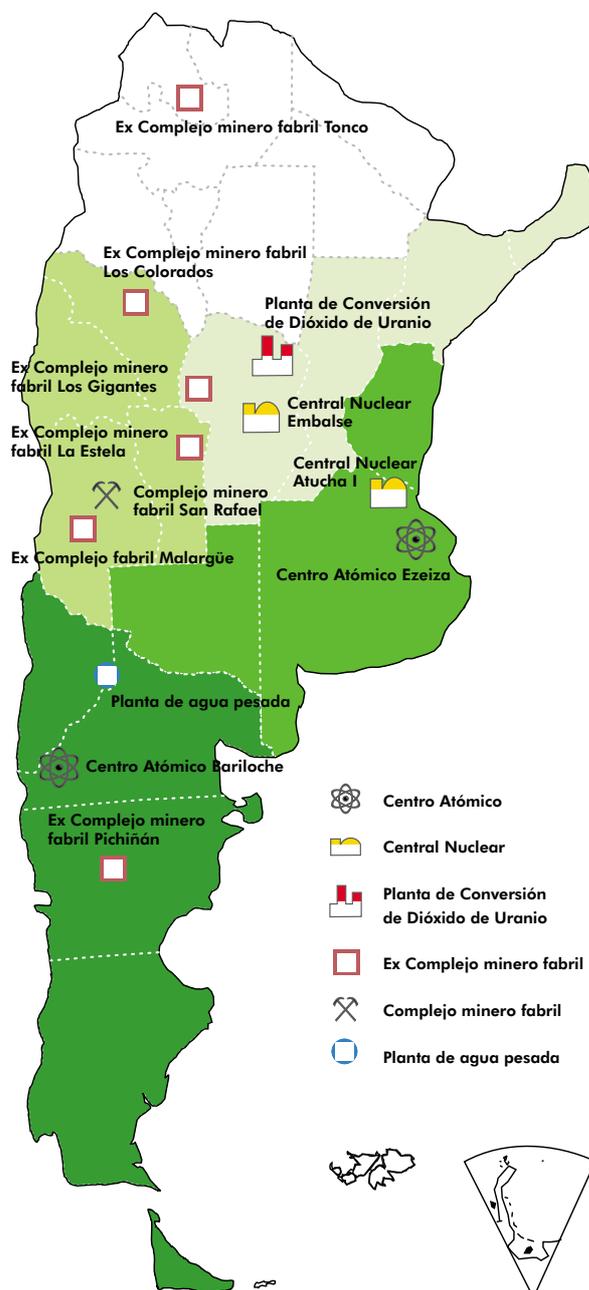


La ARN realiza el monitoreaje ambiental alrededor de las siguientes instalaciones del país:

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

La ubicación geográfica de las instalaciones monitoreadas se indica en la **Figura 6**.

Figura 6.
Control ambiental
alrededor de instalaciones



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

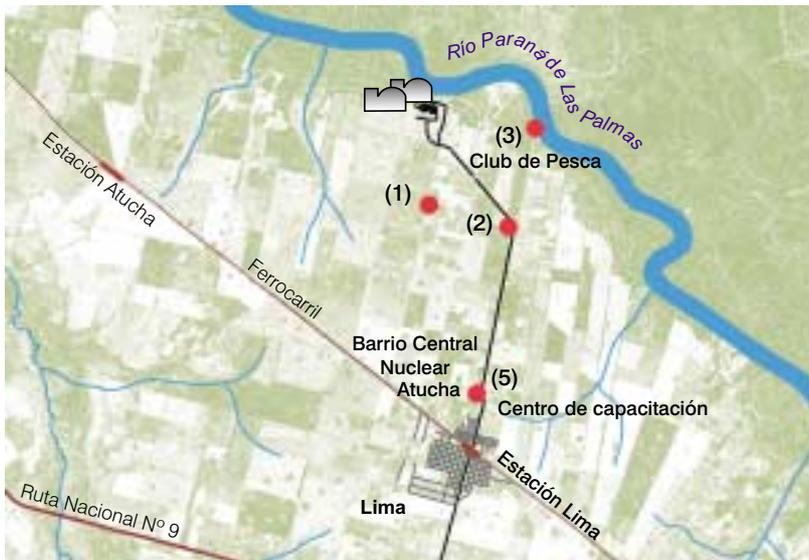
La Central Nuclear Atucha I (CNA I) está ubicada sobre el río Paraná de las Palmas, a 7 km de la Ciudad de Lima, en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires. En la **Figura 7** se presenta la ubicación de los puntos de muestreo rutinario ambiental en los alrededores de la CNA I.

