

Resultados del Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental de la ARN Período 2021

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es el organismo del Estado argentino dedicado a la regulación y fiscalización de la actividad nuclear, en las áreas de seguridad radiológica y nuclear, protección y seguridad física, y salvaguardias y no proliferación. Como parte de sus funciones regulatorias, la **ARN es responsable de controlar el impacto radiológico ambiental de toda actividad que licencie, a través del monitoreo, estudio y seguimiento de la incidencia, evolución o posibilidad de daño ambiental que pueda provenir de dichas actividades.** Para ello, la ARN lleva adelante el [Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental \(PMRA\)](#) en los alrededores de las instalaciones relevantes del país, de manera totalmente independiente del que realizan estas instalaciones.

El control radiológico ambiental se realiza de acuerdo a lo establecido por la [Ley Nacional N° 24804 de la Actividad Nuclear](#). De acuerdo a este marco regulatorio, la **ARN requiere a la Entidad Responsable de aquellas instalaciones en las que corresponda que realicen en forma periódica un monitoreo de las matrices ambientales en sus alrededores.** El mismo debe ser aprobado por la ARN, con resultados informados de manera regular, con su correspondiente evaluación de los datos obtenidos.

Adicionalmente a la revisión y análisis de la documentación presentada por las Entidades Responsables, la ARN verifica en forma más eficaz con sus propias muestras y mediciones los resultados informados por las diversas instalaciones bajo control regulatorio, siendo esta forma de control la recomendada internacionalmente. [1]

El objetivo general de estas tareas es verificar que una determinada instalación está operando de acuerdo a las regulaciones y requerimientos vigentes, y cumple con los valores autorizados de descargas de radionucleidos al ambiente de manera tal que no se superen los límites y restricciones de dosis establecidos para el público.

Esta publicación presenta los resultados del PMRA llevado a cabo por la ARN durante 2021¹.

MATERIALES Y MÉTODOS

En concordancia con el **principio básico de protección radiológica de mantener la exposición de la población tan baja como sea razonablemente posible**, se permite la descarga de efluentes radiactivos para ciertas instalaciones radiactivas y nucleares cuyas actividades así lo requieran, de forma planificada y controlada, de manera que no se superen los límites de dosis establecidos para el público. En este marco se producen, en mayor o menor medida, efluentes en los que se presentan radionucleidos en distintas concentraciones de actividad, los cuales son descargados en forma controlada al medioambiente por vía líquida (a lagos, ríos, etc.) y/o gaseosa (al aire). Estos elementos descargados se transfieren a las matrices ambientales de las proximidades de las instalaciones, pudiendo entrar en contacto con miembros del público que habita en las cercanías de las mismas, por lo que deben ser controlados.

El monitoreo radiológico ambiental que se desarrolla en los alrededores de cada instalación depende del tipo de instalación, de los radionucleidos potencialmente presentes en sus descargas y de la geografía en la que se encuentra emplazada.

A continuación, se presentan los criterios principales a partir de los cuales se diseñaron los PMRA de la ARN, de acuerdo a la [Guía AR 14 Revisión 0 "Diseño y Desarrollo de un Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental"](#) [2]:

¹ Los resultados del PMRA 2014 y años anteriores pueden consultarse en los informes anuales de la ARN disponibles en: <https://www.argentina.gob.ar/arn/informe-anual>. Los resultados del PMRA a partir del 2015 pueden consultarse en: https://www.argentina.gob.ar/arn/informacion-para-la-comunidad/vigilancia-radiologica-ambiental/plan-monitoreo/resultados-plan-monitoreo-radiologico_ambiental

MATRICES A MUESTREAR

Se toman muestras de las matrices ambientales relacionadas en forma directa con las emisiones de las instalaciones y su distribución en el ambiente, de consumo directo por el ser humano, y de las matrices que integran radionucleidos en un período de tiempo.

Se pueden dividir en dos tipos:

- Matrices asociadas a las **descargas de efluentes gaseosos: aire** (tasa de dosis ambiental, material particulado, radioyodos, radón y condensado de humedad) y **suelos**.
- Matrices asociadas a las **descargas de efluentes líquidos: aguas superficiales, aguas subterráneas, sedimentos y peces**.

También se toman muestras de **alimentos de interés** que deben tenerse en cuenta en el cálculo de dosis al público, como algunos **vegetales, frutas y leche** (asociados a ambos tipos de descargas), agua potable [3] (proveniente tanto de aguas superficiales como subterráneas) y **peces**.

RADIONUCLEIDOS A ANALIZAR

El criterio adoptado es cubrir todo el espectro de radionucleidos para los cuales se hayan fijado valores autorizados de descarga y que, de acuerdo a sus tiempos de vida media y concentraciones descargadas, puedan ser detectados en las matrices ambientales.

Adicionalmente, la ARN lleva adelante un **programa de monitoreo ambiental de gas radón**, enfocado en la medición de la concentración de radón en aire en el perímetro de las instalaciones minero fabriles de uranio y en el interior de las viviendas próximas a las mismas.

PUNTOS DE MUESTREO

Se consideran muestras ambientales a aquellas tomadas fuera de los límites físicos de las instalaciones monitoreadas, asumiéndose que es a partir de allí donde los miembros del público pueden entrar en contacto con los radionucleidos descargados, presentes en las matrices ambientales. Mínimamente, deben muestrearse tres puntos diferentes:

- **Un punto de muestreo ubicado aguas arriba o vientos arriba de la instalación**, que no esté influenciado por sus descargas, y donde los niveles de fondo ambiental sean equivalentes a los que pudieran haberse obtenido en monitoreos preoperacionales. 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 uno de los dos tipos de emisiones (gaseosas y líquidas). Este punto se denomina **“Punto de Máxima Concentración”**. En el caso de las descargas líquidas, de ser posible, dicho punto se debe ubicar luego de la mezcla completa de la descarga con el cuerpo de agua que la recibe.
- **Un punto de muestreo que debe coincidir con la ubicación de la Persona Representativa**, a partir de la cual se puedan hacer cálculos de dosis con los valores ambientales reales. Este punto se denomina **“Punto Persona Representativa”**.

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

Existen además puntos de muestreo y/o matrices adicionales, asociados a las necesidades de información de poblaciones vecinas a las instalaciones, aun cuando no sean técnicamente los más relevantes. Estos puntos son denominados **“Puntos de Interés Público”**.

