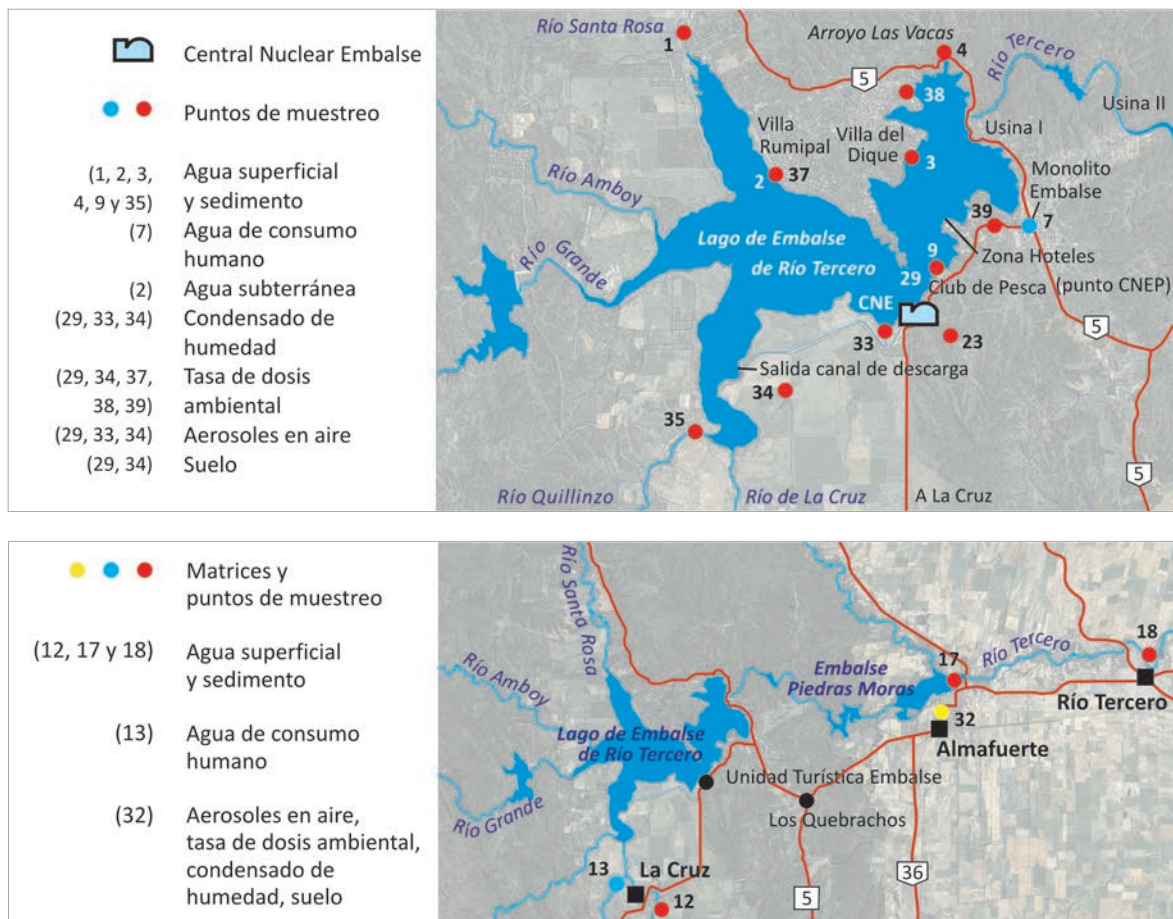




Figura 12. Alrededores de la Central Nuclear Embalse (Provincia de Córdoba)

Cabe señalar que en el caso particular de la CNE, no existe un Punto de Máxima Concentración previsto como resultado de las descargas líquidas, sino que se asume que todo el Embalse del Río Tercero puede presentar en un momento dado una concentración similar de radionucleidos. Esto se debe a las características del cuerpo de agua y a su tasa de recambio de agua. Por este motivo, para agua superficial y sedimento del embalse se muestrea más de un punto, entre ellos, el correspondiente a la Persona Representativa.

Durante el año 2014, se tomaron en los diferentes puntos de muestreo de las inmediaciones de las CNE un total de 266 muestras, sobre las que se realizaron las determinaciones y análisis radioquímicos que se presentan, junto con sus resultados, en las siguientes tablas.

Concentración de actividad en aguas superficiales					
Embalse Río Tercero (punto 2)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	253	na	na	0,04	0,11
Máximo (Bq/l)	758	<LD	<LD	0,08	0,20
Mínimo (Bq/l)	79,3	na	na	<LD	<LD
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	12	0	0	2	2
LD (Bq/l): cesio 0,02; cobalto 0,02; emisores α total 0,02; emisores β total 0,07					
Embalse Río Tercero - persona representativa (punto 9)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	256	na	na	<LD	0,08
Máximo (Bq/l)	848	<LD	<LD	0,03	0,11
Mínimo (Bq/l)	94,8	na	na	<LD	<LD
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	12	0	0	2	2
LD (Bq/l): cesio 0,02; cobalto 0,02; emisores α total 0,026; emisores β total 0,07					

Concentración de actividad en aguas superficiales (continuación)					
Embalse Río Tercero (punto 3)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	149,2	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	189	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	109,3	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,02; cobalto 0,02; emisores α total 0,03; emisores β total 0,07					
Río Santa Rosa - aguas arriba de CNE - punto blanco (punto 1)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	0,04	0,08
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	0,05	0,09
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	<LD	<LD
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	1	1
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,02; cobalto 0,02; emisores α total 0,03; emisores β total 0,07					
Río La Cruz - aguas arriba de CNE - punto blanco (punto 12)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	0,07	0,12
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	0,10	0,15
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	<LD	0,08
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	1	2
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,03; cobalto 0,02; emisores α total 0,03					
Río Quillinzo - aguas arriba de CNE - punto blanco (punto 35)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	0	0
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,02; cobalto 0,02; emisores α total 0,03; emisores β total 0,07					
Arroyo Las Vacas - aguas abajo de CNE (punto 4)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	155,5	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	197	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	114,1	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,02; cobalto 0,01; emisores α total 0,03; emisores β total 0,07					
Embalse Piedras Moras - aguas abajo de CNE (punto 17)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	131,3	na	na	na	0,08
Máximo (Bq/l)	143	<LD	<LD	<LD	0,10
Mínimo (Bq/l)	119,5	na	na	na	<LD
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0	0	1
LD (Bq/l): cesio 0,03; cobalto 0,01; emisores α total 0,03; emisores β total 0,07					

Concentración de actividad en aguas superficiales (continuación)	
Balneario Río Tercero - aguas abajo de CNE (punto 18)	
	tritio
Promedio (Bq/l)	138
Máximo (Bq/l)	150
Mínimo (Bq/l)	126
Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2
Río Carcarañá - aguas abajo de CNE (punto 20)	
	tritio
Promedio (Bq/l)	39,4
Máximo (Bq/l)	44,1
Mínimo (Bq/l)	34,6
Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en aguas subterráneas					
Agua de napa (punto 2)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	89,4	na	na	0,25	0,39
Máximo (Bq/l)	178	<LD	<LD	0,34	0,62
Mínimo (Bq/l)	33,1	na	na	0,20	0,30
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	12	0	0	4	4
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en sedimentos de orilla			
Embalse Río Tercero (punto 2)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cesio 0,4; cobalto 0,4; estroncio 1,6			
Embalse Río Tercero - persona representativa (punto 9)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	1	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,4; estroncio 1,5			
Embalse Río Tercero (punto 3)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	1,7	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,4; estroncio 1,5			
Río Santa Rosa - aguas arriba de CNE - punto blanco (punto 1)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	2,3	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,3; estroncio 1,6			

Concentración de actividad en sedimentos de orilla (continuación)			
Río La Cruz - aguas arriba de CNE - punto blanco (punto 12)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	0,9	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,2; estroncio 1,7			
Río Quillinzo - aguas arriba de CNE - punto blanco (punto 35)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	1,2	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,3; estroncio 1,7			
Arroyo Las Vacas - aguas abajo de CNE (punto 4)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	2,5	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,2; estroncio 1,8			
Embalse Piedras Moras - aguas abajo de CNE (punto 17)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	0,4	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,3; estroncio 1,5			

LD = mayor límite de detección determinado

Tasa de dosis ambiental CNE - nGy/h (promedio anual)					
Punto blanco (punto CNE32)	Punto persona representativa (punto 29)	Punto de máxima concentración (punto 34)	Punto de interés público (punto 37)	Punto de interés público (punto 38)	Punto de interés público (punto 39)
58,2	48,1	55,8	76,3	60,8	63,8

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en aguas de consumo humano					
Ciudad de Embalse Río Tercero (punto 7)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	245,2	na	na	<LD	0,08
Máximo (Bq/l)	885	<LD	<LD	0,03	0,12
Mínimo (Bq/l)	40,5	na	na	<LD	<LD
Nº muestras analizadas	12	4	4	4	4
Nº análisis >LD	12	0	0	2	2
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1; emisores α total 0,027; emisores β total 0,07					
Ciudad de La Cruz (punto 13)					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	0,08	0,22
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	0,08	0,24
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	0,08	0,19
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	2	2
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1					

Concentración de actividad en peces del embalse Río Tercero			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	0,07	na	na
Máximo (Bq/kg)	0,06	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	0,04	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,01; estroncio 0,15			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en condensados de humedad			
	Punto alternativo de máxima concentración (punto 28)	Punto persona representativa (punto 29)	Punto blanco (punto 32)
	tritio	tritio	tritio
Promedio (Bq/m ³)	1,3	0,9	0,4
Máximo (Bq/m ³)	4,7	2,1	1,4
Mínimo (Bq/m ³)	0,2	0,2	<LD
Nº muestras analizadas	41	42	11
Nº análisis >LD	41	42	8
LD (Bq/m ³) 0,1			

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de actividad en suelos			
Punto blanco (punto 32)			
	cesio	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	1,2	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,4; estroncio 1,5			
Punto persona representativa (punto 29)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	2,2	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,2; estroncio 1,6			
Punto de máxima concentración (punto 34)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cesio 0,4; cobalto 0,3; estroncio 1,7			

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de actividad en leche de la zona					
Pequeños tambos familiares de la zona					
	tritio	yodo 131	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/l)	8,5	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	10,5	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	<LD	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	12	2	2	2
Nº análisis >LD	3	0	0	0	0
LD (Bq/l): tritio 6; yodo 0,2; cesio 0,006; cobalto 0,006; estroncio 0,06					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en alimentos vegetales de la zona (pequeñas quintas familiares de la zona)				
Frutas				
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	42,3	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	87,2	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	21,3	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	2	2	2
Nº análisis >LD	4	0	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,01; cobalto 0,008; estroncio 0,09				
Verduras de hoja				
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	8,8	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	15,3	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	<LD	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	2	2	2
Nº análisis >LD	1	0	0	0
LD (Bq/kg): tritio 7; cesio 0,03; cobalto 0,02; estroncio 0,25				

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Conclusiones

- Como fuera mencionado anteriormente, el tritio es el principal radionucleido presente en las descargas líquidas y gaseosas de este tipo de centrales. Es por ello que se detectó tritio en muestras de aguas superficiales, subterráneas y de consumo humano, en el condensado de humedad y en alimentos (verduras, frutas y leche).

En el caso de la ciudad de Embalse, el agua de consumo humano proviene del agua superficial del mismo embalse, por lo que ambos valores se encuentran relacionados. Los valores de tritio detectados en las aguas resultaron inferiores a los niveles guía de 10.000 Bq/l establecidos por la Organización Mundial de la Salud y aquellos detectados en las restantes matrices fueron muy inferiores a los niveles de 41.000 Bq/kg en vegetales y frutas, 40.000 Bq/l en leche, y 441 Bq/m³ en aire (condensado de humedad), derivados para una dosis de 0,1 mSv/año.

Debido a que la Central entró en parada durante la segunda mitad del año, los valores de tritio disminuyeron notablemente hacia los últimos meses del año.
- Al igual que en el caso de la CNA UI, en algunos puntos de muestreo en los alrededores de la CNE se observan valores de cesio 137 ligeramente por encima de los límites de detección en matrices integradoras (suelos y sedimentos) y en peces (que son bioconcentradores). Esto se debe a la presencia de este radionucleido en el ambiente producto del "fallout", debido a los ensayos nucleares realizados en el océano pacífico sur a principios de la década del '70. Este tipo de resultados se presentan a lo largo de los años, tendiendo a disminuir con el correr del tiempo debido al decaimiento del radionucleido. Los niveles de cesio derivados en estas matrices ambientales se encuentran en el orden de 800 Bq/kg en pescado, 400 Bq/kg en sedimento y 200 Bq/kg en suelo, para un valor de dosis de 0,1 mSv/a y

bajo suposiciones de cálculo muy conservativas. Por lo tanto, las concentraciones halladas de este radionucleido son insignificantes desde el punto de vista radiológico para el público, encontrándose tan próximas a los límites de detección que no son apreciables en todas las muestras, y al ser independientes de la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a la central, se puede afirmar que no están relacionados con las descargas de la misma.