Se toman muestras representativas de los diferentes compartimientos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos. Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se toman y analizan muestras de agua de río, sedimentos y peces. Adicionalmente, se realiza el monitoreo del agua potable extraída de pozos cercanos a la central. Para evaluar el impacto ambiental de las descargas a la atmósfera, se toman y analizan muestras de alimentos producidos en la zona, tales como leche y vegetales. El pasto se analiza como indicador del depósito de material radiactivo.

MONITOREO AMBIENTAL ALREDEDOR DE INSTALACIONES NUCLEARES

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I

Figura 7. Alrededores de la Central Nuclear Atucha I (Provincia de Buenos Aires)



Centrales Nucleares Atucha I y II

- Punto de muestreo y tipo de muestra
- (1) Leche, pasto, agua potable
- (2) Pasto
- (3) Agua de río, sedimentos, peces, pasto, agua potable
- (5) Condensado de humedad



- Punto de muestreo y tipo de muestra
- (4) Agua de río, sedimentos y pasto

CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

Figura 8.
Alrededores de
la Central Nuclear Embalse
(Provincia de Córdoba)

-  Central Nuclear Embalse
-  Punto de muestreo y tipo de muestra
- (1) Agua y sedimento
- (2) Leche
- (3) Condensado de humedad
- (4) Alimentos vegetales
-  Agua de río y sedimento (Muestreo anual)
-  Agua de lago y sedimento (Muestreo anual)



Se toman aproximadamente 100 muestras por trimestre en los diferentes puntos de muestreo, sobre las que se realizan determinaciones y análisis radioquímicos que permiten medir la concentración de actividad en: agua, peces y sedimentos del río Paraná y en agua potable, alimentos, leche y pasto de la zona.

La Central Nuclear Embalse (CNE) está ubicada sobre la margen del lago de Embalse de Río Tercero, en el centro-oeste de la Provincia de Córdoba.

En la **Figura 8** se presenta la ubicación de los puntos de muestreo ambiental en los alrededores de la CNE. Como se mencionó en el caso de la CNA I, en los alrededores de la CNE se toman muestras representativas de los diferentes compartimientos de la matriz ambiental de transferencia de radionucleidos.

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se toman y analizan muestras de agua del lago, sedimentos, plancton, peces, y agua potable de la Ciudad de Embalse. Para evaluar el impacto ambiental de las descargas gaseosas, se toman y analizan muestras de alimentos producidos en la zona de influencia de la central, tales como vegetales y leche. Como indicador del depósito del material radiactivo, se recolecta pasto en el perímetro de la instalación.