Asimismo, existen sitios bajo control en los que se encuentran instalaciones cerradas o en estado no operativo, las cuales no producen una descarga puntual, sino, que pueden presentar varias fuentes dispersas de emisión de radionucleidos. Tal es el caso de los Ex Complejos Mineros y/o Fabriles de uranio en los cuales, debido a que además sus terrenos son extensos, no se puede hablar precisamente de

Puntos de Máxima Concentración, sino que se determinan puntos vientos arriba y vientos abajo, aguas arriba y aguas abajo, o simplemente cercanos o lejanos al área en estudio.

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. Las instalaciones que no están en funcionamiento se muestrean una vez al año.

MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS

La ARN cuenta con [laboratorios propios y especializados](#) en distintas áreas para realizar las mediciones previstas en el PMRA. Estos laboratorios están organizados bajo un **sistema de gestión de calidad** y las técnicas de laboratorio más relevantes están acreditadas bajo la Norma ISO/IEC 17025:2017 del Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

Las muestras correspondientes a las matrices ambientales se analizan en los Laboratorios de Control Ambiental, mientras que las determinaciones de tasa de dosis ambiental se llevan a cabo en el Laboratorio de Dosimetría Física.

Las muestras son pretratadas de acuerdo a procedimientos vigentes con el fin de ser acondicionadas para los ensayos: las muestras de agua fueron filtradas (excepto las aguas de consumo), acidificadas (si las técnicas de ensayo lo requieren), y de ser necesario, concentradas mediante evaporación para bajar el límite de detección; los sedimentos y suelos fueron secados en estufa y tamizados; los filtros de aire compactados; y las muestras de alimentos calcinadas.

Los ensayos de emisores gamma como Cobalto-60, Cesio-137 y Yodo-131 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 evaporación y/o calcinación de la muestra, separación del Itrio-90 en equilibrio, y medición por centelleo líquido de la radiación Cherenkov emitida. Las determinaciones de uranio en agua se realizaron por fluorimetría, fosforescencia cinética o por espectrometría alfa, según la matriz estudiada y el límite de detección requerido. El Radio-226 se determina por centelleo líquido, tras la emanación de Radón-222. Las determinaciones de tritio se realizaron por centelleo líquido, al igual que las determinaciones de la actividad de emisores alfa y beta totales. Por último, para la medición de Radón-222 en aire se utilizaron detectores sólidos de trazas (CR-39) y para la determinación de tasa de dosis ambiental se utilizaron detectores termoluminiscentes (TLD).

Principales Instalaciones bajo monitoreo radiológico ambiental

Durante 2021, debido a la emergencia sanitaria por COVID-19 y las consecuentes medidas de ASPO y DISPO, dispuestas por el Gobierno Nacional, la viabilidad de tomar muestras, y en consecuencia, el número de ensayos realizados, disminuyeron en su cantidad, respecto al 2019 y años anteriores. Por otro lado, la emergencia sanitaria limitó también el tratamiento de algunas matrices ambientales (específicamente alimentos, suelos y sedimentos) que exigían tareas de interrelación, incompatibles con los protocolos sanitarios aplicados para asegurar la salud de los trabajadores de la ARN.

Al igual que en 2020, debido a la situación excepcional debido de la pandemia que continuó durante 2021, se requirió nuevamente la planificación de un muestreo con mínimo desplazamiento y asistencia a los laboratorios, que garantizó el control de aquellas instalaciones que se mantuvieron en operación. Así, se pudieron muestrear, en el marco del PMRA, las centrales nucleares, el Centro Atómico Ezeiza (CAE), el Sitio Malargüe y el Complejo Minero Fabril San Rafael, estos dos últimos en la provincia de Mendoza. También se tomaron muestras en un área no influenciada por actividades controladas (BAS). En el caso del Complejo Fabril Córdoba y del ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes, ambos en la provincia de Córdoba, y del ex Complejo Minero Fabril la Estela, en la provincia de San Luis, solo se pudo realizar el retiro de detectores de radón y el cambio por nuevos detectores para poder continuar con la medición de este radionucleído en aire. No se pudieron llevar a cabo los muestreos en los ex complejos minero fabriles Tonco, en Salta; Los Colorados, en La Rioja; y Los Adobes, en Chubut; ni en el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu y el Centro Atómico Bariloche, ambos en la provincia de Río Negro.

◆ Principales instalaciones bajo vigilancia radiológica ambiental



Figura 1. Instalaciones bajo monitoreo radiológico ambiental

RESULTADOS

Los resultados de las muestras ambientales en el período 2021 para cada instalación bajo control regulatorio **se presentan en forma de tablas que contienen los valores de concentración de radionucleidos en cada matriz ambiental, discriminados por punto de muestreo**. Las tablas están acompañadas de mapas de los alrededores de cada una de las instalaciones, que detallan los puntos de muestreos correspondientes.

Los resultados se presentan como **valores promedios, máximos y mínimos**, incluyendo también el número de muestras analizadas en el año y el número de resultados, **cuyo valor fue superior al mayor límite de detección (LD)** de la técnica utilizada para realizar la serie de análisis. Las matrices de las instalaciones en operación se muestrean mensualmente (excepto suelos y sedimentos, que se muestrean en forma anual, y algunos alimentos, que se muestrean en forma trimestral y semestral), mientras que las instalaciones que están fuera de operación se muestrean anualmente.

El LD de una técnica radioquímica utilizada es aquel valor de concentración del radionucleido a medir por debajo del cual no se puede realizar una cuantificación o detección con un nivel de confianza aceptable. Por lo tanto, los LD de las técnicas empleadas en los laboratorios de la ARN deben ser al menos un orden de magnitud menor que los valores de referencia aplicables [1]. De esta manera, **aunque los resultados menores al LD no puedan ser cuantificados, es evidente que se encuentran por debajo de valores que pudieran tener algún riesgo radiológico para la población.** Cabe destacar que para una misma técnica de medición, sus límites de detección pueden variar de una muestra a otra, dependiendo de las condiciones de medición del momento.

