

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL AGUA POTABLE EN EZEIZA



AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR

1º AGOSTO 2005

BUENOS AIRES - ARGENTINA

AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR
Av. del Libertador 8250
(C1429BNP) Ciudad de Buenos Aires, ARGENTINA
Tel.: (011) 6323-1356
Fax: (011) 6323-1771/1798
<http://www.arn.gov.ar>

COMUNICADO DE PRENSA - ARN

16 de marzo de 2005

INFORMES DE LA ARN

ANÁLISIS DEL INFORME PERICIAL N° 6

Causa Judicial N° 5452/Informe Pericial N° 6 Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional N° 1 de Lomas de Zamora

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS QUE CONSTAN EN EL INFORME PERICIAL N° 6

ANEXO 1

MONITOREO AMBIENTAL REALIZADO POR LA ARN

ANEXO 2

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA FALSA PRESENCIA DE URANIO ENRIQUECIDO Y EMPOBRECIDO EN MUESTRAS DE AGUA POTABLE EN LOS ALREDEDORES DEL CENTRO ATÓMICO EZEIZA

INFORMES DE OTROS ORGANISMOS

INFORMES DEL OIEA

28 de abril de 2005

13 de julio de 2005

INFORME DE LA ABACC

3 de mayo de 2005

INFORME DEL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

31 de marzo de 2005

INFORME DE LA GENDARMERÍA NACIONAL

22 de marzo de 2005

INFORMES DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCIÓN

26 de abril de 2005

11 de mayo de 2005

INFORME DEL INGEIS (UBA/CONICET)

24 de mayo de 2005

INFORME DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

17 de mayo de 2005

NOTA REFERIDA A URANIO EMPOBRECIDO Y ENRIQUECIDO

24 de mayo de 2005

ACTA DE REUNIÓN DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIO

18 de mayo de 2005

INFORME DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

14 de junio de 2005

**INFORME DE LA ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD/ORGANIZACIÓN
MUNDIAL DE LA SALUD**

7 de junio de 2005

**INFORME DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA/FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES**

14 de junio de 2005

**INFORME DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS/CONSEJO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (UNSL/CONICET)**

27 de junio de 2005

INFORME DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES/FACULTAD DE INGENIERÍA

25 de Julio de 2005

ACADEMIA ARGENTINA DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

14 de julio de 2005

**MEDICIONES Y EVALUACIONES EFECTUADAS POR LA ARN
EN BARRIOS, ESCUELAS Y EMPRESAS DE LA ZONA**

Aeropuerto Internacional de Ezeiza
Instituto Nacional del Agua
Colegio PARISH ROBERTSON
Colegio Privado EL JAGÜEL
Barrio Privado EL RODAL
Colegio BADEN POWELL y Jardín de Infantes LA FAMILIA CONEJOLA
Barrio TORRETANQUE
Planta elaboradora y envasadora IVESS - Virrey del Pino
Barrio Privado EL CENTAURO
Country MI REFUGIO
Centro Educativo Terapéutico DESPERTARES
Jardín Maternal y de Infantes NUBEBLANCA
Planta elaboradora y envasadora AGUAS QUASAR, KARRA S.A.
Campo deportivo CLUB SOCIAL ISRAELISTA SEFARADÍ
Planta elaboradora y envasadora IVESS - Lavallol
Planta elaboradora y envasadora IVESS - Lomas de Zamora
Cámara Industrial de Soda en Sifones
Instituto GRILLI
Vivienda - Barrio Uno
Barrio ASOCIACIÓN CIVIL CLUB DE CAMPO

MEDICIONES EFECTUADAS EN CANADÁ

MEDICIONES DEL CONTENIDO DE URANIO EN EL RESTO DEL PAÍS

COMUNICADO DE PRENSA

ARN

16 de marzo de 2005

COMUNICADO DE PRENSA

16 de marzo de 2005

COMUNICADO DE PRENSA

Esta AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR en su carácter de organismo técnico regulador de las actividades nucleares que se desarrollan en la REPUBLICA ARGENTINA, en el marco de las competencias asignadas por la Ley 24.804 - Ley Nacional de la Actividad Nuclear- informa sobre hechos de dominio público relacionados con la presunta contaminación radiactiva en el Acuífero Puelche, en las zonas aledañas al Centro Atómico Ezeiza.

Al respecto, ciertas agencias de noticias han difundido que en el marco de una causa judicial que tramita por ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 de Lomas de Zamora, informes periciales instruidos habrían determinado que el agua potable no sería apta para el consumo humano.

Ante estos hechos la AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR comunica que regularmente realiza mediciones y monitoreos en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza y que los resultados obtenidos en el cumplimiento de su función regulatoria, así como las evaluaciones independientes que realizó como consecuencia de las mediciones que le fueran requeridas en la causa judicial citada, cumplen con la normativa argentina en la materia y con las recomendaciones de la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), siendo el agua potable de la zona radiológicamente apta para el consumo humano.

HOME

**INFORMES
DE LA ARN**

**ANÁLISIS DEL INFORME
PERICIAL N° 6**

Causa Judicial N° 5452/Informe Pericial N° 6
Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y
Correccional N° 1 de Lomas de Zamora



Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

INFORME DE LA ARN

ANALISIS DEL INFORME PERICIAL N° 6

A) COMPETENCIAS Y DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REGULATORIAS

Las competencias de esta ARN fueron asignadas por la Ley 24.804, -Ley Nacional de la Actividad Nuclear- constituyendo a esta ARN como organismo técnico regulador de las actividades nucleares que se realizan en toda la República Argentina, teniendo por funciones la de regulación y fiscalización de la actividad nuclear, en materia de seguridad radiológica y nuclear, protección física y fiscalización del uso de materiales nucleares, licenciamiento y fiscalización de instalaciones nucleares y salvaguardias internacionales.