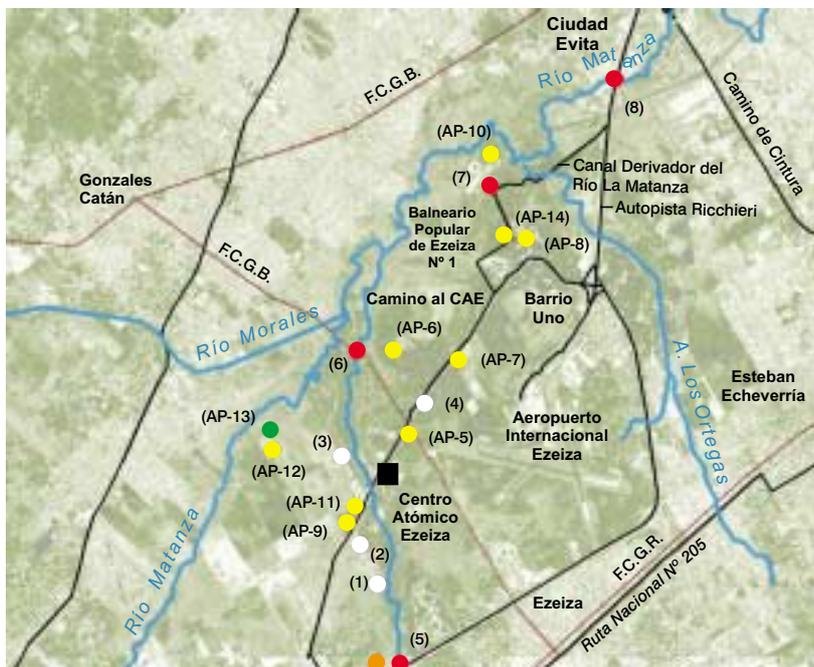
Los radionucleidos analizados en las muestras recolectadas alrededor de ambas centrales son, principalmente, los productos de fisión (cesio 137, estroncio 90, yodo 131) y de activación (tritio y cobalto 60), debido a su importancia radiológica.

CENTRO ATÓMICO EZEIZA

El Centro Atómico Ezeiza de la CNEA, está ubicado en la localidad de Ezeiza, Provincia de Buenos Aires. Las principales instalaciones que componen este centro son: el Reactor de producción de radioisótopos RA 3; la Planta de producción de radioisótopos para uso médico e industrial; la Fábrica de fuentes encapsuladas de cobalto 60; la Planta de producción de molibdeno 99 por fisión; el Área de gestión de residuos radiactivos de baja actividad y la Fábrica de elementos combustibles nucleares (CONUAR S.A.).

La **Figura 9** muestra la ubicación de los puntos en los que se realiza el muestreo correspondiente al control ambiental en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza.

Figura 9.
Alrededores del
Centro Atómico Ezeiza
(Provincia de Buenos Aires)



- Punto de muestreo**
- Agua de río
 - Agua potable (AP)
 - Pasto
 - Leche, agua potable
 - Alimentos vegetales

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

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas gaseosas, se toman y analizan muestras de aire, con una frecuencia semanal, midiéndose la presencia de aerosoles radiactivos. Para determinar el depósito de material radiactivo, se toman muestras de agua de lluvia y de pasto. Además, se recolectan y analizan muestras de alimentos vegetales, provenientes de quintas vecinas, en dirección sudoeste. Las muestras de leche son recolectadas de un tambo de la zona, ubicado a 3 km del Centro, en dirección oeste, determinándose los niveles de cesio 137 y estroncio 90. Las muestras de pasto son obtenidas de diferentes puntos, distantes a menos de 3 km del Centro (punto 1, 2, 3 y 4, figura 9).

Para evaluar el impacto ambiental de las descargas líquidas, se toman y analizan muestras de agua potable del centro atómico y agua y sedimentos del arroyo Aguirre.

El Centro Atómico Bariloche (CAB) de la CNEA, se halla ubicado en la ciudad homónima en la Provincia de Río Negro, junto al lago Nahuel Huapi.