En las tablas que se presentan a continuación, **el promedio fue calculado cuando se contó con al menos dos resultados, uno de los cuales debe ser superior al LD.** También se incluyeron en el cálculo los valores de LD cuando los resultados fueron inferiores al mismo, de manera que el promedio obtenido resultó un valor conservativo (es decir, que sobreestima al valor real, ya que la cantidad medida es inferior al LD, pero no es posible cuantificarla con un nivel de confianza aceptable). En los casos en que el promedio así obtenido resultó inferior al mayor LD medido para ese radionucleido en ese año (típicamente, cuando fueron pocos los valores superiores al LD y no muy alejados de él), el promedio se registró como inferior al límite de detección, con la sigla “<LD”. Cuando todos los valores para un radionucleido en un determinado año resultaron inferiores al LD, no se calculó el promedio y en su lugar se registró la sigla “na”. En las tablas quedó registrado también el mayor LD determinado para cada radionucleido en cada año analizado. Se dieron algunos pocos casos en los que no sólo el promedio, sino también el valor máximo resultó menor al mayor LD obtenido para ese grupo de muestras (aunque sí resultó mayor al LD al momento de su medición específica). En estos casos, se procedió como si no hubiera habido valores mayores al LD, es decir, registrando “na” como promedio y como mínimo valor, y registrando “<LD” como máximo valor.

Complejo Nuclear Atucha (CNA)



Figura 2. Puntos de muestreo en alrededores del Complejo Nuclear Atucha

Tasa de dosis absorbida en aire (nGy/h)					
Período de medición	Blanco (Punto 24)	Máxima concentración (Punto 4)	Máxima concentración alternativo (Punto 17)	Interés público (Punto 3)	Interés público (Punto 26)
06/05/2021 al 23/11/2021	55	47	58	62	57

Aguas superficiales							
Aguas arriba del CNA - Punto blanco (Punto 29)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	4	0	0,03	Bq/l
Emisores β total	0,09	0,13	0,06	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

.Aguas abajo del CNA – Punto persona representativa (Punto 2)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	10,8	44,3	< LD	12	2	8,0	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	4	0	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,12	0,14	0,09	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Aguas abajo del CNA - Punto de interés público (Punto 24)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	23,1	138	< LD	12	3	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,02	0,03	< LD	4	1	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,12	0,16	0,06	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sedimentos			
Aguas arriba de CNA - Punto blanco (Punto 29)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,7	Bq/Kg
Emisores α total	308	na	Bq/Kg
Emisores β total	982	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	1,0	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,8	Bq/Kg

Aguas abajo del CNA – Punto persona representativa (Punto 2)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,8	Bq/Kg
Emisores α total	231	na	Bq/Kg
Emisores β total	745	na	Bq/Kg
Cesio-137	1,4	na	Bq/Kg
Cobalto-60	3,1	na	Bq/Kg

Aguas abajo del CNA – Punto de interés público (Punto 24)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,9	Bq/Kg
Emisores α total	238	na	Bq/Kg
Emisores β total	713	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,5	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,5	Bq/Kg

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas de consumo humano							
Napas arriba del CNA - Punto de interés público (Punto 20)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	12	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,11	0,12	0,09	4	4	na	Bq/l
Emisores β total	0,71	0,86	0,64	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Napas abajo del CNA - Punto persona representativa (Punto 2)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	12	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,03	0,05	< LD	4	3	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,27	0,27	0,26	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Agua de la ciudad de Lima - Punto de interés público (Punto 21)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	12	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,05	0,05	0,05	4	4	na	Bq/l
Emisores β total	0,39	0,42	0,37	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Suelos			
Punto blanco (Punto 24)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,7	Bq/Kg
Emisores α total	273	na	Bq/Kg
Emisores β total	824	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,7	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,7	Bq/Kg

Punto de máxima concentración (Punto 4)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,8	Bq/Kg
Emisores α total	300	na	Bq/Kg
Emisores β total	767	na	Bq/Kg
Cesio-137	2,1	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,7	Bq/Kg

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Condensados de humedad							
Punto de interés público (Punto 3)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	0,5	2,32	< LD	21	19	0,11	Bq/m ³

Punto de máxima concentración (Punto 4)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	30,1	114,6	1,41	40	40	na	Bq/m ³

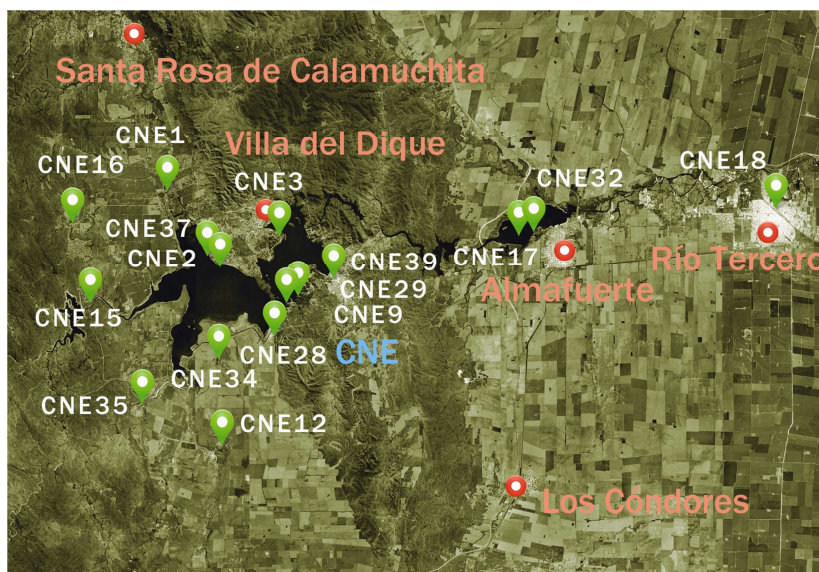
Punto blanco (Punto 24)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	0,16	2	< LD	45	19	0,13	Bq/m ³

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Leche de la zona							
Pequeños tambos familiares de la zona							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Yodo-131	na	< LD	na	8	0	0,50	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	1	0	0,02	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	1	0	0,02	Bq/l
Estroncio-90	na	< LD	na	1	0	0,06	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Central Nuclear Embalse (CNE)