Asimismo, la citada ley establece que esta ARN deberá desarrollar las funciones de regulación y control con los siguientes fines:

- a) Proteger a las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes;
- b) Velar por la seguridad radiológica y nuclear en las actividades nucleares desarrolladas en la República Argentina;
- c) Asegurar que las actividades nucleares no sean desarrolladas con fines no autorizados por esta ley, las normas que en su consecuencia se dicten, los compromisos internacionales y las políticas de no proliferación nuclear, asumidas por la República Argentina;
- d) Prevenir la comisión de actos intencionales que puedan conducir a consecuencia radiológicas severas o al retiro no autorizado de materiales nucleares u otros materiales o equipos sujetos a regulación y control en virtud de lo dispuesto en la presente ley.

La ARN es un órgano regulador técnicamente sólido y de carácter independiente, y con un alto grado de confiabilidad internacional. El escrutinio sobre tales características del órgano regulador nuclear se verifica

por varias vías, entre ellas las reuniones de examen por pares en el marco de las convenciones internacionales de seguridad vigentes y las misiones técnicas del Organismo Internacional de Energía Atómica, y contribuye también a confirmar la seriedad con la que se encararan las actividades nucleares en el país. Por otra parte, la permanente presencia del personal de la ARN en la elaboración y negociación internacional de recomendaciones y de instrumentos legales de diversa índole confirman la visión que en el exterior se tiene sobre la seriedad con que son encaradas las tareas que realiza esta ARN.

Cabe destacar que la Argentina es uno de los pocos países que está representado en la Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS), y en los cuatro comités técnicos que funcionan en el marco del proceso de preparación y examen de normas de seguridad establecido en la Secretaría del ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. Estos son: Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica (RASSC), Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear (NUSSC), Comité sobre Normas de Seguridad para la Gestión de Desechos (WASSC), Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte (TRANSSC), estando la Argentina representada por expertos de esta ARN.

El vínculo con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) reviste una importancia primaria para la Argentina. Debe tenerse presente que el OIEA es el único organismo del sistema de las Naciones Unidas con la función estatutaria de elaborar "estándares de seguridad" en materia de seguridad radiológica y nuclear. Asimismo el Estado Argentino ha definido que la ARN, en virtud de la Ley 24.804, cumpla con las obligaciones dimanantes en la materia.

La institución provee expertos para actuar en misiones de asistencia técnica a diversos países y en la elaboración de publicaciones especializadas en seguridad, así como la capacitación de becarios extranjeros. Cabe remarcar que la provisión de expertos siempre es financiada por el OIEA. El hecho de que el OIEA elija, entre muchos posibles participantes de diversos países, financiar la participación de funcionarios de la ARN significa un reconocimiento a la capacidad e idoneidad de los funcionarios de esta ARN.

A título de ejemplo, en 2004 el OIEA solicitó el servicio de expertos de la ARN en temas de protección radiológica para República Dominicana, Panamá, Bolivia, Ecuador, El Salvador, Paraguay, Uruguay y Guatemala y en temas de Seguridad Nuclear para Egipto, República de Ghana y Grecia.

Como así también solicito especialistas de la ARN en calidad de expertos para dictar cursos y conferencias en Estados Unidos de América, Francia y Brasil.

Desde su creación la ARN a solicitud del OIEA brindó entrenamientos específicos en el área de su competencia a profesionales de América Latina y el Caribe, como así también de Rumania, Pakistán, República del Congo (Zaire), Egipto, Sudáfrica, Corea, Siria y Angola. Entre el año 1994 y el 2004 demandó 534 semanas de entrenamiento.

En cooperación con el OIEA se dictaron en Argentina cursos regionales en temas específicos a la función regulatoria a los cuales asistieron, en promedio, un participante por país de la región Latinoamericana y el Caribe.

Por otra parte, en el cumplimiento de su función regulatoria, la ARN mantiene una intensa y variada interacción con instituciones nacionales y extranjeras, gubernamentales y no gubernamentales. Tal interacción incluye el intercambio de experiencia e información y la participación en la elaboración de recomendaciones internacionales vinculadas a la seguridad radiológica y nuclear, las garantías de no proliferación nuclear y la protección física, así como el establecimiento y desarrollo de acuerdos de cooperación técnica.

Con referencia al ámbito internacional, tales acuerdos pueden caracterizarse básicamente como de dos tipos. Por un lado, la Autoridad Regulatoria Nuclear mantiene una activa interacción con los organismos reguladores de los países más desarrollados del área nuclear, interacción que consiste en el establecimiento de tareas comunes desarrolladas en un plano de igualdad. Por otro lado, se lleva a cabo una tarea de colaboración con los organismos reguladores de países con un menor grado de desarrollo relativo en lo nuclear, proveyendo asistencia en la articulación de sus infraestructuras regulatorias.

El mejoramiento constante de la seguridad radiológica y nuclear de la región forma parte de los principios básicos de la ARN, tal como lo indica su extensa labor de capacitación a personal de las autoridades regulatorias de los países de Latinoamérica. Por ejemplo, en el año 2002 y como corolario del convenio entre la Dirección Nacional de Tecnología Nuclear (DNTN) de Uruguay y esta ARN, se preparó y cumplió un plan de entrenamiento para todo el personal de la DNTN. Se trató de un esfuerzo cooperación inédito en la esfera internacional.

Cabe señalar, asimismo, que en el caso de la venta de instalaciones nucleares por entidades argentinas, los órganos reguladores de los países receptores han utilizado la normativa de la ARN para el licenciamiento de tales instalaciones, y han solicitado y recibido el asesoramiento de esta institución en la ejecución de dicha tarea.

Como se mencionara, la ARN interviene activamente en la negociación de instrumentos internacionales relativos al accionar regulatorio en lo radiológico y nuclear, y en su posterior implementación, y participa en la definición de las políticas que el país mantiene en materia regulatoria en distintos foros internacionales.

Personal de la ARN participa anualmente de las sesiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) La Argentina ha contribuido en forma muy activa a los trabajos de este Comité desde su constitución por Resolución 913 (X) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en diciembre de 1955.