- Nuevamente los resultados de actividad alfa-beta total que se pueden apreciar en aguas, son resultado de la presencia de radionucleidos naturales, por lo que los valores resultan en varios casos superiores a los límites de detección e independientes de la ubicación de los puntos de muestreo. La OMS ha establecido valores guías de 0,5 Bq/l de actividad alfa total y 1,0 Bq/l de actividad beta total, tales que, de ser superados, se deben realizar mediciones adicionales para establecer la presencia de radionucleidos que pudieran provenir de otras fuentes no naturales. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron inferiores a dichos valores.
- El promedio de los niveles de tasa de dosis ambiental medido en la zona resultó igual a 67,1 nGy/h, el cual es consistente con el valor medio de 58 nGy/h informado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas para sitios no influenciados por instalaciones nucleares.

Las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras analizadas en el monitoreo radiológico ambiental en los alrededores de la CNE verifican que los valores se corresponden con los obtenidos a través de los modelos de cálculo aplicados por la ARN para estimar la dosis en los individuos más expuestos, siendo inferiores a los establecidos en la normativa vigente.

Centros atómicos

Centro Atómico Ezeiza (CAE)

El Centro Atómico Ezeiza (CAE) está ubicado en la localidad de Ezeiza, Provincia de Buenos Aires. Las principales instalaciones que componen este centro son el Reactor RA 3 para producción de radioisótopos e investigación; 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 Centrales Nucleares y Reactores de Investigación (CONUAR - FAE), la Planta de Irradiación Semi-Industrial (PISI) y el Ciclotrón de Producción.

Durante el año 2014, se recolectaron 566 muestras, efectuándose sobre las mismas diversas determinaciones de los distintos radionucleidos de interés. La siguiente tabla muestra el plan de monitoreo radiológico ambiental anual llevado a cabo por la ARN en las inmediaciones del CAE. En la misma se especifica: tipo de muestra, radionucleido a analizar, frecuencia de muestreo y de ensayo, y puntos de muestreo.

Tipo de muestra	Radionucleido a analizar (*)	Frecuencia de muestreo	Frecuencia de ensayo	Puntos de muestreo
Vegetales y frutas cosechados en la zona	emisores gamma	semestral (verduras de hoja, verduras de raíz, otras verduras y frutas)	semestral	173
Suelos	emisores gamma	semestral	semestral	163; 164
Leche de la zona	yodo 131	semanal	semanal	176
	emisores gamma		Pool trimestral	
Agua superficial del arroyo Aguirre	tritio	mensual	mensual	131; 136
	emisores gamma			
	estroncio 90			
	uranio			
Agua de consumo humano	tritio	trimestral	trimestral	106 a 108; 110 a 112; 115; 162
	uranio			
	emisores alfa-beta			
	emisores gamma			
Sedimentos del arroyo Aguirre	emisores gamma	semestral	semestral	131; 136
	uranio			
	estroncio 90			

(*) Emisores gamma se refiere a cesio 137 y cobalto 60

La ubicación de los puntos de muestreo de las distintas matrices analizadas se presenta en los mapas de la **Figura 13**.

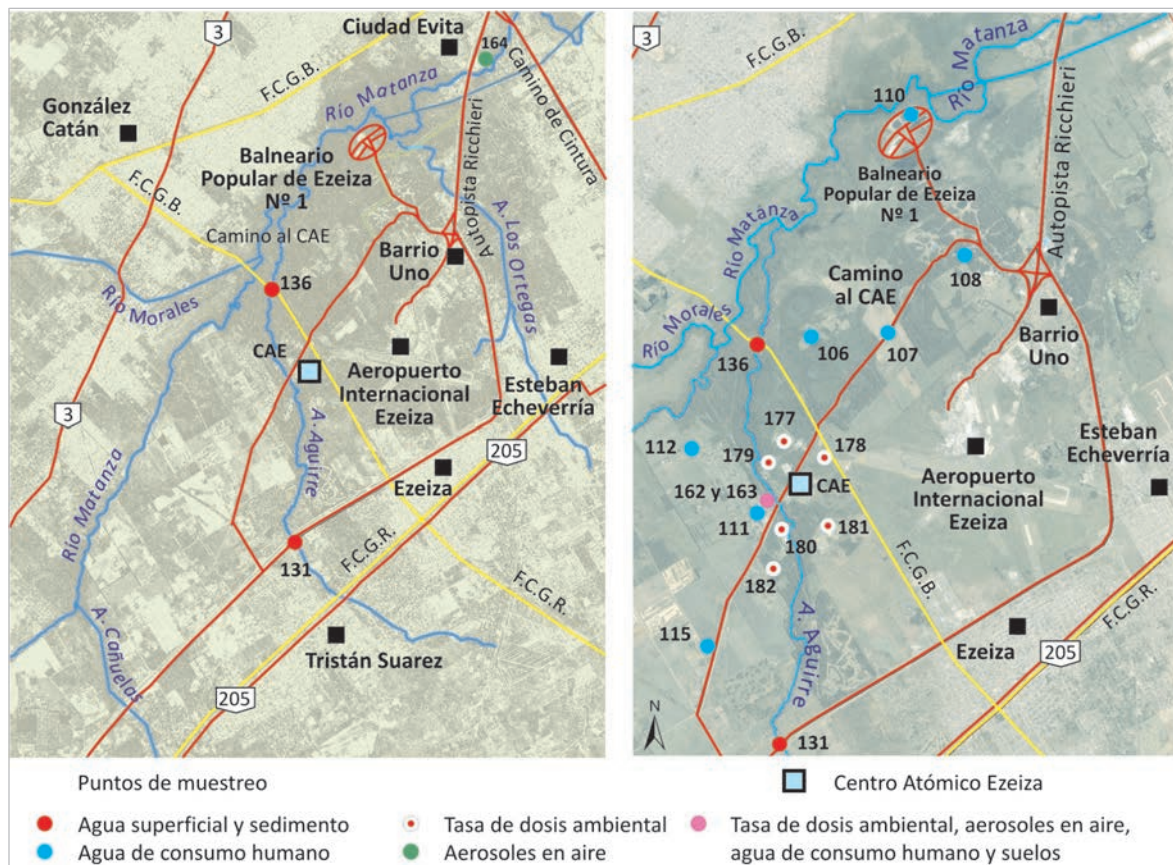


Figura 13. Alrededores del Centro Atómico Ezeiza (Provincia de Buenos Aires)

Los valores de actividad medidos en las muestras mencionadas se pueden observar en las siguientes tablas:

Concentración de actividad en aguas de consumo humano						
Punto 106						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	Emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,19 (7,4 μ g/l)	na	na	na	0,17	0,34
Máximo (Bq/l)	0,23 (9,0 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,20	0,38
Mínimo (Bq/l)	0,12 (4,8 μ g/l)	na	na	na	0,16	0,28
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1						
Punto 107						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,16 (6,3 μ g/l)	na	na	na	0,10	0,30
Máximo (Bq/l)	0,20 (7,9 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,14	0,31
Mínimo (Bq/l)	0,12 (4,9 μ g/l)	na	na	na	0,07	0,22
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,2						
Punto 108						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,17 (6,9 μ g/l)	na	na	na	0,13	0,36
Máximo (Bq/l)	0,19 (7,5 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,15	0,39
Mínimo (Bq/l)	0,14 (5,4 μ g/l)	na	na	na	0,12	0,32
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1						
Punto 110						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,27 (10,6 μ g/l)	na	na	na	0,18	0,54
Máximo (Bq/l)	0,27 (10,9 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,24	0,59
Mínimo (Bq/l)	0,25 (10,1 μ g/l)	na	na	na	0,14	0,50
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1						
Punto 111						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,83 (33,0 μ g/l)	na	na	na	0,57	0,81
Máximo (Bq/l)	0,88 (35,0 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,74	1,09
Mínimo (Bq/l)	0,75 (30,0 μ g/l)	na	na	na	0,44	0,62
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1						
Punto 112						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,19 (7,7 μ g/l)	na	na	na	0,16	0,75
Máximo (Bq/l)	0,23 (9,0 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,20	0,84
Mínimo (Bq/l)	0,14 (5,5 μ g/l)	na	na	na	0,14	0,65
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1						

Concentración de actividad en aguas de consumo humano (continuación)						
Punto 115						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,49 (19,7 μ g/l)	na	na	na	0,44	0,61
Máximo (Bq/l)	0,65 (26,0 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,48	0,65
Mínimo (Bq/l)	0,34 (13,6 μ g/l)	na	na	na	0,40	0,55
Nº muestras analizadas	4	4	4	4	4	4
Nº análisis >LD	4	0	0	0	4	4
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,2; cobalto 0,1						
Punto 162						
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	0,44 (17,5 μ g/l)	na	na	na	0,30	0,45
Máximo (Bq/l)	0,85 (34,0 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	0,55	0,77
Mínimo (Bq/l)	0,025 (1,0 μ g/l)	na	na	na	0,04	0,13
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0	0	2	2
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,1; cobalto 0,1						

(*) Para expresar la masa en actividad se utilizó la actividad específica del uranio natural, que es de 0,025 Bq/ μ g (NPL Report IR6, enero 2008).

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en aguas del arroyo Aguirre					
Aguas arriba del CAE - punto blanco (punto 131)					
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/l)	0,25 (10,0 μ g/l)	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	0,37 (14,6 μ g/l)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	0,14 (5,6 μ g/l)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	12	12	12	12	12
Nº análisis >LD	12	0	0	0	0
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,6; cobalto 0,4; estroncio 0,05					
Aguas abajo del CAE - punto de máxima concentración (punto 136)					
	uranio (*)	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/l)	0,32 (12,8 μ g/l)	<LD	na	na	na
Máximo (Bq/l)	0,46 (18,3 μ g/l)	11,8	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	0,23 (9,1 μ g/l)	<LD	na	na	na
Nº muestras analizadas	12	12	12	12	12
Nº análisis >LD	12	1	0	0	0
LD (Bq/l): tritio 9; cesio 0,6; cobalto 0,4; estroncio 0,04					

(*) Para expresar la masa en actividad se utilizó la actividad específica del uranio natural, que es de 0,025 Bq/ μ g (NPL Report IR6, enero 2008).

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en suelos aledaños al CAE		
Punto blanco (punto 164)		
	cesio 137	cobalto 60
Promedio (Bq/kg)	1,2	na
Máximo (Bq/kg)	2,2	<LD
Mínimo (Bq/kg)	0,2	na
Nº muestras analizadas	2	2
Nº análisis >LD	2	0
LD (Bq/kg): cobalto 0,3		

Concentración de actividad en suelos aledaños al CAE (continuación)		
Punto de máxima concentración (punto 163)		
	cesio 137	cobalto 60
Promedio (Bq/kg)	0,85	0,55
Máximo (Bq/kg)	1,1	0,8
Mínimo (Bq/kg)	0,6	<LD
Nº muestras analizadas	2	2
Nº análisis >LD	2	1
LD (Bq/kg): cobalto 0,3		

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en leche de la zona			
Tambo familiar de la zona			
	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
Promedio (Bq/l)	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	46
Nº análisis >LD	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,006; cobalto 0,005; yodo 0,2			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en alimentos vegetales de la zona		
Frutas		
	cesio 137	cobalto 60
Promedio (Bq/kg)	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na
Nº muestras analizadas	2	2
Nº análisis >LD	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,007; cobalto 0,008		
Verduras de hoja		
	cesio 137	cobalto 60
Promedio (Bq/kg)	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na
Nº muestras analizadas	2	2
Nº análisis >LD	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,01; cobalto 0,01		
Verduras de raíz		
	cesio 137	cobalto 60
Promedio (Bq/kg)	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na
Nº muestras analizadas	2	2
Nº análisis >LD	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,01; cobalto 0,01		

Concentración de actividad en alimentos vegetales de la zona (continuación)		
Otras verduras		
	cesio 137	cobalto 60
Promedio (Bq/kg)	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na
Nº muestras analizadas	1	1
Nº análisis >LD	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,007; cobalto 0,008		

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en sedimentos del arroyo Aguirre				
Aguas arriba del CAE - punto blanco (punto 131)				
	uranio (*)	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	147 (5,9 µg/g)	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	198 (7,9 µg/g)	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	95 (3,8 µg/g)	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	2	0	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,4; cobalto 0,4; estroncio 1,5				
Aguas abajo del CAE - punto de máxima concentración (punto 136)				
	uranio (*)	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	160 (6,4 µg/g)	5,5	0,65	na
Máximo (Bq/kg)	205 (8,2 µg/g)	7,3	0,7	<LD
Mínimo (Bq/kg)	115 (4,6 µg/g)	3,6	0,6	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	2	2	2	0
LD (Bq/kg): estroncio 1,5				

(*) Para expresar la masa en actividad se utilizó la actividad específica del uranio natural, que es de 0,025 Bq/µg (NPL Report IR6, enero 2008).