Central Nuclear Embalse



Puntos de muestreo

CNE1	Agua superficial y sedimento (Río Santa Rosa)
CNE2	Agua subterránea
CNE2,3,9	Agua superficial y sedimento (Embalse del Río III)
CNE12	Agua superficial y sedimento (Río La cruz)
CNE15	Agua superficial y sedimento (Río Grande)
CNE16	Agua superficial y sedimento (Arroyo Amboy)
CNE17	Agua superficial y sedimento (Embalse Piedras Moras)
CNE18	Agua superficial (Río III)
CNE28	Aire (condensado de humedad)
CNE29, 32,34	Aire (condensado de humedad y tasa de dosis ambiental); Suelo
CNE35	Agua superficial y sedimento (Río Quillínz)
CNE37,39	Aire (tasa de dosis ambiental)

Figura 3. Puntos de muestreo en alrededores de la Central Nuclear Embalse (CNE)

Tasa de dosis absorbida en aire (nGy/h)					
Período de medición	Blanco (Punto 32)	Máxima concentración (Punto 29)	Máxima concentración alternativa (Punto 34)	Interés público (Punto 37)	Interés público (Punto 39)
17/12/2020 al 13/12/2021	52	42	53	68	57

Aguas superficiales							
Embalse Río Tercero (Punto 2)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	247	581	128	12	12	na	Bq/l
Emisores α total	0,03	0,03	< LD	4	2	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,1	0,14	0,08	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Embalse Río Tercero – Punto persona representativa (Punto 9)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	248	471	156	12	12	na	Bq/l
Emisores α total	0,05	0,14	< LD	4	1	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,11	0,15	0,06	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Embalse Río Tercero (Punto 3)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	231	257	204	2	2	na	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,08	0,08	0,07	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

Río Santa Rosa - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 1)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,04	0,04	0,03	2	2	na	Bq/l
Emisores β total	0,1	0,12	0,08	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

Río La Cruz - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 12)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,06	0,08	0,04	2	2	na	Bq/l
Emisores β total	0,24	0,31	0,17	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

Río Grande - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 15)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,02	Bq/l
Emisores β total	na	< LD	na	2	0	0,06	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

Río Amboy - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 16)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,15	0,15	0,14	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,1	Bq/l

Río Quillín - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 35)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,07	0,08	< LD	2	1	0,06	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

Embalse Piedras Moras - Aguas abajo de la CNE (Punto 17)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	199	275	144	10	10	na	Bq/l
Emisores α total	0,02	0,03	< LD	4	1	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,09	0,11	0,08	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Balneario Río Tercero - Aguas abajo de la CNE (Punto 18)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	182	225	139	2	2	na	Bq/l

Río Carcarañá - Aguas abajo de la CNE (Punto 20)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	57	58,70	54,6	2	2	na	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sedimentos			
Embalse Río Tercero (Punto 2)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	3,1	Bq/Kg
Emisores α total	248	na	Bq/Kg
Emisores β total	878	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,5	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,5	Bq/Kg

Río Tercero – Punto persona representativa (Punto 9)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,3	Bq/Kg
Emisores α total	155	na	Bq/Kg
Emisores β total	984	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,4	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

Embalse Río Tercero (Punto 3)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,2	Bq/Kg
Emisores α total	208	na	Bq/Kg
Emisores β total	633	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,4	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

Río Santa Rosa - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 1)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,8	Bq/Kg
Emisores α total	172	na	Bq/Kg
Emisores β total	865	na	Bq/Kg
Cesio-137	0,4	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

Río La Cruz - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 12)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,9	Bq/Kg
Emisores α total	107	na	Bq/Kg
Emisores β total	556	na	Bq/Kg
Cesio-137	0,4	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,2	Bq/Kg

Río Grande - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 15)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,9	Bq/Kg
Emisores α total	207	na	Bq/Kg
Emisores β total	731	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,4	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

Río Amboy - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 16)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,9	Bq/Kg
Emisores α total	137	na	Bq/Kg
Emisores β total	882	na	Bq/Kg
Cesio-137	0,6	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

Río Quillín - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 35)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,9	Bq/Kg
Emisores α total	134	na	Bq/Kg
Emisores β total	1042	na	Bq/Kg
Cesio-137	0,4	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,4	Bq/Kg

Embalse Piedras Moras - Aguas abajo de la CNE (Punto 17)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	2,4	Bq/Kg
Emisores α total	153	na	Bq/Kg
Emisores β total	937	na	Bq/Kg
Cesio-137	< LD	0,9	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,6	Bq/Kg

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Agua subterránea							
Agua de napa (Punto 2)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	63,4	90,5	41,4	12	12	na	Bq/l
Emisores α total	0,13	0,17	0,11	4	4	na	Bq/l
Emisores β total	0,37	0,55	0,24	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas de consumo humano							
Ciudad de Embalse Río Tercero (Punto 7)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	240	335	168	12	12	na	Bq/l
Emisores α total	0,03	0,06	< LD	4	1	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,11	0,22	< LD	4	3	0,06	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,30	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,20	Bq/l

Ciudad de La Cruz (Punto 13)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0	Bq/l
Emisores α total	0,06	0,06	0,06	2	2	na	Bq/l
Emisores β total	0,29	0,32	0,26	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Suelos			
Punto blanco (Punto 32)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	5,8	Bq/Kg
Emisores α total	388	na	Bq/Kg
Emisores β total	986	na	Bq/Kg
Cesio-137	1,0	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,4	Bq/Kg

Punto persona representativa (Punto 29)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	6,0	Bq/Kg
Emisores α total	243	na	Bq/Kg
Emisores β total	911	na	Bq/Kg
Cesio-137	1,3	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,2	Bq/Kg

Punto de máxima concentración (Punto 34)			
	Medición anual	LD	Unidad
Estroncio-90	< LD	6,0	Bq/Kg
Emisores α total	296	na	Bq/Kg
Emisores β total	946	na	Bq/Kg
Cesio-137	1,3	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Condensados de humedad							
Punto alternativo de máxima concentración (Punto 28)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	1,6	9,6	0,2	23	23	na	Bq/m ³

Punto persona representativa (Punto 29)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	1,0	8,0	0,2	50	50	na	Bq/m ³

Punto blanco (Punto 32)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	0,4	1,4	0,1	9	9	na	Bq/m ³

Punto de máxima concentración (Punto 33)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	4,6	16,5	0,6	10	10	na	Bq/m ³

Punto de máxima concentración (Punto 34)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	1,5	10,5	0,3	25	25	na	Bq/m ³