La ARN participa en los trabajos de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) La ICRP, constituida en 1928, es una institución no gubernamental cuyo objetivo básico es el de propiciar el avance de la ciencia de la protección radiológica, en vista de la generalizada utilización de las radiaciones ionizantes y los materiales radiactivos, generando las recomendaciones sobre las que se basa dicha disciplina en todo el mundo. La integran los más distinguidos profesionales en la materia. Expertos de la institución han venido participando en forma ininterrumpida en las actividades de la ICRP. En este momento, dos funcionarios de la ARN integran la ICRP: uno de ellos en la Comisión Principal (el órgano de conducción), y el otro en el Comité 4 (Aplicación de las Recomendaciones)

Por otra parte, es importante destacar que funcionarios de este organismo han recibido el premio SIEVERT el cual destaca la capacidad profesional y la contribución internacional en el campo de la protección radiológica del merecedor de dicho premio, siendo ellos el Dr. Dan J. Beninson, recientemente fallecido, quien fue presidente de esta institución y el Ing. Abel J. González quien se encuentra desempeñando funciones ejecutivas, en el área de la protección radiológica, en el ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA.

En el caso de marras y en cumplimiento de sus funciones la ARN realiza monitoreo permanente del ambiente en los

alrededores de las instalaciones radioactivas y nucleares, y de numerosos sitios de interés, comparando sus resultados con los obtenidos en zonas donde no se desarrollan actividades con sustancias radiactivas, con el objeto de disponer de valores de referencia imprescindibles al realizar evaluaciones de tipo ambiental.

La Autoridad Regulatoria Nuclear en el desarrollo de sus tareas científico-tecnológicas de apoyo a su función reguladora cuenta con laboratorios y equipamiento apropiados, así como con personal especializado, que lleva a cabo la implementación de metodologías y su validación en las diferentes áreas de trabajo.

La ARN participa periódicamente en experiencias de intercomparación de muestras y resultados con los principales laboratorios internacionales, detallados en el Anexo II.

En la actualidad la Argentina como parte integrante del Tratado para la Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares -CTBT-, realiza mediciones en el laboratorio de espectrometría gamma, considerado laboratorio primario en la red internacional establecida en dicho tratado. Dicho laboratorio está en proceso de certificación internacional para integrarse como laboratorio primario de la red de monitoreo que establece el Tratado. Cabe señalar que en el mundo se establecerán sólo 16 laboratorios asociados al Tratado y la Argentina fue seleccionada para alojar uno de ellos.

Dado la envergadura del tema expuesto en el informe pericial, esta ARN, en forma inmediata, constituyó un grupo interdisciplinario en protección radiológica y seguridad nuclear, residuos radiactivos, salvaguardias, especialistas de laboratorios de esta ARN que desarrollan tareas científico-tecnológicas de apoyo a la función reguladora, sumado a expertos analistas de evaluación de impacto ambiental, tratándose de profesionales de las áreas de bioquímica, física, ingeniería, medicina, química y radiopatología.

Al respecto, estos especialistas con vastos antecedentes en la materia, cumplen a diario con las funciones asignadas en la ley 24.804, y cuentan con una notable trayectoria en la tarea regulatoria que desarrolla esta ARN, tal como fuera expresado precedentemente.

B) ANALISIS DEL INFORME PERICIAL N° 6

Sin perjuicio de que esta ARN no fuera instruida para realizar las evaluaciones de las muestras tomadas por el perito de la causa, quien junto con un veedor y varios auxiliares técnicos fueron los responsables de coordinar la extracción de las muestras, llevarlas a los laboratorios de esta ARN y realizar su posterior evaluación, resultando ser el objeto del citado informe pericial, esta ARN en oportunidad de realizar las mediciones evaluó los resultados obtenidos elaborando el informe que se adjunta al presente, a sus efectos, en el Anexo I que corre agregado a la presente respuesta.

El informe demuestra que los valores medidos cumplen con la normativa argentina en la materia y con las recomendaciones de la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).

Por otra parte, resulta pertinente informar que esta ARN monitorea regularmente las descargas de las instalaciones de la CNEA en el citado Centro Atómico, lo cual le fuera oportunamente informado a ese Juzgado. Tanto de los resultados que esta ARN tiene registrados en el cumplimiento de su función regulatoria así como el resultado de las mediciones realizadas por la ARN en el marco del informe pericial de marras, permiten indicar que cumplen con la normativa regulatoria vigente y con las condiciones de seguridad radiológica establecidas; por lo tanto, las muestras de agua analizadas y referidas en el informe adjunto como Anexo I, indican que no se ha detectado contaminación radiactiva del agua potable.

Por otra parte, le informo que esta ARN desde los comienzos de la causa que data del año 2000 y a solicitud del referido Juzgado, ha colaborado con la misma ininterrumpidamente, mediante la contestación de oficios judiciales por medio de los cuales se remitió, a ese juzgado, la siguiente información y documentación; Monitoreo ambiental de las descargas de los efluentes líquidos del Centro Atómico Ezeiza. Envío de registros actualizados sobre las mediciones que esta ARN realiza en dicho predio. Resultados del monitoreo de agua de la napa freática en pozos de control ubicados en el exterior del Area de Gestión Ezeiza. Resultados del monitoreo de agua potable del Centro Atómico Ezeiza y de zonas adyacentes a dicho centro. Abundante información acerca del procedimiento utilizado en las mediciones por parte de esta ARN. Plan de Monitoraje referente al Area de Gestión Ezeiza del CAE. Resultados de monitoreos ambientales realizados en suelo, agua superficial, sedimento de lecho, sedimento en suspensión y agua subterránea del CAE. Instructivo para el

muestreo de agua de napa freática en los piezómetros del Area Gestión Ezeiza. Plan de Monitoraje del Area Gestión de Residuos Radiactivos del CAE. Registros de volúmenes descargados, de monitoreo ambiental y de nivel freático en el Sistema de Semicontención de Residuos Radiactivos Líquidos (SSRRL), análisis radioquímicos de cada descarga efectuada y el Manual de Técnicas de Laboratorio de esta ARN.

Siguiendo los temas expuestos por el perito en su informe esta ARN pone en su conocimiento los puntos salientes de merecida consideración por esta parte.

1) DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE MUESTREO REALIZADAS

Es de hacer notar que la Autoridad Regulatoria Nuclear ha analizado las muestras a las que hace referencia el Informe Pericial N° 6 sin haber tenido participación en el programa de muestreo, la procedencia de las muestras ni información alguna que le permita analizar y opinar sobre el programa de muestreo trazado por el Perito.

2) CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FUENTE DE AGUA SUBTERRANEA

Si bien la ARN no va a expedirse sobre cuestiones hidrogeológicas, cabe destacar la siguiente observación:

A fojas 1915 del expediente con el Informe Pericial N° 6 se presenta el Cuadro N°9 con los Valores de Filtración, $T' [d^{-1}]$ (también llamado Coeficiente de transmisividad vertical, según F.1914, ϕ 81) del techo del Puelche. En el tercer renglón de esa tabla se presenta un valor de $2,60 E-[d^{-1}] 02$, para el Centro Atómico Ezeiza, Referencia: Bitesnik, 1987.

Por otra parte, el informe de esta referencia "Hidrogeología del Área de deposición de residuos radiactivos del Centro Atómico Ezeiza", presenta el análisis efectuado por el Lic. Bitesnik sobre los acuíferos libres y semi-confinado subyacente (Epi-Puelche), que en sus conclusiones dice "La transmisividad vertical, T' , de la capa semi-permeable ubicada encima del acuífero semi-libre es de $2,6 \cdot 10^{-2} d^{-1}$.

Se observa entonces que el Informe Pericial N° 6 utiliza erróneamente el valor de la transmisividad vertical del acuífero semi-confinado (Epi-Puelche) como si fuese el coeficiente de transmisividad vertical del techo del acuífero Puelche.

3) EVALUACION DE LA REPRESENTATIVIDAD DE LA OPERACIÓN DE MUESTREO EFECTUADA

El programa de muestreo diseñado por el perito no ha tenido en cuenta la necesidad de realizar mediciones reiteradas del muestreo en un mismo punto, para poder determinar de esa forma cuál es la verdadera dispersión que se obtiene en las mediciones, razón por la cual la incompatibilidad de las mediciones en alguno de los duplicados afirmada por el perito carece de fundamento estadístico.

Por otra parte y al no realizarse ese tipo de muestreo, se desconoce la influencia que pueda tener en el resultado final de una medición la técnica de muestreo empleada.

En efecto la técnica utilizada tiene mucha importancia en el resultado final, y no puede asegurarse la reproducibilidad de la misma, ni aún cuando se trata de analizar sólo dos muestras. Esta es además una característica habitual de las muestras ambientales y sólo puede ser resuelto realizando mediciones sucesivas de un mismo punto para identificar las incertezas asociadas con el método utilizado.

Esta característica se manifiesta particularmente cuando se analizan muestras cuyas mediciones son cercanas a los Límites de detección de la técnica empleada.

Esto permite explicar la mayoría de las supuestas dificultades que encontró el perito y que expresa en el párrafo 232, **punto 3 a fs. 1963**, en el sentido de que no consideró al diagramar el programa de muestro que la mayoría de las mediciones se encontrarían por debajo del límite de Detección, y que las que estuvieran por encima de este Límite, tendrían asociadas incertidumbres grandes debido al carácter ambiental de las muestras, por lo cual las afirmaciones vertidas por el perito en el **párrafo 233 a fs. 1964**, respecto a la baja calidad analítica de las mediciones, merecen ser descalificadas.

Por otra parte debe mencionarse que el programa de toma de muestras no tuvo tampoco en cuenta la necesidad de tomar muestras reiteradas de blancos obtenidos en zonas alejadas completamente de la zona de interés. Esto hubiera permitido también observar que mucha de las dispersiones encontradas en las mediciones son propias de todos los sitios del país y se producen en todas las muestras ambientales en las que se determinan muy pequeñas cantidades de radionucleídos supuestamente presentes. Esta afirmación está fundada en la gran cantidad de mediciones de este tipo que ha realizado en todo el país la Autoridad Regulatoria Nuclear. También hubiera permitido observar que hay zonas de la Argentina

alejadas del Centro Atómico de Ezeiza y en donde no existen instalaciones que realicen actividad nuclear, que poseen valores de concentración, por ejemplo de uranio, mayores a las encontradas en el informe pericial, lo cual puede observarse en la tabla presentada en la presente respuesta. Esto permite concluir que en el diseño del plan de muestreo el perito actuó con desconocimiento del tema o impericia.

4) RESULTADOS DE LOS ANALISIS Y EVALUACION DE LA CALIDAD ANALITICA

Párrafo 4.2.8 Actividad de Radón (R8 y R11)

Párrafos 186 a 189 fs. 1944/1945

El análisis efectuado por el perito en los párrafos 186 a 189 carece de rigurosidad estadística. En efecto, desde un punto de vista estadístico, la reproducibilidad entre dos metodologías no puede ser determinada a partir del análisis de solo 3 datos.

Debe también añadirse que en la toma de muestras de cualquier gas existe una gran variabilidad en cuanto al mantenimiento del gas contenido en la muestra y por lo tanto para efectuar una adecuada evaluación de tendencias y de reproducibilidad de metodologías se debe contar con un numero representativo de muestras. Siguiendo esta línea de razonamiento, con solamente 3 datos no se puede sacar conclusiones sobre supuestas tendencias que constituirían un sesgo entre ambos métodos.

La afirmación del perito de que existe una diferencia significativa (15%) entre la concentración de radón en agua de bebida en el área del CAE y el Barrio La Celia (párrafo 332 a) y el resto del área, carece de fundamento científico.

