
Resultados del Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental de la ARN Período 2020

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es el organismo nacional argentino dedicado a la regulación en las áreas de seguridad radiológica y nuclear, de protección y seguridad física, y de salvaguardias y no proliferación. Como parte de sus funciones regulatorias, **ARN es responsable de evaluar 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, 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 PMRA 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 corresponde realizar un plan de monitoreo radiológico ambiental**, que realicen en forma periódica un monitoreo de las matrices ambientales en sus alrededores. El mismo debe ser aprobado por la ARN y sus resultados se le deben informar regularmente, con la correspondiente evaluación de los datos obtenidos.

Adicionalmente a la revisión y análisis de la documentación presentada por las Entidades Responsables, ARN verifica en forma más eficaz con sus propias muestras y mediciones los resultados informados por los operadores de 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 establecidos en relación a las descargas de efluentes radiactivos al ambiente, de forma de asegurar que la población, especialmente aquella más próxima a las instalaciones, no reciba una dosis de radiación superior a los límites y restricciones establecidas para su seguridad.

Esta publicación presenta los resultados del PMRA llevado a cabo por ARN durante 2020¹.

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 de la población que habita en las cercanías de las mismas, por lo que deben ser controlados.

¹ Los resultados del PMRA 2014 y años anteriores pueden consultarse en los informes anuales de ARN disponibles en <https://www.argentina.gob.ar/arn/informe-anual>. Los resultados del PMRA 2015-2019 pueden consultarse [aquí](#).

Resultados del Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental de la ARN Período 2020

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es el organismo nacional argentino dedicado a la regulación en las áreas de seguridad radiológica y nuclear, de protección y seguridad física, y de salvaguardias y no proliferación. Como parte de sus funciones regulatorias, **ARN es responsable de evaluar 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, 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 PMRA 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 corresponde realizar un plan de monitoreo radiológico ambiental**, que realicen en forma periódica un monitoreo de las matrices ambientales en sus alrededores. El mismo debe ser aprobado por la ARN y sus resultados se le deben informar regularmente, con la correspondiente evaluación de los datos obtenidos.

Adicionalmente a la revisión y análisis de la documentación presentada por las Entidades Responsables, ARN verifica en forma más eficaz con sus propias muestras y mediciones los resultados informados por los operadores de 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 establecidos en relación a las descargas de efluentes radiactivos al ambiente, de forma de asegurar que la población, especialmente aquella más próxima a las instalaciones, no reciba una dosis de radiación superior a los límites y restricciones establecidas para su seguridad.

Esta publicación presenta los resultados del PMRA llevado a cabo por ARN durante 2020¹.

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 de la población que habita en las cercanías de las mismas, por lo que deben ser controlados.

¹ Los resultados del PMRA 2014 y años anteriores pueden consultarse en los informes anuales de ARN disponibles en <https://www.argentina.gob.ar/arn/informe-anual>. Los resultados del PMRA 2015-2019 pueden consultarse [aquí](#).

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 Diseño y Desarrollo de un Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental](#) [2]:

Matrices a muestrear

Se toman muestras de aquellas matrices relacionadas en forma directa con las emisiones de las instalaciones y su distribución en el ambiente, de las matrices de consumo directo por el hombre, 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 los ya mencionados **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, sean posibles de ser detectados en las matrices ambientales.

Adicionalmente, la ARN lleva adelante un **programa de monitoreo ambiental de gas radón** centrado 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 aguas arriba o vientos arriba de la instalación**, que no se vea 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 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 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](#) para realizar las mediciones previstas en el PMRA. Las técnicas de ensayo más relevantes desde el punto de vista regulatorio se encuentran acreditadas bajo la Norma ISO/IEC 17025:2017. Las muestras correspondientes a las matrices ambientales se analizaron en los Laboratorios de Control Ambiental, mientras que las determinaciones de tasa de dosis ambiental fueron llevadas 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 2020, 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 a 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.