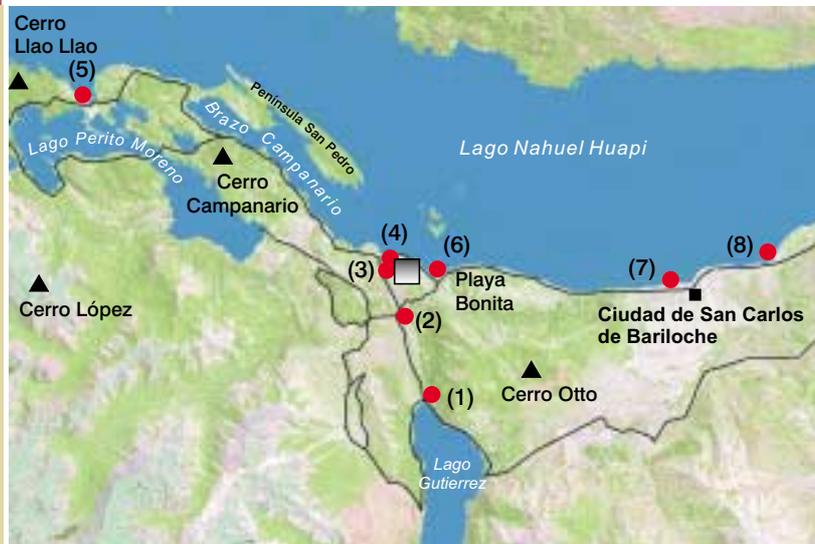
Las principales instalaciones que componen este centro son: el Reactor de investigación RA 6, el Acelerador lineal de partículas LINAC y diferentes instalaciones de investigación y desarrollo.

En la **Figura 10** se muestra la ubicación de los puntos en los que se realiza el muestreo ambiental de este centro atómico.

CENTRO ATÓMICO BARILOCHE

Figura 10.
Alrededores del
Centro Atómico Bariloche
(Provincia de Río Negro)

- ▣ CAB (Centro Atómico Bariloche)
- Puntos de muestreo
- (1) Lago Gutierrez,
Auto camping Suizo
- (2) Arroyo Gutierrez,
(Virgen de las Nieves)
- (3) Arroyo Gutierrez,
antes del Lago Nahuel Huapi
- (4) Puerto Moreno, Lago N. Huapi
- (5) Puerto Pañuelo
- (6) Playa Bonita
- (7) Puerto Bariloche
- (8) Lago N. Huapi,
antes planta depuradora
- (9) Río Limay,
desembocadura Lago N. Huapi



El muestreo ambiental asociado al CAB se lleva a cabo trimestralmente sobre muestras de aguas y sedimentos de distintos puntos del arroyo Gutierrez y del lago Nahuel Huapi, tomándose muestras de aguas y sedimentos, aguas arriba y abajo de la instalación además, también se analiza el agua potable de la ciudad de San Carlos de Bariloche.

COMPLEJO TECNOLÓGICO PILCANIYEU

Figura 11.
Alrededores del Complejo
Tecnológico Pilcaniyeu
(Provincia de Río Negro)

- ▣ Planta Pilcaniyeu
- Punto de muestreo
- Agua potable



El Complejo Tecnológico Pilcaniyeu está ubicado en la localidad de Pilcaniyeu, Provincia de Río Negro, aproximadamente a 60 km al oeste de San Carlos de Bariloche, junto al río Pichileufú.

La ARN realiza determinaciones de la concentración de uranio natural y de radio 226 en muestras de agua y sedimentos. En la **Figura 11** se presentan los puntos de muestreo y la ubicación del centro.

COMPLEJOS MINERO FABRILES DE URANIO

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

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

A tal fin, se realizan en los alrededores de los Complejos minero fabriles de uranio, muestreos de aguas superficiales y sedimentos de acuíferos que potencialmente podrían estar influenciados por la operación de las instalaciones. Paralelamente, se realizan muestreos de aguas de napa freática si las características de la zona del emplazamiento lo justifican.

Dado que las vías críticas de llegada al hombre son la ingestión de agua y la inhalación, se llevan a cabo las determinaciones de la concentración de uranio natural y de la actividad de radio 226 en muestras de agua y de la tasa de emanación del gas radón en las escombreras de mineral de uranio, ya que estos son los radionucleidos radiológicamente más significativos.