En efecto la afirmación pericial es inexacta dado que los resultados primarios para ambas zonas de muestreo están afectadas de un error cercano al 15%, y las diferencias que se comparan en el párrafo de referencia difieren entre sí en alrededor de un 16% (en el caso más desfavorable), mientras que es obvio que los resultados primarios afectador por el mismo error del 15% hace que los datos se encuentren totalmente solapados. Es decir la correcta lectura de los datos sería:

Área del CAE: 3907 ± 586 (entre 4493 y 3321 Bq/m³)
Barrio La Celia: 3362 ± 504 (entre 3866 y 2857 Bq/m³)

Esto demuestra que existe un claro solapamiento de los datos, que por lo tanto NO ES CORRECTO INFERIR EN MODO ALGUNO QUE EXISTA UN NIVEL 15% MAYOR DE RADON EN UN SITIO COMPARADO CON EL OTRO.

El perito tampoco tuvo en cuenta que el tipo de muestreo que se puede haber realizado en ambos sitios pudo dar lugar a diferencias mucho más grandes que la presente, por las deficiencias en el programa de recolección de muestras que ya fueran señaladas en otros puntos de esta presentación.

Por otro lado, el mismo perito admite en el **párrafo 330** a fs. 1985 que debido a la existencia de una importante variabilidad vertical de la concentración de radón en el medio hidrogeológico, no pueden compararse directamente resultados de muestras provenientes de porciones diferentes del acuífero de las cuales se desconoce su real ubicación vertical. Por lo tanto, la afirmación realizada en el **párrafo 332** a fs. 1987 es incorrecta.

Con respecto a la evaluación de los valores relativos del Puelche y del Epipuelche se considera que no se puede efectuar ningún análisis de significación estadística con solo dos valores pertenecientes al Epipuelche ya que el promedio de estos dos no es una medida representativa de la muestra y del mismo modo al no poderse estadísticamente sacar conclusiones al respecto la causalidad instalación/actividad del CAE no puede ser taxativa (**párrafos 332b y 333**)

En cuanto a lo expresado en los **párrafos 334 y 335** a fs. 1987, donde el perito informa la detección de elevados contenidos de radón en aire en el ambiente de la zona denominada Campo 5 del CAE, y que esto refuerza la relación de causalidad mencionada anteriormente, se debe señalar que: la metodología utilizada en la medición de la determinación de la concentración de radón externo medida en Campo 5, (citada por el perito con el número de referencia 56) no es adecuada. Los detectores utilizados en esas mediciones son electrets, los cuales son sensiblemente afectados por la humedad ambiente, que en el CAE es en forma casi permanente superior al 70%, dando valores mucho mayores que los reales, ya que el detector es descargado igualmente por el decaimiento del radón cuanto por la humedad ambiente (*Canoba, A.C., López, F. O., Oliveira A. A. "Radon determination by activated charcoal adsorption and liquid scintillation measurement". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol 240, N° 1, 237-240*).

Por ello, para la determinación de la concentración de gas radón en el exterior debe utilizarse otro tipo de metodologías, a saber: trazas nucleares, carbón activado

con gel de sílice correctora de humedad o monitores continuos.

Respecto a lo afirmado en el párrafo 336 a fs. 1988 donde afirma que *"si bien los datos se encuentran por debajo del valor guía establecido por la OMS, el 30 % de los datos superan la concentración de radón en aguas que dio lugar al estudio reflejado en la figura 26"*. Se debe señalar que el estudio a que se hace referencia es el correspondiente a un único caso de una sola vivienda de Canadá. El caso consignado no puede ser utilizado como valor de referencia ya que es único y carece de valor estadístico. Por lo tanto, la afirmación realizada por el Perito carece de todo fundamento científico.

Con respecto al **párrafo 460**, a fs. 2015, donde el perito expresa que los niveles de radón en aguas subterráneas son elevados, **esta afirmación es infundada, ya que el nivel mayor determinado fue de 18000 Bq/m³, y el valor recomendado por la OMS a partir del cual deben tomarse acciones es de 100000 Bq/m³. Llama la atención esta afirmación del perito, ya que el mismo conoce esta recomendación según el mismo afirma en el párrafo 327.**

4.4 Conclusión acerca de la calidad de las determinaciones analíticas y la representatividad de los resultados

4.4.1 Análisis realizados por la ARN

Es incorrecto lo expresado por el perito en el **párrafo 232 punto 2, fs. 1963**, en referencia a la supuesta incompatibilidad presentada por el 40 % de los duplicados que pudieron ser cuantificados. Es oportuno señalar que:

- De las 40 determinaciones realizadas con duplicado sólo 6 pueden ser consideradas como incompatibles, según lo expresado en el párrafo 143. Lo que significaría que solamente un 15%, o sea 6/40, de los duplicados podría ser considerado incompatible, aún siguiendo el criterio establecido por el perito, de dudosa aplicación en muestras que se encuentran muy cerca de los límites de detección y presentan valor relativo elevado.
- Adicionalmente, cabe aclarar que además una de esas 6 determinaciones consideradas como incompatibles, corresponde a la determinación de gas Rn-222, pozo N° 068 (RN-2) párrafo 186. Siendo el mismo perito, según lo que expresa en el párrafo 184, el que reconoce que es extremadamente dificultoso obtener un resultado reproducible para este tipo de muestras dadas las características de la toma de muestra del gas radiactivo. Por lo tanto el perito no dispone de

elementos de juicio que le permitan afirmar que es baja la calidad de las determinaciones analíticas y por lo tanto desestimar la representatividad de estos resultados.

En los párrafos 234 y 236, a fs. 1963 y 1964, el perito afirma que los resultados analíticos de las mediciones realizadas por la ARN no presentan la calidad analítica adecuada para una correcta evaluación ambiental de las características y complejidad requerida del problema investigado; debemos remarcar que los límites de detección empleados en todas las técnicas no solo están muy por debajo de los valores guía, sino que también son compatibles con los límites de detección que obtienen los laboratorios radioquímicos internacionales en sus técnicas de medición (*HASL 300, 28 the edition, "The procedures manual of the environmental measurements laboratory", U.S.Department of Energy, 1997*) (*"Prescribed procedures for measurement of radioactivity in drinking water", Environmental Protection Agency, EPA-600/4-80-032, 1980*).