La situación excepcional de la pandemia del COVID-19, requirió también 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 durante el período de pandemia en 2020. Así, se pudieron muestrear, en el marco del PMRA, las centrales nucleares, el Centro Atómico Ezeiza (CAE), el Complejo Fabril Córdoba (CFC) y el Ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes (GIG), estos últimos en la provincia de Córdoba, cuyos muestreos fueron realizados antes de la etapa de ASPO. También se pudieron tomar muestras en un área no influenciada por actividades controladas (BAS). Sin embargo, no se pudieron realizar las campañas de muestreo en los ex complejos minero fabriles San Rafael, en Mendoza; La Estela, en San Luis; Tonco, en Salta; Los Colorados, en La Rioja; y Los Adobes, en Chubut; ni en el Sitio Malargüe, en Mendoza. Tampoco se realizaron las campañas de muestreo en el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu ni en el Centro Atómico Bariloche.

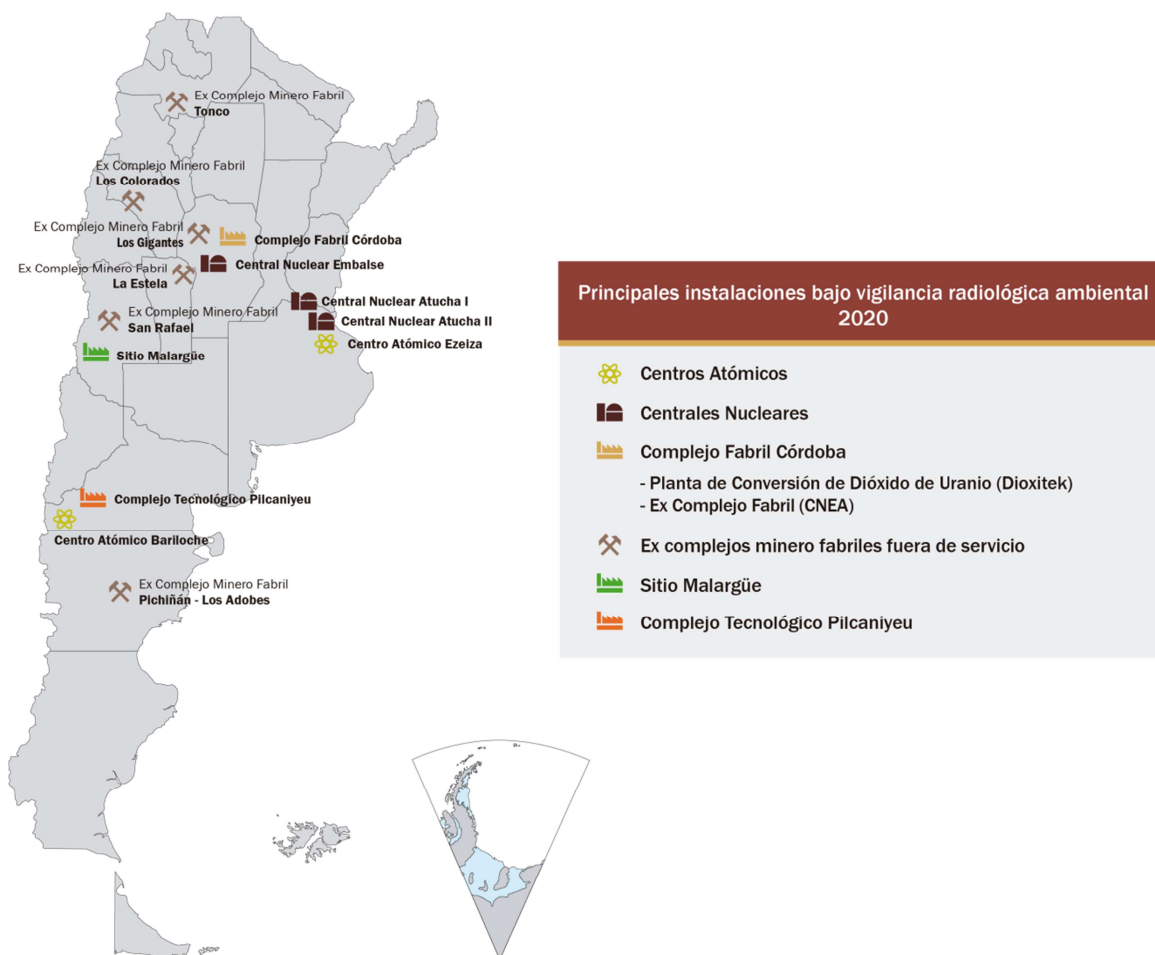


Figura 1. Instalaciones bajo monitoreo radiológico ambiental

Resultados

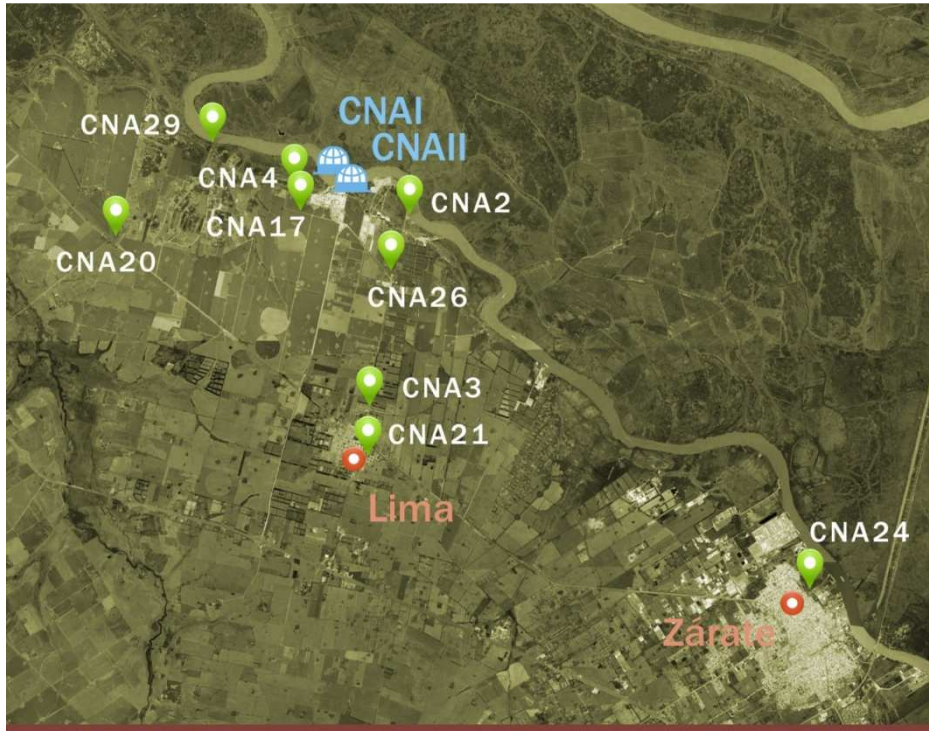