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Conclusiones

- Se detectaron valores de cesio 137 y cobalto 60 levemente superiores al LD en muestras de suelo del punto de máxima concentración (relacionada con descargas gaseosas de las instalaciones del CAE). El valor hallado de cobalto 60 es considerablemente inferior al valor de 45 Bq/kg en suelo, valor derivado para una dosis de 0,1 mSv/año. En las muestras de suelo tomadas en el punto blanco las concentraciones de cesio 137 también resultaron ser mayores al límite de detección, siendo compatibles con valores atribuibles al "fallout".
- De manera similar al punto anterior, se detectaron trazas de cesio 137 y de cobalto 60 en sedimentos del arroyo Aguirre aguas abajo del CAE, matriz relacionada con las descargas líquidas. En ambos casos, los valores son extremadamente bajos en comparación con los valores de referencia, calculados

para una dosis de 0,1 mSv/año (400 Bq/kg de cesio 137 y de 100 Bq/kg de cobalto 60 en sedimentos).

- Asimismo, se registró un único valor de tritio en agua del arroyo Aguirre por encima del LD, aguas abajo del CAE. Si bien dicho valor no es natural, es aproximadamente tres órdenes de magnitud inferior al valor de 10.000 Bq/l, establecido para agua potable por la Organización Mundial de la Salud.
- Los restantes valores medidos por encima de los límites de detección corresponden a radionucleidos naturales, tales como emisores alfa y beta totales en aguas, y uranio en aguas, sedimentos y suelos. En todos los casos dichos valores responden a concentraciones naturales que se verifican independientemente de la ubicación de los puntos con respecto al CAE. En el caso de las aguas, en su gran mayoría registraron valores por debajo de los niveles de referencia de la Organización Mundial de la Salud de 0,5 Bq/l para emisores alfa y de 1 Bq/l para emisores beta. Las escasas mediciones de actividad alfa que superaron dicho nivel fueron explicadas por el contenido de uranio natural. Con respecto al uranio, si bien la ARN no es autoridad competente en materia de sus efectos toxicológicos, el análisis de las mediciones de concentración de uranio total efectuadas en las aguas superficiales y de consumo humano (provenientes de fuentes subterráneas de la zona) indica que todas ellas son marcadamente inferiores al valor guía de 100 µg/l de concentración de uranio en agua potable establecido en la legislación vigente (Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley Nº 24.051 y Ley Nº 24.585 “Código de Minería”). En lo que respecta al contenido de uranio en suelos y sedimentos, los resultados se encuentran entre los valores bajos de los rangos de valores mundiales de uranio en suelo presentados por UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Annex B: Exposures of the Public and Workers from Various Sources of Radiation, UNSCEAR 2008 Report, United Nations sales publication E.10.XI.3, New York (2008)*).

En todas las muestras analizadas, la ARN ha verificado que los resultados cumplen los límites y restricciones de dosis para las personas establecidos en la normativa de este organismo, “Norma Básica de la Seguridad Radiológica y Nuclear” Norma AR 10.1.1., las que son consistentes con las recomendaciones efectuadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por su sigla en inglés) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Las mediciones de concentración de actividad en las distintas muestras del monitoreo radiológico ambiental en los alrededores del CAE verifican que los resultados se corresponden con los obtenidos a través de los modelos de cálculo aplicados por la ARN para estimar la dosis en los individuos más expuestos, siendo inferiores a los establecidos en la normativa vigente.

Centro Atómico Bariloche (CAB)

El Centro Atómico Bariloche se encuentra ubicado en la ciudad de San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro. Este Centro 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 la Energía Nuclear. Se destaca la presencia del reactor de investigación RA 6.

El muestreo radiológico ambiental asociado al CAB se lleva a cabo trimestralmente sobre muestras de aguas y sedimentos del arroyo Gutiérrez (aguas arriba y aguas abajo del CAB) y del lago Nahuel Huapi (aguas arriba y aguas abajo de la desembocadura del arroyo Gutiérrez). Asimismo se analiza el agua de consumo humano de la ciudad de San Carlos de Bariloche. También se realiza el muestreo de tasa de dosis ambiental, del particulado en aire y del suelo en la zona alledaña al CAB.

Durante el año 2014 se recolectaron 31 muestras, sobre las que se realizaron diversas determinaciones y análisis radioquímicos. La siguiente tabla general muestra el plan de monitoreo radiológico ambiental anual llevado a cabo por la ARN en las inmediaciones del CAB. En la misma se especifica: tipo de muestra, radionucleido a analizar, frecuencia de muestreo y de ensayo, y puntos de muestreo.

Tipo de muestra	Radionucleido a analizar ^(*)	Frecuencia de muestreo	Frecuencia de ensayo	Puntos de muestreo
Agua superficial	emisores gamma	trimestral	trimestral	1, 4, 7, 15
	emisores alfa-beta			
Agua de consumo humano	emisores gamma	trimestral	trimestral	11
	emisores alfa-beta			
Sedimentos	emisores gamma	anual	anual	4, 15
	estroncio 90			
Tasa de dosis ambiental	emisores gamma	continua, con dosímetros (TLD)	anual	14, 16, 17
Particulado en aire	emisores gamma	anual - simultáneo con la operación del RA-6 (muestra integrada de una semana)	anual	15, 16, 17
Suelos	emisores gamma	anual	anual	14, 16, 17

^(*) Emisores gamma se refiere a cesio 137 y cobalto 60

La ubicación de los puntos de muestreo de las distintas matrices analizadas se presenta en los mapas de la **Figura 14**.

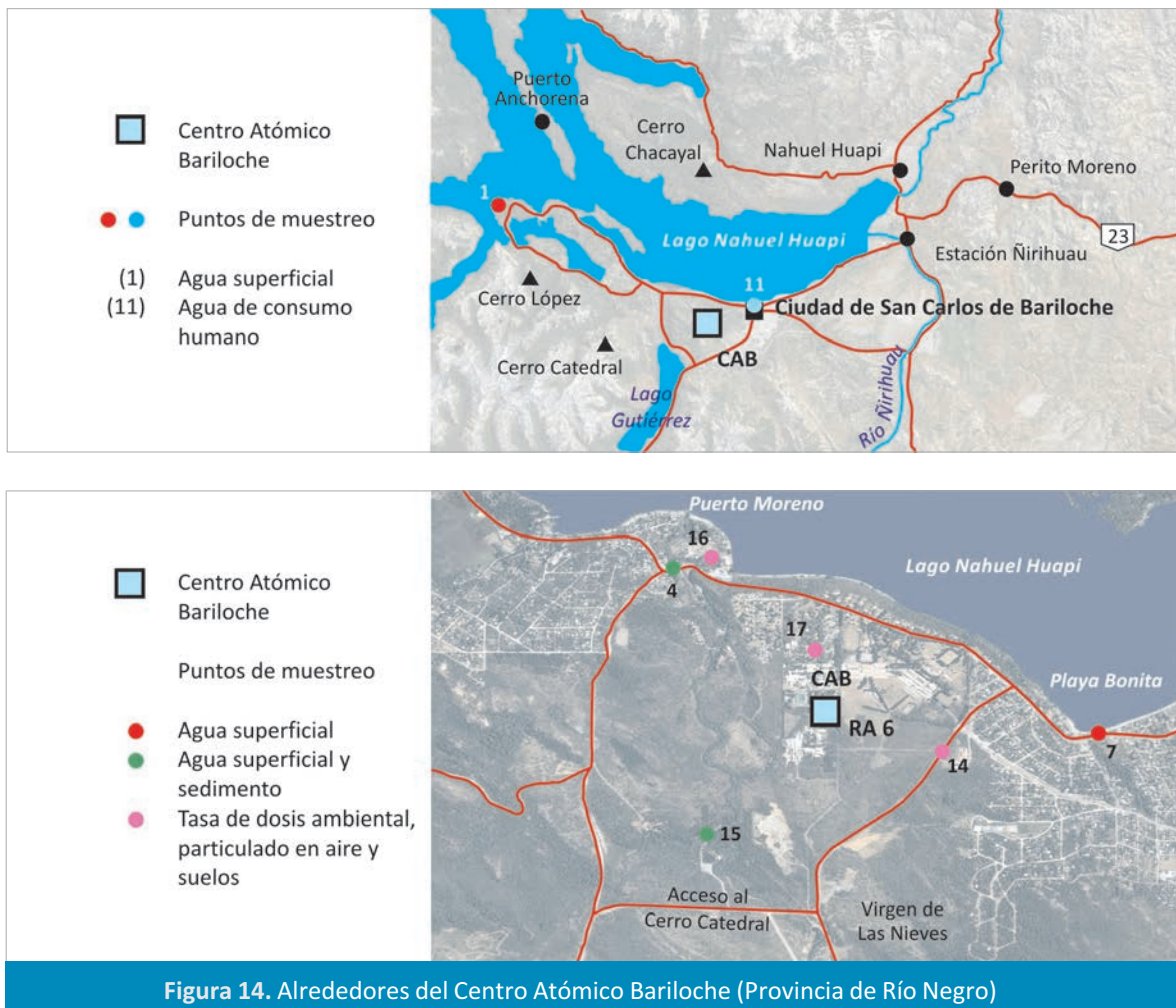


Figura 14. Alrededores del Centro Atómico Bariloche (Provincia de Río Negro)

Los valores de actividad medidos en las muestras mencionadas se pueden observar en las siguientes tablas:

Concentración de actividad en aguas del lago Nahuel Huapi y del arroyo Gutiérrez				
Lago Nahuel Huapi - aguas arriba desembocadura arroyo Gutiérrez (punto 1)				
	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1; emisores α total 0,04; emisores β total 0,08				

Concentración de actividad en aguas del lago Nahuel Huapi y del arroyo Gutiérrez (continuación)				
Lago Nahuel Huapi - aguas abajo desembocadura arroyo Gutiérrez (punto 7)				
	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1; emisores α total 0,04; emisores β total 0,08				
Arroyo Gutiérrez - aguas arriba del CAB (punto 15)				
	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1; emisores α total 0,04; emisores β total 0,08				
Arroyo Gutiérrez - aguas abajo del CAB (punto 4)				
	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1; emisores α total 0,04; emisores β total 0,08				

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en sedimentos del arroyo Gutiérrez			
Aguas arriba del CAB (punto 15)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	0,9	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,4; estroncio 1,5			
Aguas abajo del CAB (punto 4)			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Muestra anual (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cesio 0,3; cobalto 0,2; estroncio 1,6			

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de actividad en suelos aledaños al CAB		
Punto blanco (punto 16)		
	cesio 137	cobalto 60
Muestra anual (Bq/kg)	<LD	<LD
LD (Bq/kg): cesio: 0,5; cobalto 0,3		

Concentración de actividad en suelos aledaños al CAB (continuación)		
Punto máxima concentración (punto 14)		
	cesio 137	cobalto 60
Muestra anual (Bq/kg)	1,9	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,2		
Punto de interés público (punto 17)		
	cesio 137	cobalto 60
Muestra anual (Bq/kg)	2,1	<LD
LD (Bq/kg): cobalto 0,3		

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de actividad en aguas de consumo humano ciudad de San Carlos de Bariloche				
	cesio 137	cobalto 60	emisores α total	emisores β total
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/l): cesio 0,2; cobalto 0,1; emisores α total 0,04; emisores β total 0,08				

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Tasa de dosis ambiental CAB - nGy/h (promedio anual)		
Punto de máxima concentración (punto 14)	Punto blanco (punto 16)	Punto de interés público (punto 17)
47,7	46,7	47

Concentración de actividad en muestras de aerosoles totales en aire ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)			
Punto alternativo de máxima concentración (punto 15)			
	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
Muestra anual ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	<LD	<LD	<LD
LD ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$): cesio 1; cobalto 1; yodo 1			
Punto blanco (punto 16)			
	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
Muestra anual ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	<LD	<LD	<LD
LD ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$): cesio 1; cobalto 1; yodo 1			
Punto de interés público (punto 17)			
	cesio 137	cobalto 60	yodo 131
Muestra anual ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	<LD	<LD	<LD
LD ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$): cesio 1; cobalto 1; yodo 1			

LD = mayor límite de detección determinado

Conclusiones

- Los únicos valores detectados por encima de los LD corresponden al cesio 137 en suelos y sedimento. Las bajas concentraciones y los valores independientes de la ubicación de los puntos de muestreo con respecto a la ubicación del CAB permiten afirmar que dichos valores son producto del “fallout”, encontrándose muy por debajo de los valores de referencia calculados para una dosis de 0,1 mSv/año (400 Bq/kg para suelo y 200 Bq/kg para sedimento).
- El promedio de los niveles de tasa de dosis ambiental medido en la zona resultó igual a 62,6 nGy/h, el cual es consistente con el valor medio de 58 nGy/h informado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas para sitios no influenciados por instalaciones nucleares.

Los resultados de las mediciones realizadas en las distintas muestras analizadas, se corresponden con los obtenidos a través de los modelos de cálculo aplicados por la ARN para estimar la dosis en los individuos más expuestos, siendo inferiores a los establecidos en la normativa vigente.