A modo de ejemplo se adjunta la siguiente tabla;

Comparación de los límites de detección de las técnicas de la ARN con las de la EPA y el EML			
	ARN (Bq/L)	EML (Bq/L)	EPA (Bq/L)
Uranio - Espectrometría	0,0002	0,0007	---
Sr-90	0,013	0,007	0,02
H-3	5,4	---	11
alfa total	0,07	---	0,037
beta Total	0,1	---	0,02
Uranio Fluorimetría	0,005	---	0,003

Además, una sola muestra por pozo, en algunos pocos casos con su duplicado, no es representativa para evaluar los niveles de concentración de actividad por pozo. Un estudio profesional serio requeriría un seguimiento temporal de la variación de las concentraciones de actividad en cada uno de los lugares a evaluar.

Todos los valores de Sr-90, radionucleido de acción antrópica dieron menor que el límite de detección, excepto un valor que resultó en el orden del límite de detección. Más aún esa medición (10 mBq/L), es un único valor cuantificable que no pudo ser verificado ya que su duplicado dio menor que el límite de detección. Es de destacar que según consta en el "Manual de Técnicas de Laboratorio" de la ARN, el cual fuera enviado al Juzgado oportunamente el límite de detección reconocido de la

mencionada técnica es de 16,5 mBq/L y por lo tanto este valor cuantificable esta por debajo del límite de detección considerando un promedio de fondos históricos (mayor a 1000 mediciones).

Por otra parte, todos los valores de tritio, radionucleido cosmogénico y también producto de acción antrópica, dieron valores menores que el límite de detección, aún aquellas que se realizaron por electrólisis, siendo ésta una técnica que presenta límites de detección extremadamente bajos. Debe destacarse que, utilizando esta técnica, el laboratorio de la ARN realiza mediciones cuyos límites de detección son considerablemente inferiores a las concentraciones ambientales reportadas internacionalmente (UNSCEAR 2000).

Es necesario remarcar que, para la medición de todos los radionucleídos que han sido utilizados en este estudio pericial, los límites de detección correspondientes a las determinaciones realizadas en los laboratorios de la ARN son muy inferiores a los requeridos con fines regulatorios y están en concordancia con las reglas del arte utilizadas en los principales laboratorios internacionales.

A modo comparativo se presenta la tabla adjunta, donde se observa que los límites de detección máximos informados, son varios órdenes de magnitud inferiores a los niveles guías recomendados por la OMS. Asimismo, se presenta en la tabla el cálculo de las dosis estimadas hipotéticamente a partir de una ingestión igual a los límites de detección.

Técnicas	Límite de detección máximo informado (Bq/L)	dosis estimada (mSv/a)	Niveles guía para radionucleidos de aguas de consumo recomendados por la OMS (Bq/L)
alfa total R1	0,07	---	---
beta total R2	0,1	---	---
H-3 medición directa R3	5,4	7,1E-05	10000
Ra-226 R4	0,002	4,1E-04	1
Sr-90 R5	0,013	2,7E-04	10
Cs-137 R6	0,4	3,8E-03	10
Co-60 R6	0,4	9,9E-04	100
Uranio por Fluorimetría R7	0,005	1,7E-04	0,4
Rn-222 por Método de Lucas R8	0,16	4,1E-04	100
H-3 por electrólisis R9	0,16	2,1E-06	10000

Espectrometría alfa R10 - U-238	0,0002	6,6E-06	10
Espectrometría alfa R10 - U-235	0,001	3,4E-05	1
Espectrometría alfa R10 - U-234	0,0002	7,2E-07	10
Rn-222 por Centelleo líquido R11	0,07	1,8E-04	100

No se realizan las evaluaciones dosimétricas a partir de los límites de detección de las técnicas de alfa total y beta total, ya que ambas son técnicas de screening.

4.4.1, Párrafo 232, punto 6) fs. 1963 el perito manifiesta lo siguiente;

"Las determinaciones de isótopos de uranio evidencian una falencia significativa en el cálculo de la actividad de U-235, que presenta características de modificaciones efectuadas en forma manual y consciente"

Esta ARN informa que con respecto a la determinación de la concentración de actividad de los isótopos del uranio, cabe aclarar que: la técnica correspondiente a la determinación de concentración de actividad de uranio por espectrometría alfa, que figura en el "Manual de Técnicas de Laboratorio", de la ARN, según consta en su **Aplicación** se utiliza para la determinación de actividad de uranio total.

Por pedido del Juzgado, en fecha 19/05/2004, y a instancia del perito y del jefe de veedores (**foja 2016**), como consta en el Informe Final de las tareas de Veeduría, firmado por la Dra. Cecilia Diana Di Risio, se realizaron las determinaciones de las concentraciones de actividad de los distintos isótopos de uranio. Obviamente, la ecuación para el cálculo de la actividad de U-235 no es la misma que la que se aplica en el cálculo de actividad de uranio total. Todo experto en espectrometría alfa debe tener en cuenta que el pico del U-235 tiene repartido un porcentaje de su energía entre los picos del U-234 y U-238. Por este motivo se utiliza en la medición una ventana más ajustada que va aproximadamente desde los 4300 keV hasta los 4450 keV. **Por lo tanto, el resultado final del cálculo debe incluir un factor de corrección por solapamiento de picos del espectro.**

Esta corrección tiene el siguiente fundamento:

El conteo del pico de U-235 que aparece en el espectro de uranio obtenido por espectrometría alfa entre las energías de 4300 keV y 4450 keV, representa sólo un 83,5 % del

contaje total correspondiente a este radioisótopo. Entonces, el factor de corrección por solapamiento es igual a 0,835 ("*Determination of Isotopic Composition of Uranium by Alpha Spectrometry*", A.H.Khan M.L.Aceña, *Radiochimica Acta*, Band 18, Helf 1, 1972) Es decir, que las cuentas totales de U-235 son iguales a las cuentas totales de U-235 dividido 0,835.