Los resultados de las muestras ambientales en el período 2020 para cada instalación bajo control regulatorio **se presentan en forma de tablas que contienen los valores de concentración de radionucleidos en cada matriz ambiental, discriminados por punto de muestreo**. Las tablas están acompañadas de mapas de los alrededores de cada una de las instalaciones para detallar 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)



Complejo Nuclear Atucha



Puntos de muestreo

CNA2,24,29	Agua superficial y sedimento (Río Paraná)
CNA2,20,21	Agua de consumo humano (subterránea)
CNA3,4,17, 24,26	Aire (tasa de dosis ambiental)
CNA3,4,24	Aire (condensado de humedad)
CNA4,24	Suelo

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

Tasa de dosis absorbida en aire (nGy/h)					
	Blanco (Punto 24)	Máxima Concentración (Punto 4)	Máxima Concentración alternativo (Punto 17)	Interés Público (Punto 3)	Interés Público (Punto 26)
10/2020 al 05/2021	53	52	69	51	49

Concentración de actividad en aguas del río Paraná						
Aguas arriba del CNA - Punto Blanco (Punto 29)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	3	0	7
Emisores α total	na	< LD	na	4	0	0,03
Emisores β total	0,09	0,12	0,06	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	3	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	3	0	0,20

LD= Mayor límite de detección determinado; "na"= no aplicable. Ídem para las tablas siguientes.