Complejo Tecnológico Pilcaniyeu

Se encuentra ubicado en el Departamento Pilcaniyeu, Provincia de Río Negro, a unos 45 km de la Ciudad de San Carlos de Bariloche y a 15 km de la localidad de Pilcaniyeu, cabecera de dicho Departamento.

El muestreo radiológico ambiental se realiza anualmente y se basa principalmente en la determinación de la concentración de uranio natural, en muestras de aguas superficiales y sedimentos en el curso del río Pichi Leufú (que atraviesa el complejo), aguas arriba y aguas abajo de la instalación. También se toma una muestra del agua de consumo humano de la localidad de Pilcaniyeu.

En la **Figura 15** se presenta el mapa con los puntos de muestreo vinculados a este Complejo.



Figura 15. Alrededores del Complejo Tecnológico Pilcaniyeu (Provincia de Río Negro)

Durante el año 2014 se recolectaron 3 muestras de aguas superficiales, 1 muestra de agua de consumo humano y 2 muestras de sedimento. Los resultados obtenidos pueden observarse en las siguientes tablas:

Complejo Tecnológico Pilcaniyeu	
Agua de consumo humano del pueblo de Pilcaniyeu	
	uranio
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	2,9
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na
Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1
Agua del río Pichi Leufú, aguas arriba de la instalación	
	uranio
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	1,7
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na
Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1
Agua del río Pichi Leufú, aguas abajo de la instalación	
	uranio
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	1,5
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	1,4
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	1,3
Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2
Sedimentos del río Puchi Leufú, aguas arriba de la instalación	
	uranio
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	na
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	2,0
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	na
Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1
Sedimentos del río Puchi Leufú, aguas abajo de la instalación	
	uranio
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	na
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	1,5
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	na
Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Complejos minero fabriles

Para evaluar el impacto radiológico ambiental, la ARN lleva a cabo monitoreos ambientales en los alrededores de los complejos y ex complejos minero fabriles del país, asociados a la explotación y al procesamiento del mineral de uranio.

Para ello se toman muestras de aguas superficiales y sedimentos de las zonas de influencia. También se recolectan muestras de agua de consumo humano en las localidades aledañas a los sitios monitoreados, y cuando las características de la

zona del emplazamiento lo justifican, se toman también muestras de aguas subterráneas.

A las muestras de aguas y sedimentos se les realizan determinaciones de la concentración de uranio y de la actividad de radio 226, ya que estos son los radionucleidos más significativos en este tipo de sitios.

Asimismo, como ya fue expresado, se lleva a cabo un programa de monitoreo de la concentración de gas radón en aire del interior de las viviendas próximas a las instalaciones.

Debido a que los muestreos se realizan en varios puntos a lo largo de los distintos cursos de agua relevantes de las zonas de influencia de las instalaciones, los resultados se presentan como promedio de los puntos aguas arriba (incluyendo puntos blanco o de referencia) y de los puntos aguas abajo de las mismas.

Complejo minero fabril Sierra Pintada - 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 zona de Sierra Pintada. El mismo comenzó su operación en el año 1979 y actualmente el proceso de producción se encuentra interrumpido.

El muestreo radiológico ambiental asociado a la operación de la instalación se lleva a cabo sobre el arroyo Tigre (que atraviesa el complejo) y el río Diamante, efectuándose la toma de muestras de aguas superficiales y sedimentos. Además, también se analiza el agua de consumo humano de la Villa 25 de Mayo, de la ciudad de San Rafael y de la localidad de Monte Comán.

En la **Figura 16** se presentan los cursos de agua y la ubicación de los puntos de muestreo.

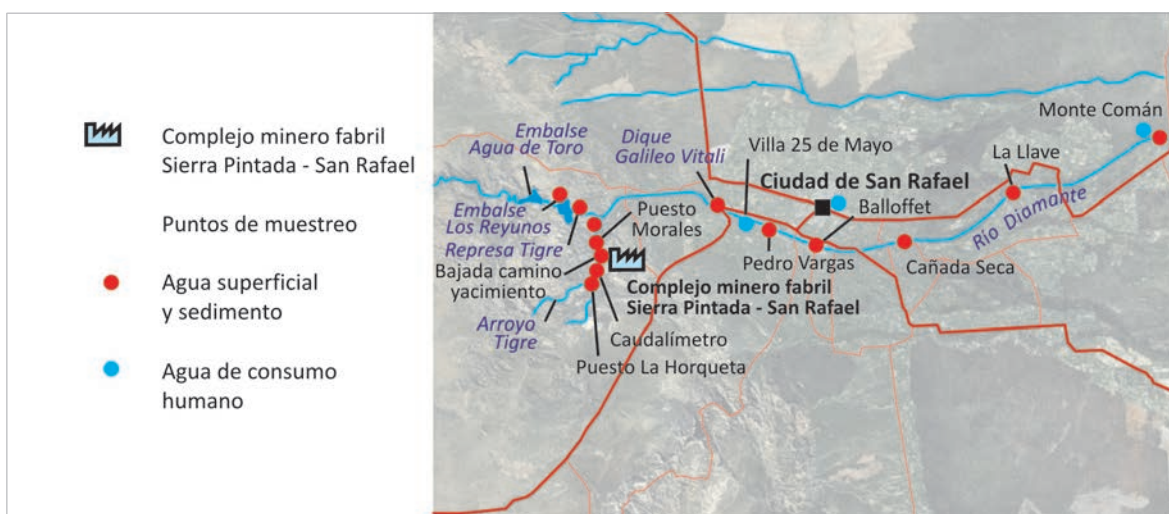


Figura 16. Alrededores del Complejo minero fabril Sierra Pintada - San Rafael (Provincia de Mendoza)

Durante 2014 se recolectaron 13 muestras de aguas superficiales, 3 muestras de agua de consumo humano y 9 muestras de sedimentos. También se midió radón en el interior de 9 viviendas de los alrededores de la instalación.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

Complejo minero fabril Sierra Pintada - San Rafael			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	5	Nº muestras analizadas	5
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD ($\mu\text{g/l}$): 7		LD (mBq/l): 10,5	
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	7,6	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	8	Nº muestras analizadas	8
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	0
LD ($\mu\text{g/l}$): 7		LD (mBq/l): 10,5	
Agua de consumo humano en zonas de influencia			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	1,5	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	2,2	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	1,0	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	3	Nº muestras analizadas	3
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	0
		LD (mBq/l): 9,8	
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	1,8	Promedio (mBq/g)	35,8
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	2,5	Máximo (mBq/g)	48,3
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	27,9
Nº muestras analizadas	5	Nº muestras analizadas	5
Nº análisis >LD	4	Nº análisis >LD	5
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,7			
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	1,7	Promedio (mBq/g)	43,3
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	3,4	Máximo (mBq/g)	52,8
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	31,4
Nº muestras analizadas	4	Nº muestras analizadas	4
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	4
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,9			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

A continuación se presentan los datos de concentración de gas radón medidos en viviendas próximas a la instalación.

Concentración de gas radón en viviendas aledañas al Complejo minero fabril Sierra Pintada	
	radón 222
Promedio (Bq/m ³)	25,9
Máximo (Bq/m ³)	60,4
Mínimo (Bq/m ³)	8,2
Nº muestras analizadas	9
Nº análisis >LD	9
Medición integrada de aprox. 5 meses	

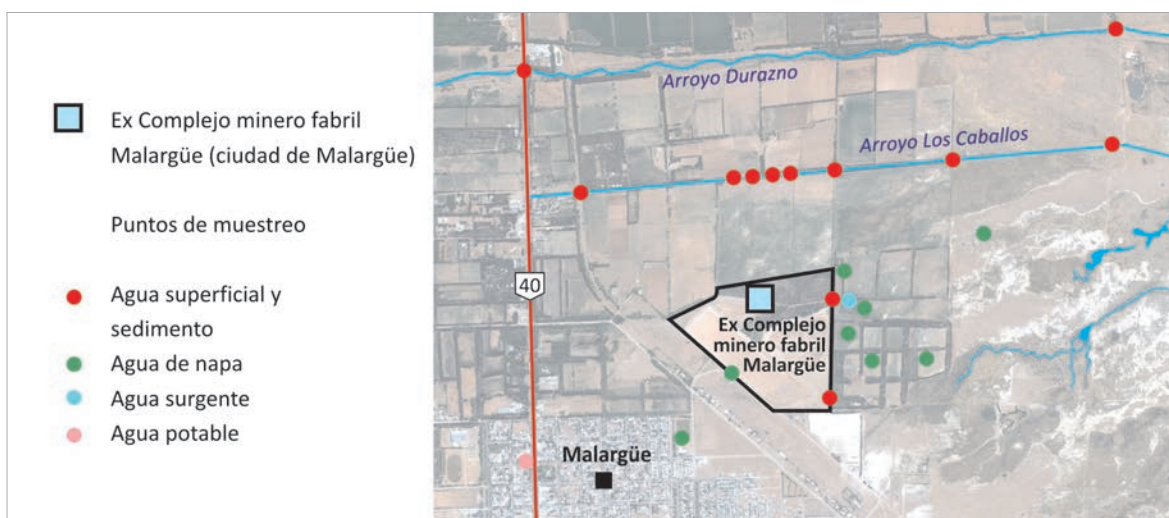
LD = mayor límite de detección determinado

Ex Complejo minero fabril Malargüe

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

El muestreo radiológico ambiental se lleva a cabo en aguas de napa freática, dado que es característico de la zona que la misma se encuentre muy elevada, aflorando en varios puntos en los alrededores de la instalación, así como en aguas superficiales y sedimentos en puntos ubicados en la zona de influencia de la instalación. También se toma una muestra del agua de consumo humano de la ciudad de Malargüe. En los mapas de la **Figura 17** se puede apreciar la ubicación de los distintos puntos de muestreo.

Durante el año 2014, debido a las condiciones de escasez de agua, solo se pudieron tomar 9 muestras de aguas superficiales y 7 de aguas subterráneas, además de 1 muestra de agua de consumo humano y 15 muestras de sedimentos. También se midió radón en el interior de 11 viviendas de los alrededores del complejo.



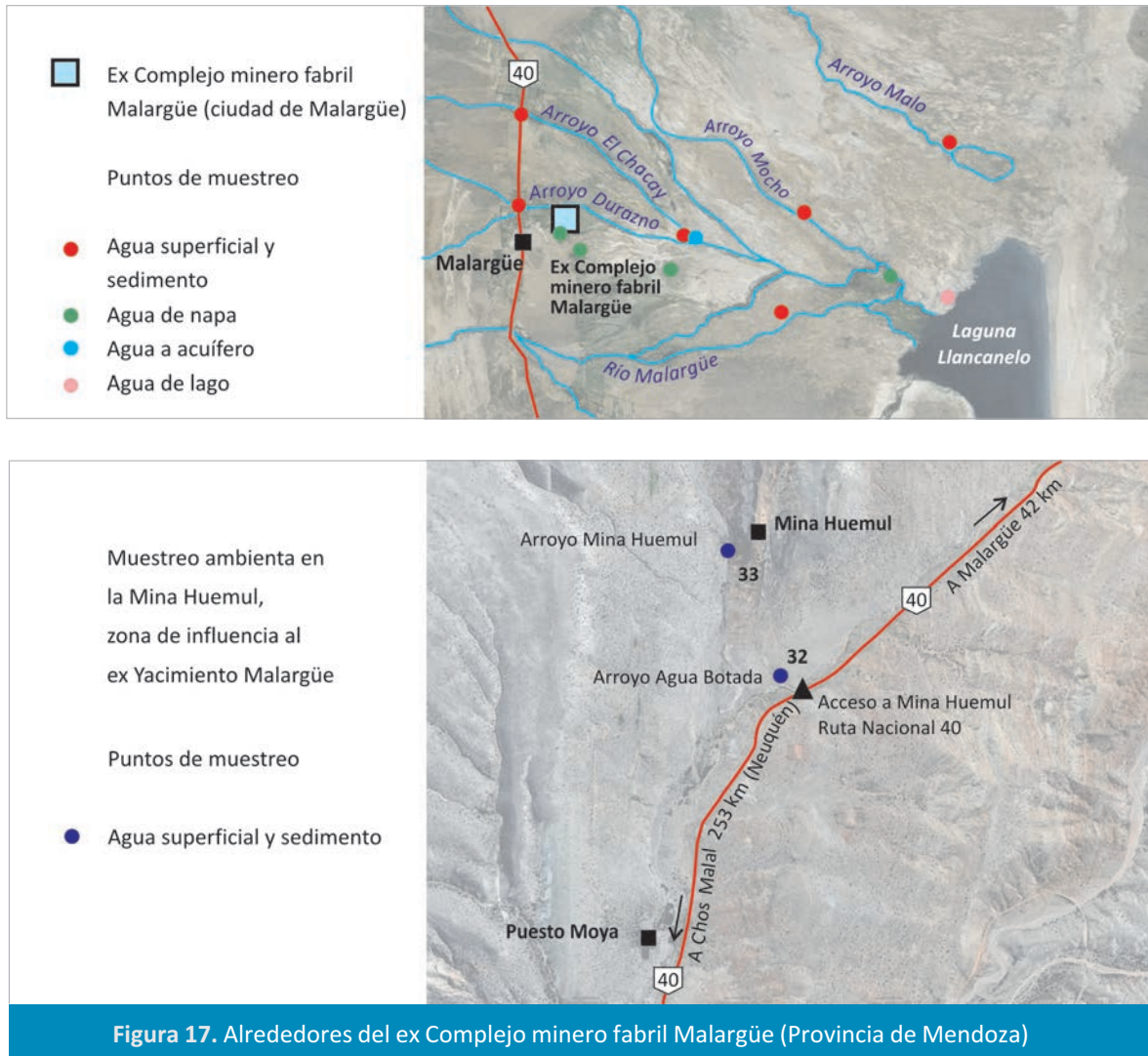


Figura 17. Alrededores del ex Complejo minero fabril Malargüe (Provincia de Mendoza)

Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

Ex Complejo minero fabril Malargüe			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	5	Nº muestras analizadas	5
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 7		LD (mBq/l): 10	
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	13,1	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	18,1	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	<LD	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	4	Nº muestras analizadas	4
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 7		LD (mBq/l): 9,9	

Ex Complejo minero fabril Malargüe (continuación)			
Aguas subterráneas de la zona de influencia			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	7	Nº muestras analizadas	7
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD ($\mu\text{g/l}$): 7		LD (mBq/l): 10	
Agua de consumo humano de la ciudad de Malargüe			
	uranio ($\mu\text{g/l}$)		radio 226 (mBq/l)
	1,3		<LD
			LD (mBq/l): 9,7

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Ex Complejo minero fabril Malargüe			
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	1,5	Promedio (mBq/g)	51,8
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	3,3	Máximo (mBq/g)	111
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	28,8
Nº muestras analizadas	6	Nº muestras analizadas	6
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	6
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,7			
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	4,9	Promedio (mBq/g)	41,7
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	12,7	Máximo (mBq/g)	86,1
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	<LD
Nº muestras analizadas	9	Nº muestras analizadas	9
Nº análisis >LD	8	Nº análisis >LD	8
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,5		LD (mBq/g): 14,1	

LD = mayor límite de detección determinado

Concentración de gas radón en viviendas aledañas al ex Complejo minero fabril Malargüe	
	radón 222
Promedio (Bq/m^3)	36,6
Máximo (Bq/m^3)	155
Mínimo (Bq/m^3)	13,5
Nº muestras analizadas	11
Nº análisis >LD	11
Medición integrada de aprox. 4 meses	

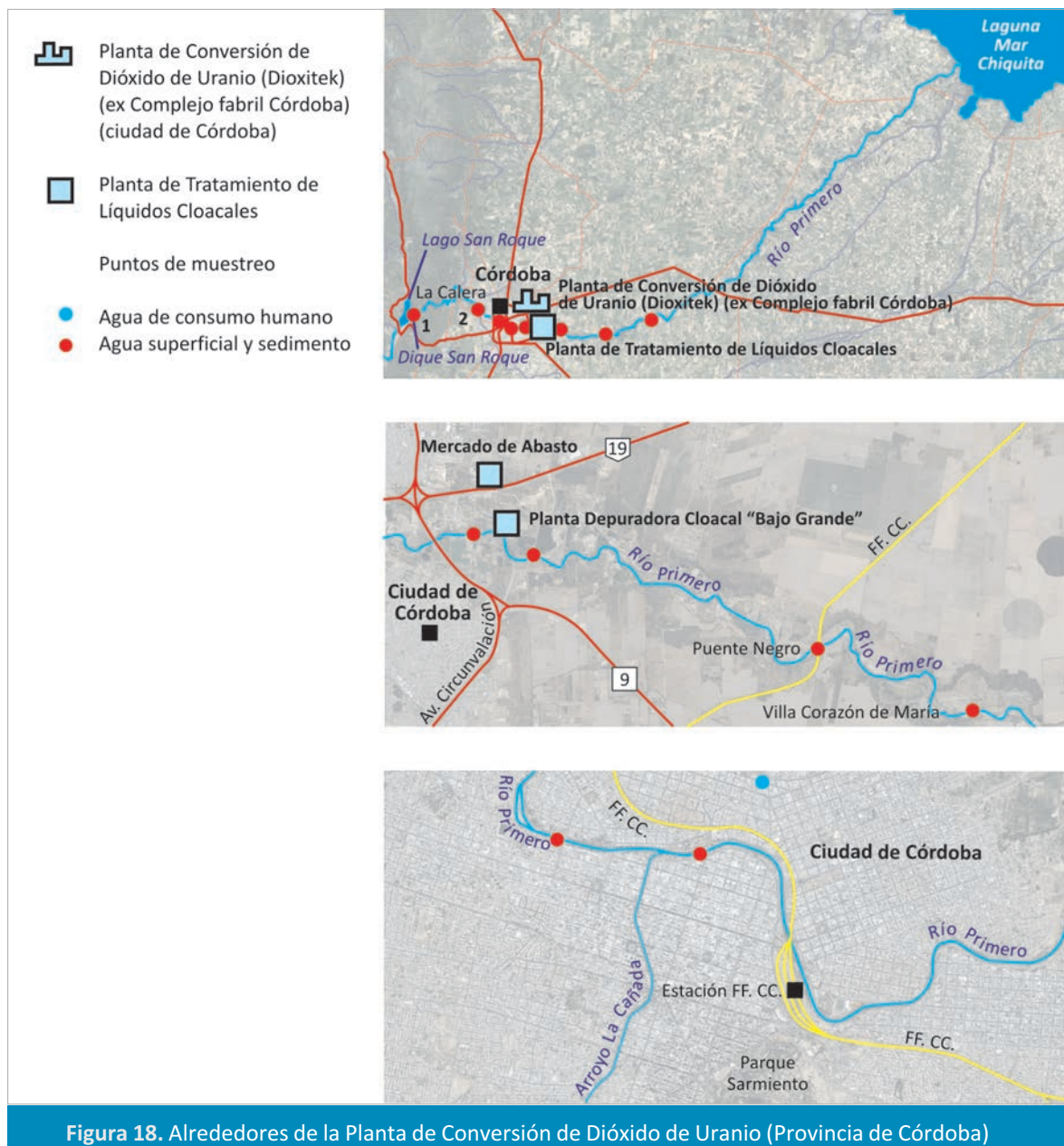
LD = mayor límite de detección determinado

Planta de Conversión de Dióxido de Uranio (Dioxitek) (ex Complejo fabril Córdoba)

Esta Planta está ubicada en la ciudad de Córdoba, en la zona conocida como Alta Córdoba, y fue creada para la obtención de concentrados de uranio a escala

industrial. 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 radiológico ambiental debido a la operación de esta instalación se basa en la toma de muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el río Suquía (río Primero), aguas arriba y aguas abajo de la instalación, como puede observarse en los mapas de la **Figura 18**. También se toma una muestra del agua de consumo humano de la Ciudad de Córdoba.



Durante el año 2014 se tomaron 8 muestras de aguas superficiales, 1 de agua de consumo humano y 4 muestras de sedimentos. También se realizaron mediciones de radón en 8 viviendas aledañas.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

Planta de Conversión de Dióxido de Uranio (Dioxitek) (ex Complejo fabril Córdoba)			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	5	Nº muestras analizadas	5
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 5,3		LD (mBq/l): 4,7	
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	7,4	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	11,6	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	<LD	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	3	Nº muestras analizadas	3
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 5,3		LD (mBq/l): 4,7	
Agua de consumo humano de la ciudad de Córdoba			
uranio (µg/l)		radio 226 (mBq/l)	
<LD		<LD	
LD (µg/l): 0,4		LD (mBq/l): 4,6	
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/g)	2,4	Promedio (mBq/g)	31,9
Máximo (µg/g)	3,9	Máximo (mBq/g)	49,3
Mínimo (µg/g)	<LD	Mínimo (mBq/g)	<LD
Nº muestras analizadas	2	Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	1
LD (µg/g): 0,8		LD (mBq/g): 14,4	
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/g)	3,8	Promedio (mBq/g)	28,9
Máximo (µg/g)	4,5	Máximo (mBq/g)	31,0
Mínimo (µg/g)	3,0	Mínimo (mBq/g)	26,9
Nº muestras analizadas	2	Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2	Nº análisis >LD	2

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de gas radón en viviendas aledañas a la Planta de Conversión de Dióxido de Uranio (Dioxitek) (ex Complejo fabril Córdoba)	
	radón 222
Promedio (Bq/m ³)	73,6
Máximo (Bq/m ³)	144
Mínimo (Bq/m ³)	23,4
Nº muestras analizadas	8
Nº análisis >LD	8
Medición integrada de aprox. 5 meses	

LD = mayor límite de detección determinado

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 radiológico 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 éstos, como los arroyos Batán y Moreno, y los ríos Icho Cruz y San Antonio.

En la **Figura 19**, se muestran esquemáticamente los alrededores del ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes, indicándose los puntos de muestreo.

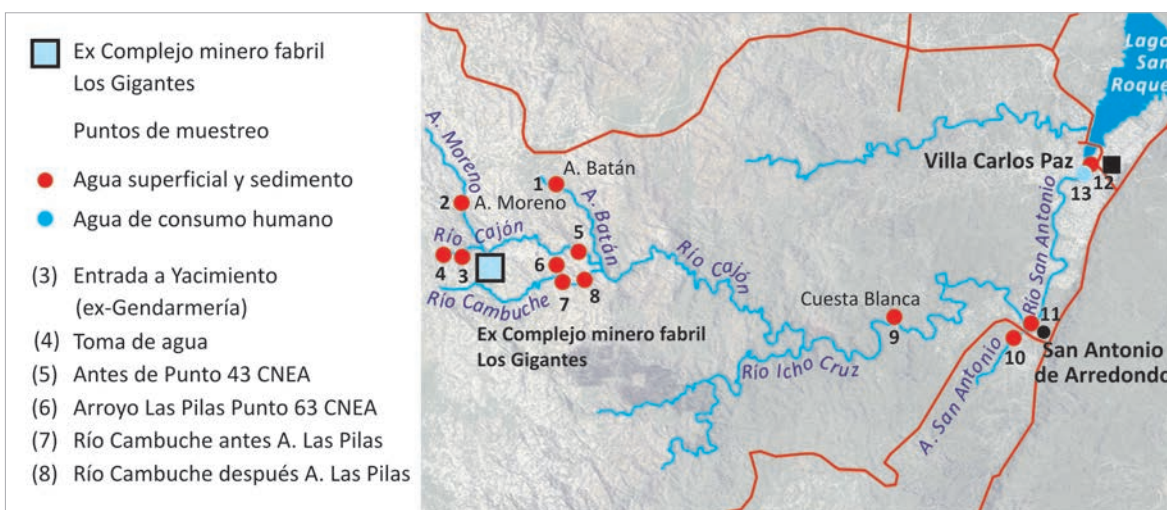


Figura 19. Alrededores del ex Complejo minero fabril Los Gigantes (Provincia de Córdoba)

Durante 2014 se recolectaron 12 muestras de aguas superficiales, 1 muestra de agua de consumo humano en la localidad de Villa Carlos Paz y 9 muestras de sedimentos. También se realizaron mediciones de radón en el interior de 3 viviendas cercanas al complejo.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en las distintas muestras.

Ex Complejo minero fabril Los Gigantes			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	4	Nº muestras analizadas	4
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 9,2		LD (mBq/l): 5,0	

Ex Complejo minero fabril Los Gigantes (continuación)			
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	14,9
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Máximo (mBq/l)	40,8
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	<LD
Nº muestras analizadas	8	Nº muestras analizadas	8
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	3
LD ($\mu\text{g/l}$): 9,2		LD (mBq/l): 4,6	
Agua de consumo humano de Villa Carlos Paz			
	uranio ($\mu\text{g/l}$)		radio 226 (mBq/l)
	1,1		<LD
			LD (mBq/l): 4,6
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	5,7	Promedio (mBq/g)	100,1
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	10,5	Máximo (mBq/g)	159,6
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	3,3	Mínimo (mBq/g)	59,5
Nº muestras analizadas	3	Nº muestras analizadas	3
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	3
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	6,9	Promedio (mBq/g)	92,4
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	10,9	Máximo (mBq/g)	168,7
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	3,1	Mínimo (mBq/g)	32,8
Nº muestras analizadas	6	Nº muestras analizadas	6
Nº análisis >LD	6	Nº análisis >LD	6

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de gas radón en viviendas aledañas al ex Complejo minero fabril Los Gigantes	
	radón 222
Promedio (Bq/m^3)	43,4
Máximo (Bq/m^3)	50,0
Mínimo (Bq/m^3)	35,5
Nº muestras analizadas	3
Nº análisis >LD	3
Medición integrada de aprox. 5 meses	

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 la margen este de la Ruta Provincial Nº 1, a 4 km hacia el norte de la localidad de Villa Larca y a 30 km al sur de la ciudad de Merlo.