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Leche de la zona							
Pequeños tambos familiares de la zona							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Yodo-131	na	< LD	na	6	0	0,3	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	1	0	0,02	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	1	0	0,02	Bq/l
Estroncio-90	na	< LD	na	1	0	0,11	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Verduras de la zona							
Pequeños productores de la zona							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Cesio-137	na	< LD	na	1	0	0,04	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	1	0	0,03	Bq/l
Estroncio-90	na	< LD	na	1	0	0,51	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Frutas de la zona							
Pequeños productores de la zona							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Cesio-137	na	< LD	na	1	0	0,05	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	1	0	0,06	Bq/l
Estroncio-90	na	< LD	na	1	0	0,92	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

ACLARACIÓN

Fe de erratas *Resultados del PMRA de la ARN – Período 2020*, respecto a la Central Nuclear Embalse

Respecto a los resultados del PMRA de la ARN- Período 2020 referidos a la CNE cabe aclarar que, debido a la imposibilidad del acceso a la planta durante la mayor parte del año, a raíz de la pandemia de COVID-19, hubo concentraciones en Bq/m³ que no pudieron ser calculadas por falta de acceso a los datos meteorológicos necesarios para arribar a dichos valores. El Laboratorio de Ensayo Multisitio de la ARN (LE 269) obtiene una medición expresada en Bq/l de condensado de humedad; sin embargo, es requisito indispensable contar con los datos meteorológicos registrados en forma horaria para poder llegar a un resultado correcto en Bq/m³. El *software* por el cual se obtienen los datos para la elaboración de las tablas reflejadas en este documento no contemplaba esta situación atípica, debido a la pandemia, por lo cual, no estaba programado para discriminar entre unidades. Es por ello que, en la edición 2020 del PMRA, se contabilizaron como válidas para los cálculos a una serie de muestras informadas en Bq/l, que arrojaron valores inexactos en los promedios y en los máximos, aunque sin relevancia para la población desde el punto de vista radiológico.

A continuación, se presentan las tablas corregidas con los valores de concentración de actividad en condensados de humedad en los alrededores de la CNE. Las mismas consideran los cálculos para aquellas muestras en las que se pudo llegar al resultado expresado en Bq/m³ y reemplazan las tablas homónimas de la página 14 del reporte [*"Resultados del PMRA de la ARN – Período 2020"*](#).

Concentración de actividad en condensados de humedad						
Punto alternativo de máxima concentración (Punto 28)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	1,3	3,2	0,2	15	15	na

Punto persona representativa (Punto 29)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	0,9	2,1	0,5	15	15	na

Punto blanco (Punto 32)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	0,2	0,2	0,1	2	2	na

Punto de máxima concentración (Punto 33)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	4,2	6,1	2,5	3	3	na

Punto de máxima concentración (Punto 34)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	0,6	1,3	0,1	9	9	na

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Asimismo, se reportan los valores que fueron extraídos del cálculo anterior, debido a que no se pudo obtener un resultado preciso en Bq/m³ por las razones explicadas anteriormente.

Concentración de actividad en condensados de humedad (Bq/l)		
Valores restantes en Bq/l		
Punto	Muestra	Resultado (Bq/l)
28	1	63,9 ± 5,7
28	2	105,8 ± 9,4
29	3	58,8 ± 5,5
29	4	59,4 ± 7,4
32	5	43,6 ± 5,0
32	6	< LD (LD = 4,0 Bq/l)
33	7	492 ± 15
34	8	81,2 ± 7,1
34	9	51,6 ± 7,1

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Cabe destacar que, si se realiza una estimación con datos meteorológicos representativos del período en el que se obtuvo la muestra del punto 33, que es la posee la mayor concentración en Bq/l de los datos extraídos, se obtiene un valor en Bq/m³ que oscila entre los 6,24 Bq/m³ y los 6,94 Bq/m³, siendo la incertidumbre de 0,2 Bq/m³.

A continuación, se presenta también la tabla actualizada con los valores de concentración de actividad en aguas de consumo humano para el caso de Villa Rumipal (Punto 2). La misma reemplaza la tabla homónima de la página 13 del reporte [“Resultados del PMRA de la ARN – Período 2020”](#).

Concentración de actividad en aguas de consumo humano						
Villa Rumipal (Punto 2)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	62,5	86,5	43,3	4	4	na
Cesio-137	na	< LD	na	1	0	0,20
Cobalto-60	na	< LD	na	1	0	0,20
Emisores α total	na	0,29	na	1	1	na
Emisores β total	na	0,47	na	1	1	na

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Centro Atómico Ezeiza (CAE)



Figura 4. Puntos de muestreo en alrededores del Centro Atómico Ezeiza (CAE)

Aguas de consumo humano de los alrededores del Centro Atómico Ezeiza							
Punto 106							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Uranio	8,1	9,9	6,4	4	4	--	µg/l
Emisores α total	0,12	0,27	0,05	4	4	--	Bq/l
Emisores β total	0,58	1,12	0,36	4	4	--	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Punto 107							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Uranio	6,8	8,1	5,9	4	4	na	µg/l
Emisores α total	0,07	0,09	< LD	4	3	0,03	Bq/l
Emisores β total	0,41	0,43	0,36	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Punto 108							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Uranio	7,6	9,0	5,9	4	4	na	µg/l
Emisores α total	0,06	0,08	0,03	4	4	na	Bq/l
Emisores β total	0,45	0,54	0,38	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Punto 109							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Uranio	2,3	3,2	< LD	4	3	1,6	µg/l
Emisores α total	0,04	0,05	< LD	4	3	0,03	Bq/l
Emisores β total	0,14	0,18	0,08	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Punto 111							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Uranio	25,9	27,9	24,3	4	4	na	µg/l
Emisores α total	0,21	0,24	0,15	4	4	na	Bq/l
Emisores β total	0,83	0,94	0,49	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

Punto 115							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0	Bq/l
Uranio	15,9	26,2	11,9	4	4	na	µg/l
Emisores α total	0,17	0,28	0,11	4	4	na	Bq/l
Emisores β total	0,73	1,14	0,44	4	4	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	4	0	0,3	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	4	0	0,2	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas subterráneas							
Punto 66							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	< 8,0	Bq/l
Uranio	6,8	7,0	6,5	2	2	na	µg/l
Estroncio-90	na	< LD	na	1	0	< 0,05	Bq/l
Emisores α total	0,08	0,09	0,06	2	2	na	Bq/l
Emisores β total	1,03	1,13	0,93	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	< 0,5	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	< 0,4	Bq/l