Aguas abajo del CNA - Persona representativa (Punto 2)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	7,3	14,1	< LD	11	1	8,0
Emisores α total	na	< LD	na	4	0	0,03
Emisores β total	0,09	0,11	< LD	4	2	0,07
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Aguas abajo del CNA - (Punto 24)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	18,8	52,8	< LD	11	5	8,0
Emisores α total	na	< LD	na	4	0	0,03
Emisores β total	0,08	0,10	< LD	4	3	0,07
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,30
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Concentración de actividad en aguas de consumo humano (proveniente de aguas subterráneas)						
Napas aguas arriba del CNA - Punto blanco (Punto 20)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	11	0	8,0
Emisores α total	0,15	0,2	0,03	4	4	na
Emisores β total	0,54	0,66	0,32	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,30
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Napas aguas abajo del CNA - Persona representativa (Punto 2)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	11	0	8,0
Emisores α total	0,1	0,15	0,07	4	4	na
Emisores β total	0,4	0,66	0,20	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,30
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Agua de la ciudad de Lima - Punto de interés público (Punto 21)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	11	0	8,0
Emisores α total	0,08	0,11	0,05	4	4	na
Emisores β total	0,43	0,58	0,32	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Concentración de actividad en condensados de humedad						
Punto de interés público (Punto 3)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	0,5	2,45	< LD	23	16	0,11

Punto de máxima concentración (Punto 4)						
	Promedio (Bq/m³)	Máximo (Bq/m³)	Mínimo (Bq/m³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m³)
Tritio	21,3	81,1	0,37	46	46	na

Punto Blanco (Punto 24)						
	Promedio (Bq/m³)	Máximo (Bq/m³)	Mínimo (Bq/m³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m³)
Tritio	0,32	0,24	< LD	31	19	0,12

Concentración de actividad en alimentos						
Concentración de actividad en leche de la zona						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Yodo 131	na	< LD	na	2	0	0,20

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 Quillinzo)
CNE37,39	Aire (tasa de dosis ambiental)

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

* Se incluyó fe de erratas sobre los resultados de la CNE en el documento "[Resultados del PMRA de la ARN - Período 2021](#)", página 17.

Concentración de actividad en aguas superficiales						
Embalse Río Tercero (Punto 2)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	334	447	227	4	4	na
Emisores α total	na	< LD	na	1	0	0,02
Emisores β total	na	0,10	na	1	1	na
Cesio 137	na	< LD	na	1	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	1	0	0,20

LD= Mayor límite de detección determinado; "na"= no aplicable. Ídem para las tablas siguientes.

Embalse Río Tercero - Persona representativa (Punto 9)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	334	414	255	4	4	na
Emisores α total	na	< LD	na	1	0	0,02
Emisores β total	na	0,10	na	1	1	na
Cesio 137	na	< LD	na	1	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	1	0	0,10

Embalse Río Tercero (Punto 3)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	309	381	237	2	2	na
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,03
Emisores β total	0,08	0,09	< LD	2	1	0,06
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

Río Santa Rosa - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 1)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,03
Emisores β total	0,09	0,12	< LD	2	1	0,06
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

Río La Cruz - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 12)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0
Emisores α total	0,08	0,09	0,06	2	2	na
Emisores β total	0,32	0,45	0,19	2	2	na
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

Río Quillinzo - Aguas arriba de la CNE - Punto blanco (Punto 35)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,03
Emisores β total	0,06	0,07	< LD	2	1	0,06
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

Río Grande - Aguas arriba de la CNE (Punto 15)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,03
Emisores β total	na	< LD	na	2	0	0,06
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

Río Amboy - Aguas arriba de la CNE (Punto 16)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0
Emisores α total	na	< LD	na	2	0	0,02
Emisores β total	0,15	0,16	0,13	2	2	na
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,10

Embalse Piedras Moras - Aguas abajo de la CNE (Punto 17)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	220	251	205	4	4	na
Emisores α total	na	0,03	na	1	1	na
Emisores β total	na	0,14	na	1	1	na
Cesio 137	na	< LD	na	1	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	1	0	0,20

Balneario Río Tercero - Aguas abajo de la CNE (Punto 18)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	200	214	185	2	2	na

Río Carcarañá - Aguas debajo de la CNE (Punto 20)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	52,5	54,6	50,4	2	2	na

Concentración de actividad en aguas de consumo humano						
Ciudad de Embalse Río Tercero (Punto 7)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	302	337	272	4	4	na
Emisores α total	na	< LD	na	1	0	0,02
Emisores β total	na	0,11	na	1	1	na
Cesio 137	na	< LD	na	1	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	1	0	0,20