Por razones topográficas y requerimientos de áreas aptas, la planta de tratamiento de mineral estaba ubicada a 3 km en línea recta del sector de mina. El ya-

cimiento La Estela está ubicado, como se indica en la **Figura 20**, sobre la margen izquierda del río Seco, aproximadamente a 1.200 msnm, en el faldeo occidental de la sierra de Comechingones.



Figura 20. Alrededores del ex Complejo minero fabril La Estela (Provincia de San Luis)

El sentido general de circulación de agua subterránea es de sur a norte, ya que al este y al oeste el Valle de Conlara 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 radiológico ambiental se lleva a cabo sobre el río Seco, tomándose muestras de aguas superficiales y sedimentos. También se toman muestras de agua de napa, por la eventual influencia sobre la misma del río Seco y muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre los Arroyos Benítez y Gatica y el río Conlara (por la eventual influencia sobre éste de las aguas subterráneas). Adicionalmente se toman muestras del agua de consumo humano de Villa Larca, Concarán, Santa Rosa de Conlara y Merlo.

En el año 2014 se tomaron 7 muestras de aguas superficiales, 1 de agua subterránea, 4 muestras de agua de consumo humano y 6 muestras de sedimentos y también se llevaron a cabo mediciones de radón en el interior de 2 viviendas aledañas al complejo.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

Ex Complejo minero fabril La Estela			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	2	Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD ($\mu\text{g/l}$): 9,2		LD (mBq/l): 4,8	

Ex Complejo minero fabril La Estela (continuación)			
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	6,8
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Máximo (mBq/l)	10,5
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	<LD
Nº muestras analizadas	5	Nº muestras analizadas	5
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	2
LD ($\mu\text{g/l}$): 9,2		LD (mBq/l): 4,9	
Aguas subterráneas del Valle de Conlara			
	uranio ($\mu\text{g/l}$)		radio 226 (mBq/l)
	11,9		6,7
Aguas de consumo humano del Valle de Conlara			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	9,1	Promedio (mBq/l)	<LD
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	25,0	Máximo (mBq/l)	5,2
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	0,9	Mínimo (mBq/l)	<LD
Nº muestras analizadas	4	Nº muestras analizadas	4
Nº análisis >LD	4	Nº análisis >LD	1
		LD (mBq/l): 4,8	
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	38,5	Promedio (mBq/g)	196,8
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	64,7	Máximo (mBq/g)	315,9
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	12,3	Mínimo (mBq/g)	77,6
Nº muestras analizadas	2	Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2	Nº análisis >LD	2
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	25,3	Promedio (mBq/g)	590,0
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	45,9	Máximo (mBq/g)	1436,3
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	1,9	Mínimo (mBq/g)	49,8
Nº muestras analizadas	4	Nº muestras analizadas	4
Nº análisis >LD	4	Nº análisis >LD	4

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de gas radón en viviendas aledañas al ex Complejo minero fabril La Estela	
	radón 222
Promedio (Bq/m^3)	121
Máximo (Bq/m^3)	148
Mínimo (Bq/m^3)	94
Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2
Medición integrada de aprox. 5 meses	

Ex Complejo minero fabril Pichiñán – Los Adobes

El ex Complejo minero fabril Pichiñán se encuentra ubicado en la Provincia de Chubut, a 40 km al norte de la localidad de Paso de Indios, sobre la Ruta Provincial Nº 12.

Este complejo inició su operación en agosto de 1977 y la finalizó abril de 1981, fecha en la que se procedió al cierre de la instalación. Inicialmente procesó mineral proveniente del yacimiento “Los Adobes”, ubicado 40 km al norte del complejo, y posteriormente del yacimiento “Cerro Cóndor”, ubicado 35 km al noroeste de la instalación.

El monitoreo radiológico ambiental consiste, fundamentalmente, en la recolección de muestras de aguas superficiales y sedimentos en el curso del río Chubut. También se toman muestras de agua de consumo humano en las localidades de Los Altares, Gaiman, Trelew y Rawson, ubicadas aguas abajo del complejo, siguiendo el curso del río, y finalmente una muestra de agua de mar en la desembocadura de este río en el Océano Atlántico (Bahía Engaño), tal como se presenta en la **Figura 21**.



Figura 21. Alrededores del ex Complejo minero fabril Pichiñán - Los Adobes (Provincia de Chubut)

Durante el año 2014 se tomaron 21 muestras de aguas superficiales (que incluye una muestra de agua de mar), 4 de aguas de consumo humano y 14 muestras de sedimentos, detallándose a continuación los resultados obtenidos:

Ex Complejo minero fabril Pichiñán - Los Adobes			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	<LD
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	9,5
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	<LD
Nº muestras analizadas	10	Nº muestras analizadas	10
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	1
LD (µg/l): 6		LD (mBq/l): 3,7	
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	10	Nº muestras analizadas	10
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 6		LD (mBq/l): 3,8	

Ex Complejo minero fabril Pichiñán - Los Adobes (continuación)			
Agua de mar (Bahía Engaño - Playa Unión - Rawson - Chubut)			
uranio ($\mu\text{g/l}$)		radio 226 (mBq/l)	
2,9		<LD	
		LD (mBq/l): 3,5	
Agua de consumo humano en zonas de influencia			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	1,3	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	2,7	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	0,6	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	4	Nº muestras analizadas	4
Nº análisis >LD	4	Nº análisis >LD	0
		LD (mBq/l): 3,5	
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	1,6	Promedio (mBq/g)	56,6
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	5,0	Máximo (mBq/g)	307,4
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	<LD
Nº muestras analizadas	8	Nº muestras analizadas	8
Nº análisis >LD	4	Nº análisis >LD	5
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,8		LD (mBq/g): 15,1	
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	1,2	Promedio (mBq/g)	25,9
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	1,7	Máximo (mBq/g)	35
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	<LD
Nº muestras analizadas	6	Nº muestras analizadas	6
Nº análisis >LD	5	Nº análisis >LD	4
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,7		LD (mBq/g): 15,7	

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Ex Complejo minero fabril Tonco

El ex Complejo minero fabril Tonco comenzó su actividad en abril de 1964 y la finalizó en 1981. Está ubicado, como se indica en la **Figura 22**, 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 Martín Miguel de Güemes.

El monitoreo radiológico ambiental consiste fundamentalmente en la recolección de muestras de aguas superficiales y sedimentos de los ríos Calchaquí, Las Conchas y Tonco (que atraviesa el yacimiento). 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. También se toman muestras de agua de consumo humano en la ciudad de Salta y las localidades de Cafayate y Cachi.

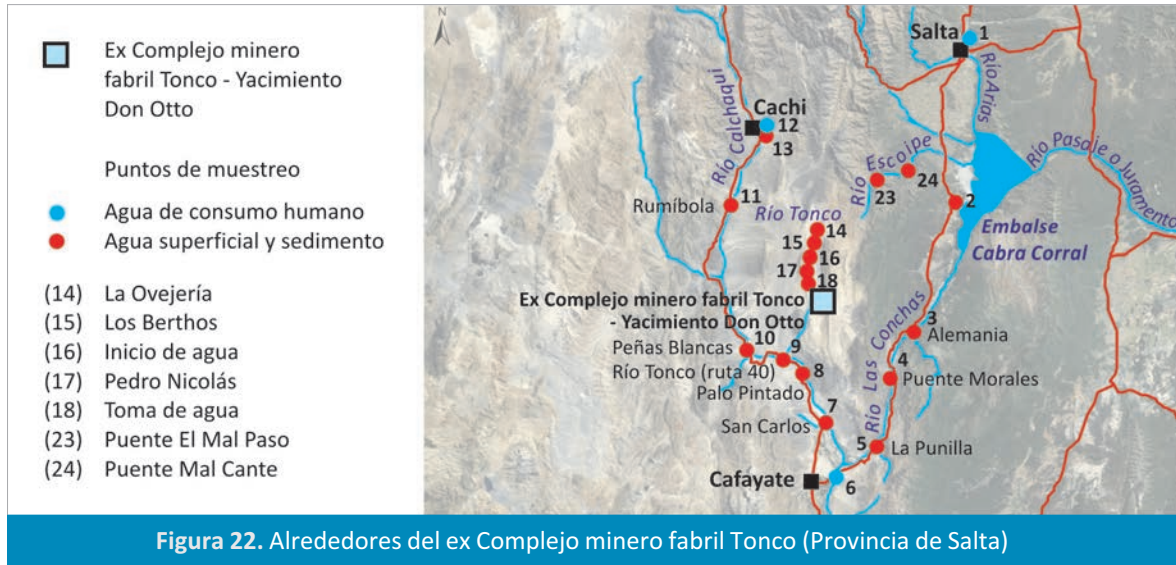


Figura 22. Alrededores del ex Complejo minero fabril Tonco (Provincia de Salta)

Durante el año 2014 se tomaron 14 muestras de aguas superficiales, 3 de aguas de consumo humano y 17 muestras de sedimentos. También se realizaron mediciones de radón en 2 viviendas aledañas al complejo.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

Ex Complejo minero fabril Tonco			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	14,5	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	57,8	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	<LD	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	8	Nº muestras analizadas	8
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 6,7		LD (mBq/l): 4,4	
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	6	Nº muestras analizadas	6
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 6,9		LD (mBq/l): 4,3	
Aguas de consumo humano en zona de influencia Salta-Cafayate-Cachi			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	5,3	Promedio (mBq/l)	18,8
Máximo (µg/l)	13,4	Máximo (mBq/l)	45,9
Mínimo (µg/l)	0,8	Mínimo (mBq/l)	<LD
Nº muestras analizadas	3	Nº muestras analizadas	3
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	2
		LD (mBq/l): 4,2	

Ex Complejo minero fabril Tonco (continuación)			
Aguas de consumo humano en zona de influencia Salta-Cafayate-Cachi			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	5,3	Promedio (mBq/l)	18,8
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	13,4	Máximo (mBq/l)	45,9
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	0,8	Mínimo (mBq/l)	<LD
Nº muestras analizadas	3	Nº muestras analizadas	3
Nº análisis >LD	3	Nº análisis >LD	2
LD (mBq/l): 4,2			
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	na	Promedio (mBq/g)	47,1
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Máximo (mBq/g)	75,1
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	na	Mínimo (mBq/g)	29,1
Nº muestras analizadas	10	Nº muestras analizadas	10
Nº análisis >LD	4	Nº análisis >LD	10
LD ($\mu\text{g/g}$): 1,5			
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	2,3	Promedio (mBq/g)	44,9
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	4,1	Máximo (mBq/g)	62,6
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	<LD	Mínimo (mBq/g)	19,4
Nº muestras analizadas	7	Nº muestras analizadas	7
Nº análisis >LD	6	Nº análisis >LD	7
LD ($\mu\text{g/g}$): 0,8			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de gas radón en viviendas aledañas al ex Complejo minero fabril Tonco	
	radón 222
Promedio (Bq/m^3)	24,5
Máximo (Bq/m^3)	31
Mínimo (Bq/m^3)	18
Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2
Medición integrada de aprox. 5 meses	

LD = mayor límite de detección determinado

Ex Complejo minero fabril Los Colorados

El ex Complejo minero fabril Los Colorados, cuya actividad se desarrolló entre 1993 y 1996 está ubicado en el Departamento Independencia de la Provincia de La Rioja, a unos 20 km al noroeste de la localidad de Patquía, como se indica en la **Figura 23**.

La planta de trituración de mineral, lixiviación y concentración de uranio estaba ubicada cerca del yacimiento, en un predio de 90 hectáreas, que corresponde a la concesión de la mina Los Colorados, otorgada por la Dirección de Minería de la Provincia de La Rioja.

El monitoreo radiológico ambiental consiste, fundamentalmente, en la recolección de muestras de aguas de napa freática, aguas superficiales y sedimentos de los arroyos Los Mogotes y Saladillo, y del agua de consumo humano de la localidad de Patquía. 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.