El Complejo minero fabril San Rafael se encuentra ubicado a 35 km al oeste de la Ciudad de San Rafael, Provincia de Mendoza, emplazado en la denominada "Sierra Pintada". Comenzó su operación en el año 1980 y actualmente es el único complejo en actividad para la obtención de concentrado de uranio.

El muestreo ambiental asociado a la operación de la instalación se lleva a cabo sobre el arroyo Tigre y el río Diamante, efectuándose la toma de muestras de aguas y sedimentos, aguas arriba y abajo de la instalación. En la **Figura 12** se presentan los cursos de agua y la ubicación de los puntos de muestreo.

Complejo minero fabril San Rafael

Figura 12. Alrededores del Complejo minero fabril San Rafael (Provincia de Mendoza)



Complejo minero fabril San Rafael

Puntos de muestreo

- (1) Arroyo El Tigre, antes de la desembocadura al Río Diamante
- (2) Río Diamante, antes de la desembocadura del Arroyo El Tigre
- (3) Río Diamante, después de la desembocadura del Arroyo El Tigre

Ex Complejo fabril Malargüe

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

Figura 13.
Alrededores del
ex Complejo fabril Malargüe
(Provincia de Mendoza)

- Ex complejo fabril Malargüe
(Ciudad de Malargüe)
- Punto de muestreo
- (1) Arroyo Los Caballos
antes de drenaje
- (2) Arroyo Los Caballos
salida drenaje
- (3) Arroyo Los Caballos después
de drenaje
- (4) Arroyo Los Caballos
- (5) Salida Zanjón Planta, Finca
San Gabriel y Cabaña Agraria
- (6) Puesto Sepúlveda, agua de napa
- (7) Puesto Rivero, agua de napa
- (8) Puesto Carrasco, agua de napa
- (9) Puesto Cerro Los Leones,
agua de napa



Ex Complejo minero fabril Pichián

Figura 14.
Alrededores del ex Complejo
minero fabril Pichián
(Provincia de Chubut)

- Ex complejo minero fabril
Pichián (Planta Los Adobes)
- Puntos de muestreo
- (1) Dique F. Ameghino
- (2) Dolavon
- (3) Gaiman
- (4) Bahía Engaño



El muestreo ambiental se lleva a cabo fundamentalmente en aguas de napa freática, que se encuentra muy alta y aflora en varios puntos en los alrededores de la instalación. Las muestras son recolectadas en distintos puntos aguas abajo en el sentido de escurrimiento de la napa hasta su afloramiento definitivo en la laguna Llanquanelo. Paralelamente se toman muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el río Malargüe, el arroyo Mocho, el arroyo El Chacay y otros que llevan sus aguas hasta la laguna (ver **Figura 13**). También, se determina la tasa de emanación de radón en las escombreras de mineral de uranio.

El ex Complejo minero fabril Pichián se encuentra ubicado en la Provincia de Chubut, a 40 km de la localidad Paso de Indios sobre la ruta provincial N° 12.

Este complejo inició su operación en agosto de 1977 finalizando la misma en abril de 1981, fecha en la que se procedió al cierre de la instalación. En principio procesó mineral proveniente del yacimiento "Los Adobes", ubicado a 40 km al norte del complejo, y posteriormente del yacimiento "Cerro Cóndor" ubicado a 35 km al noroeste del complejo.

El muestreo correspondiente a esta instalación se lleva a cabo a lo largo del río Chubut, prácticamente desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano Atlántico, como se indica en la **Figura 14**.

El Complejo fabril Córdoba está ubicado en la Ciudad de Córdoba, en la zona conocida como Alta Córdoba, y fue creado con el objeto de determinar la posibilidad de obtención, en escala industrial, de concentrados de uranio. A partir de 1982 se iniciaron las operaciones de las líneas de purificación y conversión del concentrado de uranio proveniente de los diferentes complejos minero fabriles.

El muestreo para evaluar el impacto ambiental del complejo se basa en la toma de muestras de aguas superficiales y sedimentos sobre el río Primero, aguas arriba y abajo de la instalación como puede observarse en la **Figura 15**.