Villa Rumipal (Punto 2)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	68,9	86,5	49,3	3	3	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

Ciudad de La Cruz (Punto 13)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	2	0	8,0
Emisores α total	0,08	0,10	0,06	2	2	na
Emisores β total	0,21	0,21	0,21	2	2	na
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

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	11,2	106	0,22	17	17	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	7,75	59,4	0,47	17	17	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	12,0	43,6	< LD	4	3	0,12

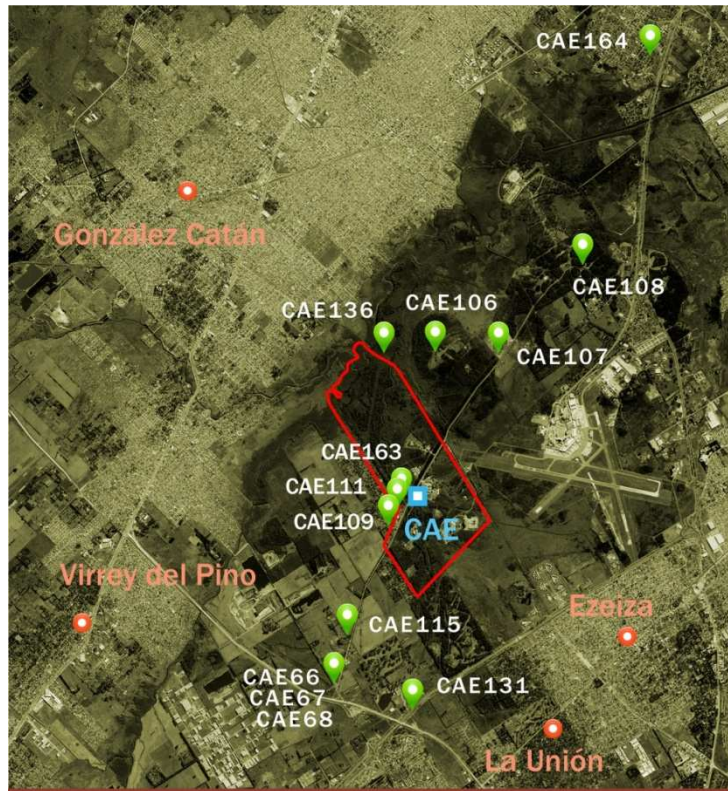
Punto de máxima concentración (Punto 33)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	126	492	2,45	4	4	na

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	12,5	81,2	0,11	11	11	na

Concentración de actividad en alimentos						
Concentración de actividad en leche de la zona						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Yodo 131	na	< LD	na	2	0	0,40

Concentración de actividad en filtros de aire			
	Punto Blanco (Punto 32)	Punto persona representativa (Punto 29)	Punto de máxima concentración (Punto 34)
	Muestra anual ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	Muestra anual ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	Muestra anual ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
Cesio 137	< LD (LD = 2,00)	< LD (LD = 1,00)	< LD (LD = 2,00)
Cobalto 60	< LD (LD = 2,00)	< LD (LD = 2,00)	< LD (LD = 2,00)
Yodo 131	< LD (LD = 2,00)	< LD (LD = 1,00)	< LD (LD = 1,00)

Centro Atómico Ezeiza (CAE)



Centro Atómico Ezeiza



Puntos de muestreo

CAE106,107, 108,109,111, 115	Agua de consumo humano (subterránea)
CAE66	Agua subterránea (Acuífero Puelche)
CAE67	Agua subterránea (Acuífero Pampeano)
CAE68	Agua subterránea (Acuífero freático)
CAE131,136	Agua superficial y sedimento (Arroyo Aguirre)
CAE163,164	Suelo

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

Concentración de actividad en aguas del Arroyo Aguirre						
Aguas arriba del CAE - Punto blanco (Punto 131)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	na	< LD	11	0	8,00
Uranio (µg/l)	9,5	12,2	4,9	11	11	na
Emisores α total	0,16	0,21	0,08	11	11	na
Emisores β total	0,55	0,69	0,28	11	11	na
Cesio 137	na	< LD	na	11	0	0,70
Cobalto 60	na	< LD	na	11	0	0,60

LD= Mayor límite de detección determinado; "na"= no aplicable. Ídem para las tablas siguientes.