Figura 23. Alrededores del ex Complejo minero fabril Los Colorados (Provincia de La Rioja)

En el año 2014 se tomaron 3 muestras de aguas superficiales, 3 de aguas subterráneas (que incluye una muestra de agua de termal), 1 de agua de consumo humano y 3 muestras de sedimentos.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

Ex Complejo minero fabril Los Colorados			
Aguas superficiales, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	7,0	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	7,2	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo (µg/l)	<LD	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	2	Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	0
LD (µg/l): 6,7		LD (mBq/l): 4	
Aguas superficiales, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio (µg/l)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo (µg/l)	<LD	Máximo (mBq/l)	28,4
Mínimo (µg/l)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	1	Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	1
LD (µg/g): 6,7			
Agua de consumo humano de Patquía			
uranio (µg/l)		radio 226 (mBq/l)	
2,8		<LD	
		LD(mBq/l): 3,9	

Ex Complejo minero fabril Los Colorados (continuación)			
Agua termal de la zona de influencia			
uranio ($\mu\text{g/l}$)		radio 226 (mBq/l)	
<LD		65,4	
LD ($\mu\text{g/l}$): 0,7			
Aguas subterráneas de la zona de influencia			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	10,8	Máximo (mBq/l)	146,7
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	1	Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	1
Aguas subterráneas fuera de la zona de influencia			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/l}$)	na	Promedio (mBq/l)	na
Máximo ($\mu\text{g/l}$)	<LD	Máximo (mBq/l)	<LD
Mínimo ($\mu\text{g/l}$)	na	Mínimo (mBq/l)	na
Nº muestras analizadas	1	Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	0	Nº análisis >LD	0
LD ($\mu\text{g/l}$): 6,7		LD(mBq/l): 4,2	
Sedimentos, aguas arriba de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	2,9	Promedio (mBq/g)	38,2
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	3,4	Máximo (mBq/g)	47,9
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	2,4	Mínimo (mBq/g)	28,5
Nº muestras analizadas	2	Nº muestras analizadas	2
Nº análisis >LD	2	Nº análisis >LD	2
Sedimentos, aguas abajo de la instalación			
	uranio		radio 226
Promedio ($\mu\text{g/g}$)	na	Promedio (mBq/g)	na
Máximo ($\mu\text{g/g}$)	3,3	Máximo (mBq/g)	51,1
Mínimo ($\mu\text{g/g}$)	na	Mínimo (mBq/g)	na
Nº muestras analizadas	1	Nº muestras analizadas	1
Nº análisis >LD	1	Nº análisis >LD	1

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Conclusiones

La Organización Mundial de la Salud ha establecido valores guía de concentración de actividad de radionucleidos para agua potable en su “Guía para la Calidad del Agua Potable” (Cap. 9 Revisión 4, 2011). Los valores guía recomendados para la presencia de los isótopos como el uranio 238, uranio 234 y uranio 235 en agua potable son 10 Bq/l, 1 Bq/l y 1 Bq/l, respectivamente. Los valores medidos de concentración de actividad en aguas ambientales de la zona de influencia de los complejos minero fabriles no superan en ningún caso los valores guía recomendados por dicho organismo internacional para aguas potables.

Por otro lado, a fin de realizar la evaluación de los aspectos toxicológicos asociados a la concentración de uranio en aguas, corresponde tener en cuenta que la legislación nacional establece un nivel guía de 100 $\mu\text{g/l}$, tal como lo consigna la

"Tabla 1 Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Agua de Bebida Humana con Tratamiento Convencional" del Anexo II del Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley N° 24.051 "Residuos Peligrosos" y la "Tabla 1 Fuentes de Agua para Bebida Humana" del Anexo IV "Niveles Guía de Calidad de Agua, Suelo y Aire" de la Normativa Complementaria y Presupuestos Mínimos aprobada por el Consejo Federal de Minería el 16/08/1996, que complementa a la Ley N° 24.585 "Código de Minería".

El análisis de las determinaciones de la concentración de uranio efectuadas en aguas ambientales en las distintas zonas de los complejos citados, indica que ninguno de los resultados informados supera el valor guía de 100 µg/l de concentración de uranio establecido en la legislación vigente, siendo la mayoría de ellos muy por debajo de dicho valor.

En el caso de las determinaciones de radio 226 en aguas, todos los valores medidos resultan ser marcadamente inferiores al valor guía de concentración de actividad recomendado para agua potable por la Organización Mundial de la Salud (1 Bq/l).

Respecto a las determinaciones realizadas en muestras de sedimentos, considerados como referencia los valores del contenido de radionucleidos naturales en suelos, presentados en el reporte 2008 del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas, que establece el contenido natural de uranio 238 en suelos en un rango de 2 a 1.000 Bq/kg, y el de radio 226 entre 0,5 y 1.000 Bq/kg. En base a esto, todas las muestras de sedimentos correspondientes al monitoreo de yacimientos (y del Complejo Tecnológico Pilcaniyeu) presentaron concentraciones de uranio 238 dentro de los mencionados rangos, teniendo en cuenta la actividad específica del uranio natural, de 0,025 Bq/µg, y considerando que la mitad de la actividad específica del uranio natural corresponde al uranio 238. En el caso del radio 226, solo se halló una muestra de sedimento con una concentración superior al rango mencionado, no obstante lo suficientemente baja como para no representar riesgo radiológico para el público.

Respecto a las mediciones de radón realizadas en el interior de viviendas aledañas a los complejos, es importante señalar que todas las mediciones son marcadamente inferiores al nivel de acción de 400 Bq/m³ establecido por la Norma Básica de Seguridad Radiológica de la ARN.

Monitoreo ambiental no relacionado con las instalaciones nucleares

Se determinaron las concentraciones de radionucleidos de interés en muestras en aire, agua de lluvia, leche y alimentos varios. Las muestras de frutas y verduras de diferentes especies fueron adquiridas en el Mercado Central de Buenos Aires. Asimismo se determinó el nivel promedio de tasa de dosis ambiental. En la

siguiente tabla se presenta la frecuencia de muestreo y ensayo de los radionucleidos determinados para cada matriz analizada.

Tipo de muestra	Radionucleido a analizar (*)	Frecuencia de muestreo	Frecuencia de ensayo	Puntos de muestreo
Tasa de dosis ambiental	emisores gamma	continua, con dosímetros (TLD)	anual	BAS1
Condensado de humedad	tritio	continua (toma de muestra semanal)	semanal	BAS1
Particulado en aire	emisores gamma	continua	pool semestral	BAS1
	estroncio 90			
	uranio			
	emisores alfa-beta			
Agua superficial (Río de la Plata)	emisores gamma	semestral	semestral	BAS7
	tritio			
	emisores alfa-beta			
Leche	emisores gamma	semestral	semestral	BAS2
	yodo 131			
	estroncio 90			
	tritio			
Vegetales y frutas	emisores gamma	semestral (verduras de hoja, verduras de raíz, otras verduras y frutas)	semestral	BAS3
	estroncio 90			
	tritio	semestral (verduras de hoja y frutas)		
Depósito húmedo	emisores gamma	continua	trimestral	BAS1
	estroncio 90			

(*) Emisores gamma se refiere a cesio 137 y cobalto 60

Con respecto al muestreo de particulado en aire, condensado de humedad y depósito húmedo, los equipos muestreadores se encuentran ubicados en la Sede Central de la ARN, Avenida Libertador 8250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En el plan de monitoreo efectuado durante el año 2014 se recolectaron 124 muestras (muchas de las cuales fueron utilizadas para conformar muestras compuestas o *pools*).

Los valores de concentración de actividad medidos en las muestras mencionadas se pueden observar en las siguientes tablas:

Tasa de dosis ambiental - nGy/hora (promedio anual) en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires
49,9

Concentración de actividad en muestras de condensados de humedad de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires	
	tritio
Promedio (Bq/m ³)	na
Máximo (Bq/m ³)	<LD
Mínimo (Bq/m ³)	na
Nº muestras analizadas	52
Nº análisis >LD	0
LD (Bq/m ³): tritio 0,12	

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en muestras de aerosoles totales en aire de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires				
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	uranio (*)
Promedio (μBq/m ³)	na	na	na	na
Máximo (μBq/m ³)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (μBq/m ³)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (μBq/m ³): cesio 0,2; cobalto 0,2; estroncio 3,6; uranio 53				

(*) Para expresar la masa en actividad se utilizó la actividad específica del uranio natural, que es de 0,025 Bq/μg (NPL Report IR6, enero 2008).

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en muestras de agua de lluvia de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires			
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/m ²)	na	na	na
Máximo (Bq/m ²)	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/m ²)	na	na	na
Nº muestras analizadas	4	4	4
Nº análisis >LD	0	0	0
LD (Bq/m ²): cesio 0,2; cobalto 0,1; estroncio 0,07			

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en leche del Mercado Central					
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	yodo 131
Promedio (Bq/l)	na	na	na	na	na
Máximo (Bq/l)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/l)	na	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	0	0
LD (Bq/l): tritio 6; cesio 0,004; cobalto 0,003; estroncio 0,05; yodo 0,2					

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Concentración de actividad en alimentos vegetales del Mercado Central				
Frutas				
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	<LD	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	0,011	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	<LD	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	1	0	0
LD (Bq/kg): tritio 7; cesio 0,01; cobalto 0,006; estroncio 0,12				
Verduras de hoja				
	tritio	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
Promedio (Bq/kg)	na	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/kg): tritio 7; cesio 0,01; cobalto 0,007; estroncio 0,11				
Verduras de raíz				
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	
Promedio (Bq/kg)	na	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,006; cobalto 0,006; estroncio 0,07				
Otras verduras				
	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	
Promedio (Bq/kg)	na	na	na	na
Máximo (Bq/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD
Mínimo (Bq/kg)	na	na	na	na
Nº muestras analizadas	2	2	2	2
Nº análisis >LD	0	0	0	0
LD (Bq/kg): cesio 0,005; cobalto 0,004; estroncio 0,05				

LD = mayor límite de detección determinado; na = no aplicable

Las muestras tomadas se consideran punto blanco, ya que no se encuentran relacionadas con ninguna de las centrales nucleares o yacimientos monitoreados. Las concentraciones de los distintos radionucleidos se encuentran por debajo de los respectivos límites de detección y se verificó una leve concentración superior al LD para cesio 137 en una muestra de fruta. Dicho valor es explicable como producto del *fallout*.

El promedio de los niveles de tasa de dosis ambiental medido en la zona resultó igual a 42,7 nGy/h, el cual es consistente con el valor medio de 58 nGy/h informado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas para sitios no influenciados por instalaciones nucleares.

Actividades científico técnicas de apoyo a la regulación

La ARN desarrolla a través de la Gerencia de Apoyo Científico Técnico (GACT) tareas científico-técnicas asociadas a la función regulatoria de la institución. Para ello cuenta con laboratorios y equipamiento apropiados, y con personal especializado que lleva a cabo la implementación de metodologías tanto en mediciones como en evaluaciones y sus validaciones en las diferentes áreas de trabajo.

Las tareas asociadas al control regulatorio y de desarrollo que se realizan son:

- Muestreos ambientales y de descargas y su correspondiente análisis.
- Evaluaciones de seguridad radiológica en la gestión de residuos radiactivos.
- Verificación de equipos de medición de radiación.
- Dosimetría en campos de radiación externa.
- Evaluación de la exposición interna en trabajadores y en pacientes en el caso de nuevas terapias metabólicas con diferentes radiofármacos en el ámbito de medicina nuclear.
- Dosimetría biológica.
- Evaluación de blindajes.
- Evaluaciones de seguridad radiológica para la prevención de accidentes de criticidad.
- Evaluaciones de sistemas de ventilación.
- Medición de radón en ambientes laborales y en viviendas.
- Asesoramiento médico en radioprotección a partir de evaluaciones dosimétricas y radiobiológicas.
- Evaluaciones en radiopatología: aplicación de indicadores diagnósticos y pronósticos en situaciones de sobreexposición accidental, marcadores de radiosensibilidad de tejidos normales y neoplásicos y estudios de opacidad radioinducida.

Evaluaciones de seguridad radiológica en la gestión de residuos radiactivos y combustibles gastados

La ARN realiza evaluaciones para el control de la seguridad radiológica en relación con la gestión de residuos radiactivos y de combustibles gastados, con el objetivo de garantizar que los trabajadores, el público y el medio ambiente estén adecuadamente protegidos.

Específicamente se realizan evaluaciones de seguridad asociadas a la gestión de residuos radiactivos generados en las centrales de Atucha y de Embalse, de prácticas asociadas a la extensión de vida de la Central Nuclear Embalse y de Informes de Seguridad de los reactores CAREM y RA 10. Entre otros aspectos, la ARN:

- Verifica el cumplimiento con criterios de seguridad de instalaciones destinadas al almacenamiento de residuos radiactivos.
- Participa en la revisión y elaboración de normativas específicas al sector.
- Realiza evaluaciones tendientes a la aplicación de niveles de exención de registro para usos o prácticas que involucran pequeñas cantidades de material radiactivo.
- Realiza evaluaciones de dispensa.
- Otorga las autorizaciones correspondientes para optimizar la gestión de residuos radiactivos.

Evaluaciones de seguridad radiológica en diferentes escenarios de exposición

Las evaluaciones para el control de la seguridad radiológica también se realizan en distintos escenarios de exposición, como instalaciones y prácticas autorizadas, con la misma finalidad de garantizar la adecuada protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente.

Para ello, se realizan cálculos de blindajes, evaluaciones de seguridad radiológica para la prevención de accidentes de criticidad, evaluaciones de sistemas de ventilación, análisis de difusión y dispersión de contaminantes en el ambiente.

La fiscalización del impacto radiológico ambiental, producto de la operación de las instalaciones se realiza, principalmente a través del control de las descargas al medio ambiente, complementándolo con el programa de monitoreo radiológico ambiental.

Durante la operación normal de la mayoría de las Instalaciones Clase I, se generan efluentes radiactivos que son descargados al ambiente en forma controlada y planificada. Los operadores realizan las mediciones de las descargas y envían esa información a la ARN. Esta información es auditada y verificada por la ARN en forma independiente, en sus laboratorios propios y con personal especializado,

tanto en la toma de muestras como en el proceso posterior de medición y evaluación.