Complejo fabril Córdoba

Figura 15. Alrededores del Complejo fabril Córdoba (Provincia de Córdoba)



-  Complejo fabril Córdoba
-  Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales
-  Punto de muestreo
- (1) Dique San Roque (agua de lago)
- (2) La Calera



-  Punto de muestreo

El ex Complejo minero fabril Los Gigantes se encuentra ubicado en la Provincia de Córdoba, en el Cerro Los Gigantes, al sudoeste de la denominada Pampa de San Luis, en el Departamento de Cruz del Eje.

Ex Complejo minero fabril Los Gigantes

Figura 16.
Alrededores del ex Complejo
minero fabril Los Gigantes
(Provincia de Córdoba)

- Ex complejo minero
fabril Los Gigantes
- Punto de muestreo
- (1) Toma de agua
- (2) Entrada a Yacimiento
(ex-Gendermería)
- (3) Punto 63 CNEA
- (4) Arroyo Las Pilas
- (5) Río Cambuche
antes A. Las Pilas
- (6) Río Cambuche
después A. Las Pilas



En la **Figura 16** se muestran los alrededores del ex Complejo minero fabril Los Gigantes, indicándose los puntos de muestreo.

Ex Complejo minero fabril La Estela

- Ex complejo minero
fabril La Estela
- Punto de muestreo
- (1) 200 m antes del yacimiento
- (2) 100 m antes del yacimiento
- (3) Puesto Gatica
- (4) Puesto González
(Agua Acequia)



Figura 17.
Alrededores del ex Complejo
minero fabril La Estela
(Provincia de San Luis)

Por razones topográficas y requerimientos de áreas aptas, la planta de tratamiento de mineral está ubicada a 3000 m en línea recta del sector de mina. El yacimiento La Estela está ubicado, como se indica en la **Figura 17**, sobre la margen izquierda del río Seco, aproximadamente a 1200 m sobre el nivel del mar, en el faldeo occidental de la sierra de Comechingones.

El muestreo se lleva a cabo sobre el río Seco, aguas arriba y abajo del yacimiento y de la planta, tomándose muestras de aguas superficiales y sedimentos. También, se toman muestras de aguas de napa, por la eventual influencia sobre la misma del río Seco y muestras de aguas superficiales y sedimentos del río Contlara, por la eventual influencia sobre éste de las aguas subterráneas.

El ex Complejo minero fabril Los Colorados cuya actividad se desarrolló entre 1993 y 1996 está ubicado, como se indica en la **Figura 18**, en el Departamento Independencia, Provincia de La Rioja. La planta de trituración de mineral, lixiviación y concentración de uranio estaba ubicada cerca del yacimiento, en un predio de 90 hectáreas, que corresponden a la concesión de la mina Los Colorados otorgada por la Dirección de Minería de la Provincia de La Rioja.

Debido a las características climatológicas de la zona, los cursos de agua en gran parte del año se encuentran secos, hecho por el cual el muestreo se ve limitado.



Ex Complejo minero fabril Los Colorados

Figura 18. Alrededores del ex Complejo minero fabril Los Colorados (Provincia de La Rioja)

- Ex Complejo minero fabril Los Colorados
- Puntos de muestreo
- (1) Pozo Cueva del Chacho
- (2) Diquecito
- (3) Aguas de Napa
- (4) Ex-Estancia
- (5) Agua Termal
- (6) Arroyo Saladillo
- (7) Agua Potable

El ex Complejo minero fabril Tonco comenzó su actividad en abril de 1964, finalizando la misma en 1981. Está ubicado en el Departamento San Carlos, Provincia de Salta, a unos 150 km al sudoeste de la ciudad capital, como se indica en la **Figura 19**. La instalación operó, fundamentalmente, con mineral proveniente del yacimiento Don Otto y, en menor escala con mineral de los yacimientos Los Berthos, Pedro Nicolás y M.M. de Güemes.