Punto 67							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Uranio	4,4	5,1	3,7	2	2	na	µg/l
Emisores α total	0,05	0,06	0,04	2	2	na	Bq/l
Emisores β total	0,6	0,6	0,7	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	< 0,7	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	< 0,4	Bq/l

Punto 68							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	2	0	< 8,0	Bq/l
Uranio	8,9	11,6	6,1	2	2	na	µg/l
Emisores α total	0,07	0,08	0,06	2	2	na	Bq/l
Emisores β total	0,5	0,7	0,4	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	< 0,6	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	< 0,3	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas del Arroyo Aguirre							
Aguas arriba del CAE - Punto blanco (Punto 131)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	10	0	8,0	Bq/l
Uranio	9,2	10,7	6,1	10	10	na	µg/l
Emisores α total	0,09	0,12	< LD	10	9	0,03	Bq/l
Emisores β total	0,59	0,84	0,41	10	10	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	10	0	0,6	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	10	0	0,5	Bq/l

Aguas abajo del CAE - (Punto 136)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	na	< LD	na	12	0	8,0	Bq/l
Uranio	8,9	15,5	3,7	12	12	na	µg/l
Emisores α total	0,08	0,11	0,03	12	12	na	Bq/l
Emisores β total	0,61	0,76	0,5	12	12	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	12	0	0,6	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	12	0	0,5	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sedimentos del Arroyo Aguirre			
Aguas arriba del CAE - Punto blanco (Punto 131)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Uranio	1,28	na	µg/g
Estroncio-90	< LD	2,7	Bq/Kg
Cesio-137	0,70	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,3	Bq/Kg

Aguas abajo del CAE - (Punto 136)			
	Medición Anual	LD	Unidad
Uranio	3,23	na	µg/g
Estroncio-90	< LD	3,1	Bq/Kg
Cesio-137	3,0	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,7	Bq/Kg

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Suelos aledaños al CAE			
Punto blanco (Punto 164)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,3	na	µg/g
Cesio-137	1,6	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,4	Bq/Kg

Punto de máxima concentración (Punto 163)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,3	na	µg/g
Cesio-137	1,3	na	Bq/Kg
Cobalto-60	< LD	0,4	Bq/Kg

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Leche de la zona							
Pequeños tambos familiares de la zona							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Yodo-131	na	< LD	na	26	0	0,8	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Área no relacionada con instalaciones controladas (BAS)

Tasa de dosis absorbida en aire (nGy/h)	
Período de medición	Punto blanco
13/01/2021 al 28/01/2022	39

Condensado de humedad							
Sede Central ARN (Punto 1)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	0,08	0,13	< LD	24	4	0,13	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas del Río de la Plata							
Río de la Plata, espigón del Club de Pescadores (Punto 7)							
	Promedio	Máximo	Mínimo	N° de muestras analizadas	Mayores al LD	LD	Unidad
Tritio	11,6	14,4	8,8	2	2	na	Bq/l
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,02	Bq/l
Emisores β total	0,09	0,1	0,09	2	2	na	Bq/l
Cesio-137	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l
Cobalto-60	na	< LD	na	2	0	0,2	Bq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Complejo Minero Fabril San Rafael (SRF)



Ex Complejo minero fabril San Rafael



Puntos de muestreo

SRF1	Agua superficial (Embalse Los Reyunos)
SRF2	Agua superficial (Embalse El Tigre)
SRF4	Agua superficial (Embalse Galileo Vitali)
SRF6,7,9, 10,11	Agua superficial (Río Diamante)
SRF38	Agua superficial (Río Salado)
SRF2,4,10, 11,38	Sedimento



Figuras 5 y 6. Puntos de muestro en alrededores del Complejo Minero Fabril San Rafael (SRF)

Aguas de consumo humano			
Villa 25 de Mayo (Punto 5)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	2,1	µg/l
Radio-226	< LD	5	mBq/l

San Rafael (Punto 8)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	2,1	µg/l
Radio-226	< LD	5,1	mBq/l

Monte Comán (Punto 12)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	3,4	na	µg/l
Radio-226	< LD	5,1	mBq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Agua subterránea (freático)			
Punto 36			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	16,5	na	µg/l
Radio-226	6	na	mBq/l

Punto 37			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	5,3	na	µg/l
Radio-226	< LD	4,9	mBq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas superficiales – Río Diamante			
Aguas arriba (Punto 1)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,1	na	µg/l
Radio-226	< LD	4	mBq/l

Aguas arriba (Punto 2)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,8	na	µg/l
Radio	5,6	na	mBq/l

Aguas abajo (Punto 4)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,3	na	µg/l
Radio-226	< LD	4,2	mBq/l

Aguas abajo (Punto 6)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,6	na	µg/l
Radio-226	< LD	4,3	mBq/l

Aguas abajo (Punto 7)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,3	na	µg/l
Radio-226	7	na	mBq/l

Aguas abajo (Punto 9)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,8	na	µg/l
Radio-226	7,6	na	mBq/l

Aguas abajo (Punto 10)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	4,8	na	µg/l
Radio-226	< LD	6,4	mBq/l

Aguas abajo (Punto 11)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	3,7	na	µg/l
Radio-226	< LD	6,4	mBq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas superficiales – Arroyo Tigre			
Aguas arriba (Punto 14)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	5,8	na	µg/l
Radio-226	< LD	6,5	mBq/l

Aguas arriba (Punto 15)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,6	na	µg/l
Radio-226	< LD	6,5	mBq/l

Aguas abajo (Punto 16)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	7,9	na	µg/l
Radio-226	10,2	na	mBq/l

Aguas abajo (Punto 17)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	9,9	na	µg/l
Radio-226	8,3	na	mBq/l

Punto 18			
	Medición Anual	LD	Unidad
Uranio	4,2	na	µg/l
Radio-226	< LD	4,8	mBq/l

Aguas superficiales – Río Seco Salado			
Punto 38			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	14,1	na	µg/l
Radio-226	8,7	na	mBq/l

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sedimentos –Río Diamante			
Aguas arriba (Punto 1)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

Aguas arriba (Punto 2)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,44	na	µg/g
Radio-226	38,4	na	mBq/g