Laboratorios de la ARN

En el Centro Atómico Ezeiza se encuentran instalados los laboratorios propios de la ARN, a cargo de la Gerencia de Apoyo Científico Técnico. Los laboratorios están instalados y equipados para realizar mediciones, calibraciones y evaluaciones, que dan soporte a la actividad regulatoria de la institución.

El **Laboratorio de Control Ambiental** lleva a cabo el control radiológico ambiental (a través del Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental) en los alrededores de las instalaciones reguladas por la ARN en forma totalmente independiente de los que ejecutan las instalaciones. Esta actividad comprende el muestreo y pretratamiento y la determinación de la concentración en actividad de diferentes radionucleidos en diversas matrices ambientales (aguas, aire, suelos, filtros, sedimentos y alimentos) utilizando técnicas de medición de radiación como espectrometría gamma y alfa, determinación de tritio, radio, uranio, estroncio, actividad alfa y beta total, análisis específicos de radionucleidos y medición de la concentración de gas radón.

Se analizan las muestras provenientes de la fiscalización y auditorías regulatorias llevadas a cabo por personal de la ARN, como así también solicitudes externas de instalaciones relevantes.

El laboratorio de descargas realiza el muestreo y el análisis químico de efluentes gaseosos y líquidos descargados por las centrales nucleares. Realiza también la determinación de la eficiencia de filtros.

El **Laboratorio de Dosimetría Biológica** (LDB) tiene como función la aplicación de dosímetros e indicadores biológicos para la evaluación de situaciones de sobreexposición, calidades de radiación y distribuciones de dosis en el cuerpo, utilizando dosímetros biológicos como dicéntricos, anillos céntricos y otras desviaciones cromosómicas multicéntricas, micronúcleos, condensación prematura de cromosomas (PCC) e hibridación in situ por fluorescencia (FISH).

El laboratorio integra la red RANET perteneciente al sistema de respuesta y asistencia en situaciones de emergencias del OIEA y, brinda asistencia para la estimación dosimétrica de personas involucradas en incidentes y accidentes ocurridos en la región Latinoamericana. Asimismo, el laboratorio forma parte de la red de dosimetría biológica (BioDoseNet) de la OMS y lidera la red Latinoamericana de Dosimetría Biológica.

El **Laboratorio de Dosimetría Interna** realiza la medición directa de la carga corporal en situaciones rutinarias, incidentales o accidentales debida a exposición

interna en personal de ARN e inspectores del OIEA y ABACC, sea medición de todo el cuerpo o de parte como tiroides o pulmón.

También realiza la determinación de la actividad de yodo 131 en tiroides, dentro y fuera del sitio permanente de ensayo, incluyendo los procedimientos y calibraciones para la medición de la exposición interna por inhalación en los trabajadores con práctica en **Medicina Nuclear**.

El **Laboratorio de Dosimetría Física** garantiza la operatividad de los sistemas de medición de dosis por métodos físicos. Realiza la dosimetría personal de todos los agentes de la ARN considerados ocupacionalmente expuestos y la dosimetría ambiental en los alrededores de las instalaciones fiscalizadas por la ARN. También, lleva adelante la dosimetría de área en las instalaciones fiscalizadas por la ARN, a demanda de distintos sectores de la institución. Además calibra los equipos de medición de campos de radiación ionizante de la ARN para radiación alfa, beta, gamma y neutrones.

Tanto los laboratorios como otros grupos de trabajo de la Gerencia de Apoyo Científico y Técnico participan en proyectos coordinados de investigación, colaboración y actividades del programa de cooperación técnica del OIEA, y contribuyen con los grupos involucrados en la preparación para la respuesta frente a emergencias radiológicas y nucleares.

Durante el año 2014 la ARN realizó más de 9.000 determinaciones entre calibraciones, mediciones y evaluaciones.

Accreditación de laboratorios

En diciembre 2013 se realizó satisfactoriamente la evaluación de mantenimiento de la acreditación del Laboratorio de Dosimetría Interna (LE 193) y en el mes de marzo 2014 la correspondiente al Laboratorio de Dosimetría Física (LC 29), ya acreditados ante el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) – miembro de la ILAC- conforme a la norma IRAM 301 (ISO/IEC 17025).

Laboratorio	Material/ Producto	Ensayo	Norma / Procedimiento interno	Validación	Acreditado	
					Desde	Hasta
Dosimetría Interna (LE 193)	In vivo sobre tiroides humana	Determinación de actividad de ¹³¹ I en tiroides	Determinación de actividad de ¹³¹ I en tiroides (I-CTC-01)	Informe de aseguramiento de la calidad (F-ASEG-03) 27-12-2012	25-4-2013	24-4-2017

ACREDITADO						
MAGNITUD: Respuesta para equivalente de dosis ambiental (H*), Kerma en aire (Ka), exposición (X), equivalente de dosis de fotones (Hx), equivalente de dosis personal (Hp), dosis absorbida (D) y sus derivadas respecto a tiempo.						
Laboratorio	Servicios	Campo de medición o régimen operativo	Capacidad de medición y calibración	Norma / Método	Desde	Hasta
Dosimetría Física (LC 029)	Calibraciones de detectores de campo de radiación	Tasa de equivalente de dosis ambiental entre 0,5 y 16 mSv/h(*) (referida a la energía del ¹³⁷ Cs)	Incertidumbre total Expandida (k=2) porcentual=11%	Calibración de equipos de medición de campos de radiación (I-CAL-01) basado en IAEA SRS Nº 16	23-3-2013	vigente
(*) Dado que el patrón de referencia presenta decaimiento natural, el rango se actualiza en cada calibración de dicho patrón.						
MAGNITUD: Factor de calibración para la emisividad superficial y actividad superficial						
Dosimetría Física (LC 029)	Calibraciones de detectores de radiación	Contaminación superficial alfa, beta y gamma Rango de energía entre 157 keV y 5486 keV	Incertidumbre total Expandida (k=2) porcentual=11%	Calibración de equipos de medición de contaminación superficial (I-CAL-02) basado en IAEA SRS Nº 16	23-3-2013	vigente

Por otro lado se obtuvo la re-acreditación del Laboratorio Dosimetría Biológica (LE 147), con la actualización de la Norma ISO 19238:2014.

Laboratorio	Material/ Producto	Ensayo	Norma / Procedimiento interno	Acreditado	
				Desde	Hasta
Dosimetría Biológica (LE 147)	Sangre Humana	Dosimetría Biológica (Citogenética)	ISO 19238:2004	25-2-2014	24-8-2014
	Sangre Humana	Ensayos de Dosimetría Biológica (Citogenética)	ISO 19238:2014	25-8-2014	Vigente

En los meses de mayo y junio de 2014 se recibió nuevamente la visita de la OAA, logrando así la re evaluación del Laboratorio de Control Ambiental (LE 116) con la modificación de la nueva versión de la Norma ASTM-D-5174-07 re aprobada en 2013 utilizada por el laboratorio de Uranio por KPA y se extendió el alcance para las técnicas de medición de estroncio 90 en aguas y tritio en leche.

Laboratorio	Material/ Producto	Ensayo	Norma / Procedimiento interno	Validación	Acreditado	
					Desde	Hasta
Laboratorio de Control Ambiental de la ARN (LE 116)	Agua	Determinación de la actividad de radionucleidos emisores gamma	ISO 10703:2007 (P-SPEC-05)	-	8-7-2014	Vigente
	Agua	Determinación de uranio por fluorimetría	Determinación de uranio en agua por fluorimetría (P-FLUO-03)	Validación de métodos de ensayo para la determinación de uranio por fluorimetría	8-7-2014	Vigente
	Agua	Determinación de trazas de uranio con el equipo KPA	Norma ASTM D-5174-02	-	8-7-2014	26-8-2014
	Agua	Determinación de tritio	Determinación de tritio en agua (P-TRIT-04)	Informe de validación de la técnica para la determinación de tritio en aguas	8-7-2014	Vigente
	Agua	Determinación de estroncio-90	Determinación de estroncio 90 en aguas (P-STRO-26)	Informe de validación de la técnica de la determinación de estroncio 90 en agua	8-7-2014	Vigente
	Leche	Determinación de Tritio	Determinación de tritio en leche (P-LECH-55)	Informe de validación de la técnica para la determinación de tritio en leche	8-7-2014	Vigente
	Agua	Determinación de trazas de uranio con el equipo KPA	Norma ASTM D-5174-07 re-aprobada en 2013 (P-KPAL-25)	-	27-8-2014	Vigente

Por último, en el mes de diciembre se realizó el Segundo Mantenimiento del Laboratorio de Dosimetría Interna (LE 193) y el correspondiente al Laboratorio de Dosimetría Física con resultados satisfactorios. Asimismo, el laboratorio de ensayo de Dosimetría por Termoluminiscencia, perteneciente al Laboratorio de Dosimetría Física, obtuvo resultados satisfactorios en la auditoría externa realizada por el OAA. Se aguarda el certificado de acreditación.

Se continuará trabajando en la implementación de las técnicas “Determinación de H-3 en condensado de humedad (Bq/m^3)”, “Determinación de actividad de I-131 en tiroides fuera del sitio permanente de ensayo”, “Dosimetría en extremidades” y “Micronúcleos en células binucleadas”.

El alcance de las acreditaciones, responsables técnicos y vigencias de la acreditación estarán disponibles y continuamente actualizadas en la página web institucional del OAA.

A los efectos del aseguramiento de la calidad de las mediciones y con el fin de producir resultados comparables, los laboratorios participaron durante todo el año en diversos ejercicios de intercomparación con otros laboratorios internacionales y nacionales reconocidos, como:

- *National Institute of Standards and Technology (NIST)* – Espectrometría gamma en aguas.
- *National Physical Laboratory (NPL)* – Uranio, tritio y estroncio 90 en aguas.
- *Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)* – Estroncio 90 y espectrometría gamma en aguas.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) – Uranio por fluorimetría y KPA en aguas.
- *European Radiation Dosimetry Groups (EURADOS)* – Dosimetría por termoluminiscencia.
- Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) - Magnitud Factor de Calibración / Eficiencia, en los términos definidos en el documento OIEA SRS N° 16, para fuentes planas de ^{241}Am (alfa), ^{14}C (beta), ^{36}Cl (beta) y $^{90}\text{Sr}^{90}\text{Y}$ (beta).
- Ministerio de Salud de Canadá – Ensayo de dicéntricos.
- Se iniciaron las actividades para la participación en la intercomparación RENEb, con la Unión Europea, en el marco de la Red Latinoamericana de Dosimetría Biológica.

Para cumplir dichas actividades, los laboratorios operan con patrones certificados a fin de asegurar la trazabilidad de las mediciones.

Además, se continúa implementado la Norma ISO/IEC 17043:2010 en los Laboratorios de Dosimetría Biológica, Dosimetría Interna y Dosimetría Física para lograr la acreditación como proveedor de Ensayos de Aptitud.

En referencia a esto se organizaron dos intercomparaciones nacionales de dosimetría interna:

- Medición de actividad en tiroides y el reporte de E(50).
- 4 casos simulados de exposición interna para la evaluación de datos de medición de cálculo de la incorporación y la dosis efectiva comprometida.

Y dos intercomparaciones regionales de dosimetría personal:

- Medición de neutrones de los servicios de dosimetría personal.
- Dosímetros personales de cuerpo entero para fotones.

Por otro lado, como complemento a las acreditaciones y con el fin de contribuir a la mejora continua, se re-certificó por el IRAM hasta el año 2017 el proceso “Seguimiento de la documentación interna y externa del proceso de la Gerencia

Apoyo Científico Técnico” bajo la norma IRAM ISO 9001:2008. Este alcance comprende Informes de Evaluaciones de Seguridad Radiológica (ventilación, blindajes, criticidad, residuos radiactivos, descargas, dosis, impacto ambiental), Informes de Ensayo y Certificados de Calibración que emiten todos los laboratorios de la ARN, con la excepción de los informes de ensayo provenientes del Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental (PMRA), los cuales son controlados mediante la base ambiental “Ambienta” vigente.

El Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) de los laboratorios acreditados asegura obtener información de retorno del cliente, por medios documentados (reuniones, encuestas, notas, por e-mail, etc.) y no documentados (comunicaciones telefónicas o personalmente). Cuando es requerido, se brinda la información necesaria a los clientes o representantes, siempre que sea posible asegurar la confidencialidad de los datos hacia otros clientes. Asimismo, se informa al cliente acerca de toda demora o desviación del acuerdo o contrato establecido.



Indicadores de gestión de pedidos: diario, trimestral y anual

Nota: 24 pedidos no se ven reflejados en el Indicador Eficacia Trimestral dado que tienen fecha de vencimiento en el año 2015.

A través del proceso certificado se realiza un seguimiento riguroso sobre los plazos establecidos de entrega.

Una vez finalizado el pedido se asienta la fecha de salida, quedando registro del estado del cumplimiento.

Esta planilla cuenta con tres indicadores: Diario, Trimestral y Anual.

Se ha establecido un valor umbral deseable para el indicador anual y trimestral del 75%.

Sus resultados son analizados en revisiones trimestrales por los responsables del proceso.