En la siguiente tabla se muestra la intensidad de emisión correspondiente para las energías del U-235 entre 4300 keV y 4450 keV (*Tabla de Isotopos; 7ma Edición - Autor: C.M.Lederer y V.S. Shirley. Editorial John Wiley & Sons, Inc NY 1978*):

Energía (keV)	Intensidad (%)
4324	3
4345	1,5
4367	18
4397	57
4416	4
Total	83,5

Por lo anteriormente expuesto, concluimos que **el perito realizó en forma incorrecta** los cálculos de actividad de ^{235}U al no contemplar el factor de solapamiento que hace a las reglas del arte y al más elemental conocimiento de la espectrometría alfa, llegando de esta forma a conclusiones erróneas y agraviantes para el personal de la ARN, que desmerecen infundadamente la calidad profesional y moral de quienes han intervenido en las mediciones, lo cual se rechaza categóricamente.

Como se puede observar en la tabla adjunta, los errores asociados a las determinaciones del factor de

Muestra Nº	Factor de enriquecimiento	Error
541062	7,2E-03	6E-04
541209	7E-03	2E-03
541605	6,0E-03	8E-04
541399	6,6E-03	6E-04
541505	5,3E-03	7E-04
541015	6E-03	1E-03
541087	7,1E-03	5E-04
541095	6,2E-03	6E-04
541190	8E-03	1E-03
541435	6,8E-03	8E-04
541212	7E-03	1E-03
541559	1,2E-02	4E-03
541620	8E-03	1E-03
541647	6E-03	1E-03
541140	7E-03	1E-03
541267	8E-03	1E-03
541408	7,5E-03	8E-04
541443	8E-03	1E-03
541606	8E-03	2E-03
541370	8E-03	2E-03

enriquecimiento obtenido mediante este método están en un rango comprendido entre el 11 y el 30%. Esto confirma que la espectrometría alfa no se puede utilizar para determinar con exactitud el grado de enriquecimiento (o empobrecimiento) de uranio. Queremos señalar que existen métodos más adecuados para realizar una correcta determinación de la isotopía del uranio. El perito debería saber que para la determinación de la composición isotópica de uranio existen otros métodos más adecuados, entre ellos la extensamente utilizada y conocida espectrometría de masas.

Las precedentes explicaciones por parte de esta ARN, permiten rechazar las afirmaciones infundadas del perito tendientes a demostrar que el personal de la ARN ha falseado deliberadamente los resultados obtenidos al realizar las mediciones de las citadas muestras, reiterando que disponen de los medios para realizar las tareas regulatorias, que disponen de la capacidad necesaria para hacerlo y que han demostrado en numerosas oportunidades tanto en el país como en el exterior su idoneidad e integridad.

5. EVALUACION HIDROGEOLÓGICA, AMBIENTAL Y SANITARIA

5.1 Consideraciones Previas

5.2 Emisores Alfa

A partir de las determinaciones de alfa total no se puede asegurar que se evidencia la existencia de contaminación, en contraposición a lo expresado por el perito en el párrafo 293 a fs. 1977.

5.2.2.1 Radio-226

Con respecto al **párrafo 309** a fs. 1981 donde el perito afirma que la detección de niveles de trazas de Ra-226 resulta coherente con la detección de concentraciones elevadas de U-238, esto es incorrecto ya que la determinación de baja concentración de un radionucleido no justifica aseverar que la concentración de otro es elevada.

5.3 Uranio

Es de hacer notar que solamente para el uranio, la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) establece el valor citado por el Perito de **15 µg/L**, en forma provisional y por razones toxicológicas -no radiológicas- exclusivamente.

Por otra parte la OMS reconoce en el mismo documento en donde fija ese valor (WHO/SDE/WSH/03.04/118 URANIUM IN

DRINKING WATER. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 2004) que no existen datos suficientes respecto a la carcinogenicidad del uranio en el hombre y animales de experimentación. De ahí que el valor guía (provisorio) debido a la toxicidad química del uranio fuera calculado utilizando el denominado método de la incorporación diaria tolerable (TDI approach, en inglés). Dado que no fue posible identificar un estudio crónico adecuado, la TDI fue calculada en base a los resultados del estudio sub-crónico más extenso llevado a cabo hasta la fecha. En tal estudio, se administró uranio en el agua de consumo a las especies más sensibles (ver Gilman et al., 1998 a), y se concluyó que el menor nivel de efecto adverso observado (LÓAEL, en inglés) era de 60 µg/kg de peso corporal y por día. Para tener en cuenta la variabilidad entre e intra especies, se aplicó un factor 100 conservativo a dicho LOAEL, resultando una TDI de 0,6 µg/kg de peso corporal y por día. Esta TDI da como resultado un valor guía de concentración de uranio en agua potable de 15 µg/L (redondeado), asumiendo que un adulto de 60 kg de peso corporal consume 2 litros de agua por día, y atribuyendo a dicha ingesta el 80% de la TDI, asignando el 20% restante a la ingestión de uranio con los alimentos.

El valor guía mencionado para uranio resulta entonces PROVISORIO, dado que puede ser difícil alcanzar dicho valor con las tecnologías de tratamiento de aguas disponibles actualmente y a las limitaciones de los datos existentes sobre los efectos sobre la salud debidos al uranio.

Por otra parte, las incertezas vinculadas al significado clínico de los cambios observados en los estudios epidemiológicos existentes, indican que un valor guía de hasta 30 µg/L también puede proteger al riñón de la toxicidad química del uranio. Este valor es el adoptado por la EPA en los EEUU.

Debe mencionarse que ninguno de los valores presentados en el Informe Pericial N° 6, en lo referente a la medición de Uranio supera los niveles guía de 100 µg/L establecidos por la ley No. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos", decreto reglamentario 831/93, para agua de consumo humano; cuyo valor es coincidente con el valor establecido por la ley 24.585 "Actividad Minera - Impacto Ambiental", en su anexo IV.