Aguas abajo (Punto 4)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,02	na	µg/g
Radio-226	32,1	na	mBq/g

Aguas abajo (Punto 6)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

Aguas Abajo (Punto 7)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

Aguas abajo (Punto 10)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,92	na	µg/g
Radio-226	31,4	na	mBq/g

Aguas abajo (Punto 11)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,12	na	µg/g
Radio-226	< LD	13,4	mBq/g

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sedimentos – Arroyo Tigre			
Aguas arriba (Punto 14)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,18	na	µg/g
Radio-226	25,1	na	mBq/g

Aguas arriba (Punto 15)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,98	na	µg/g
Radio-226	22,1	na	mBq/g

Aguas abajo (Punto 16)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,62	na	µg/g
Radio-226	23,1	na	mBq/g

Aguas abajo (Punto 17)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,68	na	µg/g
Radio-226	35,6	na	mBq/g

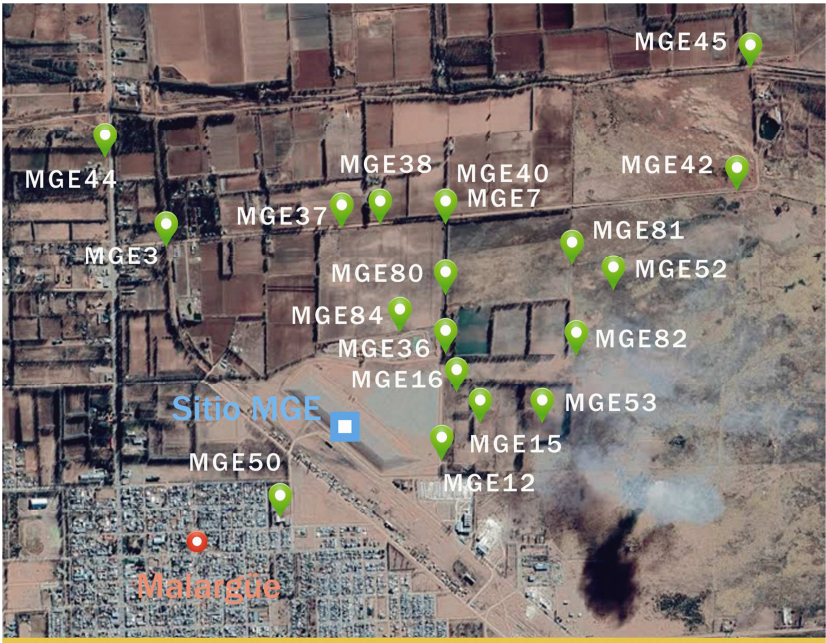
Punto 18			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,11	na	µg/g
Radio-226	< LD	13,1	mBq/g



LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sedimentos – Río Seco Salado			
Punto 38			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,16	na	µg/g
Radio-226	22,5	na	mBq/g

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Sitio Malargüe (MGE)



-  Sitio Malargüe
-  Puntos de muestreo

MGE7	Agua superficial y sedimento (Zanjón planta)
MGE12,36	Agua superficial (Hijuela cementada)
MGE37	Agua superficial y sedimento (Drenaje superficial)
MGE42	Agua superficial y sedimento (Zanjón Los Caballos)
MGE44,45	Agua superficial y sedimento (Arroyo Durazno)
MGE15,16,38,50,52,53,80,81,82,84	Agua subterránea
MGE3	Sedimento (Zanjón Los Caballos)
MGE40	Sedimento (Hijuela no cementada)



Figuras 7 y 8. Puntos de muestro en alrededores del Sitio Malargüe (MGE)

Agua de consumo humano – Agua potable de Malargüe			
Punto 10			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,4	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,6	mBq/g

LD = Mayor límite de detección determinado.

Agua subterránea (acuífero)			
Aguas abajo (Punto 27)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	5	mBq/g

Aguas arriba (Punto 50)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,9	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,2	mBq/g

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Agua subterránea (freático)			
Punto 15			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	38,9	na	µg/g
Radio-226	< LD	4,8	mBq/g

Punto 16			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2220	na	µg/g
Radio-226	< LD	4,9	mBq/g

Punto 38			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,2	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,1	mBq/g

Punto 52			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	14,3	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,2	mBq/g

Punto 53			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	3,4	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,3	mBq/g

Punto 80			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	54,5	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,4	mBq/g

Punto 81			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	63,5	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,4	mBq/g

Punto 82			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	29,2	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,5	mBq/g

Punto 84			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	43,7	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,6	mBq/g

Punto 23			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	5,3	na	µg/g
Radio-226	< LD	5	mBq/g

Punto 49			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	0,8	na	µg/g
Radio-226	8,3	na	mBq/g

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

Aguas superficiales *			
Zanjón Los Caballos (Punto 3)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

Zanjón planta (Punto 7)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	27,5	na	µg/g
Radio-226	< LD	4,9	mBq/g

Drenaje superficial hacia Zanjón los Caballos (Punto 37)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	5,2	mBq/g

Zanjón Los Caballos, después de todos los drenajes (Punto 42)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	13,7	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,2	mBq/g

Hijuela entrada a Cabaña Agraria (Punto 12)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	5	mBq/g

Final Hijuela. Finca San Gabriel (Punto 36)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	5,1	mBq/g

Hijuela frente a Finca San Gabriel (Punto 40)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

Arroyo Durazno en cruce con Ruta Nacional 40 (Punto 44)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	5,3	mBq/g

Arroyo Durazno, antes desembocadura en Arroyo Chacay (Punto 45)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	5,4	mBq/g

Arroyo Chacay, Ruta Nacional 40 (Punto 2)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	0,8	na	µg/g
Radio-226	< LD	4,8	mBq/g

Arroyo Malo y Ruta Nacional 188 (Punto 46)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

Río Malargüe (Punto 47)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	< LD	0,5	µg/g
Radio-226	< LD	4,7	mBq/g

Arroyo Chacay, Ruta Nacional 188 (Punto 26)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	9,7	na	µg/g
Radio-226	5,3	na	mBq/g

Laguna Llanquanelo (Punto 48)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	14,8	na	µg/g
Radio-226	< LD	4,8	mBq/g

Arroyo Agua Botada (Punto 32)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	11,4	na	µg/g
Radio-226	< LD	5,1	mBq/g

Arroyo Mina Huemul (Punto 33)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	NO HAY MUESTRA		
Radio-226			

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

* Punto 3 (aguas arriba) y Punto 42 (aguas abajo) del Zanjón Los Caballos (3 y 7 solo para sedimentos, son puntos intermedios). El Punto 12 es aguas arriba de los Puntos 36 y 40 para la hijuela vecina al Sitio Malargüe, así como el Punto 44 es aguas arriba y el Punto 45 aguas abajo del Arroyo Durazno. Los Puntos 2, 30, 46 y 47 son Blancos para la Laguna Llanquanelo, siendo el Punto 26 aguas abajo del Punto 2 y el Punto 48 (laguna Llanquanelo), el receptor final. Los Puntos 32 y 33 corresponden a la zona de Mina Huemul.