El monitoreo ambiental se basa, fundamentalmente, en la recolección de muestras de aguas superficiales y sedimentos. Debido a las características climatológicas de la zona los cursos de agua en gran parte del año se encuentran secos, hecho por el cual el muestreo se ve limitado.



Ex Complejo minero fabril Tonco

Figura 19. Alrededores del ex Complejo minero fabril Tonco (Provincia de Salta)

- Ex Complejo minero fabril Tonco - Yacimiento Don Otto
- Puntos de muestreo
- (1) La Ovejería
- (2) Los Berthos
- (3) Pedro Nicolás
- (4) Toma de agua
- (5) Antes de la gruta
- (6) Gruta
- (7) El Blanquito
- (8) El Chorrillo
- (9) Embalse Cabra Corral

MONITORAJE AMBIENTAL EN ZONAS ALEJADAS DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES

Fuentes naturales: medición de radón en viviendas



Cámara de referencia para la calibración de detectores de radón de aire.

La fuente de radiación de origen natural que más contribuye a la dosis efectiva es el gas radón. El UNSCEAR ha estimado que el radón y los radionucleidos resultantes de su desintegración contribuyen, aproximadamente, a la mitad de la dosis efectiva recibida por el hombre debida a fuentes naturales. La mayor parte de la dosis debida al radón, especialmente en ambientes cerrados, proviene de los radionucleidos resultantes de su desintegración.

El radón fluye del suelo en todas partes de la Tierra, pero sus niveles en el ambiente varían mucho de un lugar a otro. Las concentraciones de radón en el interior de los edificios son, en promedio, ocho veces superiores a las existentes en el exterior. Si bien los materiales de construcción contienen elementos radiactivos naturales y suelen ser fuentes de emanación de radón, el terreno en el que se asientan las viviendas es casi siempre la fuente más importante. En países de clima frío, como en el caso de Suecia y Finlandia, donde las viviendas se mantienen cerradas la mayor parte del año y con un mínimo intercambio de aire con el exterior, la concentración de radón supera los 800 Bq/m³. Debido a su importancia radiológica, surgió la necesidad de conocer los valores de concentración de radón en viviendas de diferentes ciudades de nuestro país, de manera de poder estimar la exposición de la población. La ARN ha distribuido aproximadamente 500 monitores en 2571 viviendas (entre 1983 y 2004) para la medición del gas radón, en diversas ciudades de Argentina, indicados en la tabla siguiente.

Lugar de muestreo de radón en viviendas

Ciudad de Corrientes	Provincia de Corrientes
Ciudad de San Luis	Provincia de San Luis
General Alvear, San Rafael, Ciudad de Mendoza, Malargüe	Provincia de Mendoza
Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Gran Buenos Aires	Provincia de Buenos Aires
Ciudad de Córdoba y Cosquín	Provincia de Córdoba
Resistencia	Provincia del Chaco
Rosario	Provincia de Santa Fe
San Luis	Provincia de San Luis
Santiago del Estero, Río Hondo y Frías	Provincia de Santiago del Estero
Ciudad de Bariloche	Provincia de Río Negro
Esquel, Gastre, Puerto Madryn, Playa Unión, Trelew y Rawson	Provincia de Chubut

Fuentes artificiales

Se realizan muestreos fuera de la zona de influencia de instalaciones nucleares determinándose concentraciones de radionucleidos de interés en muestras de aire, leche y otros alimentos. En particular, se miden los distintos componentes de una dieta promedio semanal cuya provisión es adquirida en diferentes bocas de expendio del Gran Buenos Aires.

Nota: véase resultado de mediciones del monitoreo ambiental practicado en 2004 en el CD adjunto.

Mosaicos Landsat GeoCover, ETM año 2000. Earth Satellite Corporation 2004. Datos facilitados por Global Land Cover Facility, USGS & NASA, desde <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>.