Aguas abajo del CAE - Punto de máxima concentración (Punto 136)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	11	0	8,00
Uranio (µg/l)	11,4	15,2	2,7	11	11	na
Emisores α total	0,2	0,26	0,05	11	11	na
Emisores β total	0,56	0,66	0,28	11	11	na
Cesio 137	na	< LD	na	11	0	0,70
Cobalto 60	na	< LD	na	11	0	0,50

Concentración de actividad en aguas de consumo humano						
Punto 106						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	3	0	8,0
Uranio (µg/l)	8,3	9,8	6,1	3	3	na
Emisores α total	0,15	0,17	0,15	3	3	na
Emisores β total	0,34	0,36	0,32	3	3	na
Cesio 137	na	< LD	na	3	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	3	0	0,20

Punto 107						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0
Uranio (µg/l)	6,3	7,9	4,8	4	4	na
Emisores α total	0,13	0,14	0,12	4	4	na
Emisores β total	0,34	0,43	0,29	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Punto 108						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0
Uranio (µg/l)	7,5	9,7	5,3	4	4	na
Emisores α total	0,14	0,16	0,13	4	4	na
Emisores β total	0,40	0,50	0,34	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,30
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Punto 109						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0
Uranio (µg/l)	6,9	10,1	3,4	4	4	na
Emisores α total	0,15	0,20	0,12	4	4	na
Emisores β total	0,29	0,57	0,16	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Punto 111						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0
Uranio (µg/l)	31,0	36,2	26,1	4	4	na
Emisores α total	0,43	0,50	0,33	4	4	na
Emisores β total	0,83	1,00	0,65	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Punto 115						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	na	< LD	na	4	0	8,0
Uranio (µg/l)	12,2	14,5	10,2	4	4	na
Emisores α total	0,22	0,27	0,20	4	4	na
Emisores β total	0,50	0,64	0,43	4	4	na
Cesio 137	na	< LD	na	4	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	4	0	0,20

Concentración de actividad en alimentos						
Concentración de actividad en leche de la zona						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Yodo 131	na	< LD	na	31	0	0,80

Complejo Fabril Córdoba (CFC)



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



Puntos de muestreo

CFC1 Agua superficial (Dique San Roque)
CFC2,4,5,10,12 Agua superficial (Río Primero)
CFC2,10,12 Sedimento (Río Primero)

Figura 5. Puntos de muestreo en alrededores del Complejo Fabril Córdoba (CFC)

Concentración de actividad en agua para consumo	
	Punto 3 (Agua potable de la ciudad de Córdoba)
Uranio ($\mu\text{g/l}$)	< LD (LD = 1,6)
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)

LD= Mayor límite de detección determinado; "na"= no aplicable. Ídem para las tablas siguientes.

Concentración de actividad en agua superficial – Río Suquía			
	Punto 1	Punto 2	Punto 4
Uranio ($\mu\text{g/l}$)	1,7	1,9	8,5
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)

	Punto 5	Punto 10	Punto 12
Uranio ($\mu\text{g/l}$)	8,3	10,5	14,8
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)

* El río no pasa cerca del complejo. Se asume como aguas arriba (Blancos) a los Puntos 1, 2 y 4, y aguas abajo, al resto.

Ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes (GIG)



Ex Complejo minero fabril
Los Gigantes



Puntos de muestreo

GIG1	Agua superficial y sedimento (Arroyo Batán)
GIG2	Agua superficial y sedimento (Arroyo Moreno)
GIG3,5	Agua superficial y sedimento (Río Cajón)
GIG4	Agua superficial (Río Cajón)
GIG6	Agua superficial y sedimento (Arroyo Las Pilas)
GIG7,8	Agua superficial (Río Cambuche)
GIG9	Agua superficial y sedimento (Río Icho Cruz)
GIG10	Agua superficial y sedimento (Río San Antonio)
GIG11	Agua superficial y sedimento (Arroyo San Antonio)
GIG12	Agua superficial y sedimento (Dique San Roque)

Figura 6. Puntos de muestreo en alrededores de Ex complejo Minero Fabril Los Gigantes (GIG)

Concentración de actividad en agua para consumo humano	
Punto 13 (Agua potable de Villa Carlos Paz)	
Uranio (µg/l)	< LD (LD = 2,5)
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)

LD= Mayor límite de detección determinado; "na"= no aplicable. Ídem para las tablas siguientes.