Sedimentos*			
Zanjón Los Caballos (Punto 3)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,46	na	µg/g
Radio-226	27,9	na	mBq/g

Zanjón planta (Punto 7)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	4,22	na	µg/g
Radio-226	25,1	na	mBq/g

Drenaje superficial hacia Zanjón los Caballos (Punto 37)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,88	na	µg/g
Radio-226	22	na	mBq/g

Zanjón Los Caballos, después de todos los drenajes (Punto 42)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	8,44	na	µg/g
Radio-226	48,3	na	mBq/g

Hijuela frente a finca San Gabriel (Punto 40)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,48	na	µg/g
Radio-226	47,7	na	mBq/g

Arroyo Durazno en cruce con Ruta Nacional 40 (Punto 44)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,68	na	µg/g
Radio-226	19,5	na	mBq/g

Arroyo Durazno, antes desembocadura en Arroyo Chacay (Punto 45)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,5	na	µg/g
Radio-226	22,1	na	mBq/g

Arroyo Chacay, Ruta Nacional 40 (Punto 2)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,55	na	µg/g
Radio-226	42,4	na	mBq/g

Arroyo Mocho (Punto 30)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,37	na	µg/g
Radio-226	30,2	na	mBq/g

Arroyo Malo y Ruta Nacional 188 (Punto 46)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,84	na	µg/g
Radio-226	16,9	na	mBq/g

Río Malargüe (Punto 47)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,68	na	µg/g
Radio-226	27,5	na	mBq/g

Arroyo Chacay, Ruta Nacional 188 (Punto 26)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	2,86	na	µg/g
Radio-226	25,1	na	mBq/g

Laguna Llanquanelo (Punto 48)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	3,52	na	µg/g
Radio-226	25,5	na	mBq/g

Arroyo Agua Botada (Punto 32)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,48	na	µg/g
Radio-226	30	na	mBq/g

Arroyo Mina Huemul (Punto 33)			
	Medición anual	LD	Unidad
Uranio	1,54	na	µg/g
Radio-226	25,4	na	mBq/g

LD = Mayor límite de detección determinado; na = no aplicable.

* Punto 3 (aguas arriba) y Punto 42 (aguas abajo) del Zanjón Los Caballos (3 y 7 solo para sedimentos, son puntos intermedios). El Punto 12 es aguas arriba de los Puntos 36 y 40 para la hijuela vecina al complejo, así como el Punto 44 es aguas arriba y el Punto 45 aguas abajo del Arroyo Durazno. Los Puntos 2, 30, 46 y 47 son Blancos para la Laguna Llanquanelo, siendo el Punto 26 aguas abajo del Punto 2 y el Punto 48 (laguna Llanquanelo), el receptor final. Los Puntos 32 y 33 corresponden a la zona de Mina Huemul.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante el período 2021, presentados en las tablas de este informe, se encuentran en el orden de magnitud de los resultados obtenidos en años anteriores y **son compatibles con distintos valores de referencia nacionales e internacionales**, lo cual indica que en todos los casos **se está muy por debajo del límite de dosis establecido en la normativa vigente para el público, de 1 mSv/a (milisievert/año)**.

Las técnicas de medición empleadas garantizan que se pueden detectar radionucleidos en concentraciones muy bajas, que están muy por debajo de niveles de riesgo para la población. Por lo tanto, muchos valores resultan ser inferiores a los límites de detección (<LD). No obstante, se alcanzaron a

detectar unos pocos radionucleidos artificiales, como por ejemplo el tritio, debido a que es un elemento usual en las descargas autorizadas de algunas instalaciones, y por lo tanto, es esperable encontrarlo en algunas matrices ambientales. La mayoría de los valores que resultaron superiores a los límites de detección fueron radionucleidos naturales, como el uranio o emisores alfa y beta, y en menor medida el Radio-226, precisamente, porque al ser naturales se encuentran distribuidos en las distintas matrices ambientales, independientemente de la presencia o no de instalaciones radiológicas y nucleares. En unos pocos casos, fue posible reconocer el aporte de alguna instalación por encima de las concentraciones naturales. También se puede observar cómo pudo ser detectado Cesio-137 en algunas muestras, el cual si bien es un radionucleido artificial, se lo encuentra distribuido ampliamente como producto del *fallout* originado por los ensayos nucleares atmosféricos realizados entre las décadas de los 50 y 80. Por este motivo, aún se lo puede hallar en bajas concentraciones, fundamentalmente en suelos y sedimentos, independientemente de las actividades de las instalaciones controladas por ARN. No obstante, en los pocos casos mencionados anteriormente, se pudo detectar algún aporte de las descargas controladas.

En conclusión, durante 2021, todas las concentraciones de radionucleidos medidas resultaron ser valores compatibles con los esperados, muy alejados de los límites y restricciones de dosis para el público, sin implicar riesgo alguno para la población.

Referencias

- [1] International Atomic Energy Agency. (2005). Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection. Safety Guide. IAEA Safety Standards Series n°. RS-G-1.8. International Atomic Energy Agency, Viena, ISBN 92-0-113404-5. Disponible en: <https://www.iaea.org/publications/7176/environmental-and-source-monitoring-for-purposes-of-radiation-protection>
- [2] Autoridad Regulatoria Nuclear. (2017). *Guía Diseño y Desarrollo de un Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental* (Guía AR 14 Revisión 0). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/gr14-r0_0.pdf
- [3] Organización Mundial de la Salud. (2017). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición que incorpora la primera adenda. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>