Concentración de actividad en agua superficial – Río Cajón y afluentes *					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Uranio (µg/l)	< LD (LD = 0,4)	0,8	1,0	0,9	2,2
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)

* Los Puntos 1 y 2 son afluentes al Río Cajón, aguas arriba del complejo; los Puntos 3 y 4 pertenecen al Río Cajón, aguas arriba del complejo; y el Punto 5 es el Río Cajón, aguas abajo del complejo.

Concentración de actividad en agua superficial – Ríos Cambuche y San Antonio *				
	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10
Uranio (µg/l)	1,4	1,2	0,9	1,0
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)

* Punto 7 pertenece al Río Cambuche, aguas arribas; y Punto 8 al Río Cambuche, aguas abajo del Arroyo Las Pilas. Puntos 9 y 10 representan al Río San Antonio, que recibe las aguas de los Ríos Cajón y Cambuche.

Concentración de actividad en agua superficial		
	Punto 11 (Afluente al Río San Antonio)	Punto 12 (Lago San Roque)
Uranio (µg/l)	3,4	2,5
Radio (mBq/l)	< LD (LD = 6,0)	< LD (LD = 6,0)

Área no relacionada con instalaciones controladas (BAS)



Puntos de muestreo

BAS1	Tasa de dosis Aire (Condensado de humedad)
BAS7	Agua superficial

Figura 7. Puntos de muestreo en alrededores del Área no relacionada con instalaciones controladas (BAS) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Tasa de dosis absorbida en aire (nGy/h)	
Punto BAS 1	
1/2020 al 1/2021	35

Concentración de actividad en aguas del Río de la Plata						
Río de la Plata, espigón del Club de Pescadores (Punto 7)						
	Promedio (Bq/l)	Máximo (Bq/l)	Mínimo (Bq/l)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/l)
Tritio	11,1	11,7	10,4	2	2	na
Emisores α total	0,07	0,13	< LD	2	1	0,02
Emisores β total	0,14	0,21	0,07	2	2	na
Cesio 137	na	< LD	na	2	0	0,20
Cobalto 60	na	< LD	na	2	0	0,20

LD= Mayor límite de detección determinado; "na"= no aplicable. Ídem para las tablas siguientes.

Concentración de actividad en condensado de humedad						
Sede Central, ARN (Punto 1)						
	Promedio (Bq/m ³)	Máximo (Bq/m ³)	Mínimo (Bq/m ³)	Muestras analizadas	N° análisis > LD	LD (Bq/m ³)
Tritio	na	< LD	na	11	0	0,11

Conclusiones

Los resultados presentados en las tablas del período 2020 se encuentran en el orden de magnitud de los resultados de años anteriores y **son compatibles con distintos valores de referencia nacionales e internacionales**, que indican que en todos los casos **se está muy por debajo del límite de dosis establecido en la normativa vigente para el público, de 1mSv/a (milisievert/año)**.

Se pueden apreciar algunos valores por encima de los límites de detección de las técnicas de medición empleadas, tanto en radionucleidos artificiales, como por ejemplo el tritio, debido a que es un elemento usual en las descargas autorizadas de algunas instalaciones; como en radionucleidos naturales, como el uranio o emisores alfa y beta, precisamente porque al ser naturales se encuentran distribuidos en las distintas matrices ambientales, independientemente de la presencia o no de las instalaciones radiológicas y nucleares. Pero, como se mencionó anteriormente, **dichos valores en ningún caso representan un riesgo radiológico**.

En conclusión, **las concentraciones de radionucleidos medidas son aceptables para la población desde el punto de vista radiológico**.

Referencias

- [1] IAEA (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/es/publications/8461/environmental-and-source-monitoring-for-purposes-of-radiation-protection>
- [2] Autoridad Regulatoria Nuclear (2017). Diseño y Desarrollo de un Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental. Guía AR 14, Rev. 0. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/gr14-r0_0.pdf
- [3] Guías para la calidad del agua potable, tercera edición: Volumen 1 – Recomendaciones. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq3/es/