Por otra parte, no es cierto lo afirmado en el **párrafo 360** a fs. 1993 del informe pericial en cuanto advierte que existe un proceso de contaminación y que existe una amplia zona que supera los niveles guía. En efecto ya ha quedado demostrado que esos valores son inferiores a los

establecidos por la legislación argentina como niveles guía, y si bien son superiores en algún caso aislado, a los niveles guía internacionales provisorios, no existe razón alguna para asumir la existencia de la zona contaminada, suponiendo que sobrepasar los niveles guía internacionales y provisorios es sinónimo de situaciones catastróficas, contradiciendo completamente el espíritu con el cual han sido escritas esas recomendaciones, lo que se expresa exhaustivamente en las mismas.

Al respecto, se vuelve a mencionar el carácter relativo de los valores hallados por el perito, teniendo en cuenta la falta de un programa de muestreo que posea rigor científico. Por otra parte la afirmación del perito sobre la existencia de un "proceso de contaminación y un elevado riesgo para la salud" se ve ampliamente rebatida por el hecho de que puntos inmediatamente cercanos a los que presentan valores relativamente mayores, tienen valores de concentración de uranio cercanos a los valores mínimos detectados. Esto indica que se trata de valores debidos exclusivamente a la presencia NATURAL del uranio en los suelos de todo el país.

El perito menciona en el #346 que las concentraciones de Uranio que se presentan en agua subterránea son menores a 1 µg/L y que es muy raro encontrar más de 10 µg/L, señalando que además el agua de mar tiene 2 µg/L.

Al respecto esta ARN no concuerda con dichas afirmaciones dado que:

1.- Las mediciones en agua de mar que realiza esta ARN como parte de sus planes de monitoreo ambiental indican que los valores de la concentración de uranio en la localidad de Rawson (Provincia del Chubut), son similares a los valores mencionados por el perito, como se observa en la siguiente tabla:

MUESTRA (Chubut)	FECHA DE MUESTREO	URANIO (µg/litro)	Ra ²²⁶ (mBq/litro)
Bahía Engaño - Playa Unión, agua de mar	1996	2,0 ± 0,2	8,8 ± 2,8
“ “	1998	0,80 ± 0,04	< LD; LD= 2,0
“ “	2000	2,7 ± 0,2	< LD; LD= 2,2
“ “	2001	3,3 ± 0,2	< LD; LD= 2,2
“ “	2002	2,4 ± 0,2	4 ± 1
“ “	2003	2,9 ± 0,5	2,4 ± 0,8
“ “	2004	2,9 ± 0,2	< LD; LD= 2,3

2.- A partir de los valores de concentración de uranio determinados en aguas subterráneas de distintos países, expresados en la publicación de UNSCEAR 2000 (Naciones Unidas), se observa que los valores de la concentración de uranio medidos difieren en muchos casos de los valores mencionados por el perito. Esto puede observarse en la siguiente tabla:

	U-238 (mBq/L)	U-238 (µg/L)
América		
Estados Unidos	0,3 – 77	0,024 – 6,18
Asia		
China	0,1 – 700	0,008 – 56,2
India	0,09 – 1,5	0,007 – 0,12
Europa		
Finlandia	0,5 – 150000	0,04 – 12051
Francia	4,4 – 930	0,35 – 74,7
Alemania	0,4 – 600	0,03 – 48,2
Italia	0,5 – 130	0,04 – 10,4
Polonia	7,3	0,59
Rumania	0,4 – 37	0,03 – 3,0
España	3,7 – 4,4	0,30 – 0,36
Suiza	0 – 1000	0 – 80,3

3.- Por otra parte, la ARN, como parte de sus planes de monitoraje, también ha medido la concentración de uranio en distintas aguas de pozo en diferentes puntos del país. Como se puede observar en la siguiente tabla, los valores de la concentración de uranio presentan gran variabilidad, acordes a la formación hidrogeológica característica de cada lugar. Es de hacer notar que ningún valor supera el nivel guía fijado por las leyes nacionales vigentes.

MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	URANIO (µg/litro)
Agua potable de Nueva Galia, San Luis (pozo)	1998	25 ± 3
Agua potable de Río Hondo, Sgo. Estero (pozo)	1998	48 ± 2
Agua potable de Bajo Grande (Córdoba) (pozo)	2004	92 ± 9
Villa de Soto (Córdoba)	1998	20 ± 2
Río Cuarto (Córdoba):	1998	29 ± 6
Villa Cura Brochero (Córdoba)	1998	19 ± 2

Paraná (Entre Ríos)	1998	24 ± 3
Rafaela (Santa Fe)	1998	14 ± 3
Agua potable de Chumbicha, Catamarca (pozo)	1998	20 ± 2
Agua potable Gral. Acha, La Pampa (pozo)	1998	23 ± 2
Agua potable Trenel, La Pampa (pozo)	1998	17 ± 2
Agua potable Parera, La Pampa (pozo)	1998	42 ± 4
Agua potable Quetruquén, La Pampa (pozo)	1998	20 ± 2
Agua potable de Médanos, Pcia. Bs. As (pozo)	1998	50 ± 7
“ “ “ (pozo)	2004	91 ± 7
Agua potable de Lincoln, Pcia. Bs. As. (pozo)	1998	16 ± 1

4.- Por otra parte, las mediciones de la concentración de uranio provenientes de agua potable de red domiciliaria, se muestran en la siguiente tabla, donde en los valores determinados se observa como influiría la eficiencia de los sistemas de filtración del sistema de distribución de la red.

MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	URANIO (µg/litro)
Agua potable ciudad de Salta (red)	1998	0,7 ± 0,1
“ “	2004	1,5 ± 0,1
Agua potable ciudad de Cafayate, Salta (red)	1998	1,0 ± 0,2
Agua potable de Juan B. Alberdi, Tucumán (red)	1998	24 ± 3
Agua Potable de Merlo, San Luis (red)	1998	1,0 ± 0,1
“ “	1999	1,4 ± 0,2
“ “	2000	0,8 ± 0,1
“ “	2001	0,8 ± 0,1
“ “	2002	0,7 ± 0,1
“ “	2003	0,7 ± 0,1
“ “	2004	1,3 ± 0,2
Agua potable de Trelew, Chubut (red)	1998	1,1 ± 0,3
“ “	2000	2,7 ± 0,2

“	“	2001	0,7 ± 0,1
“	“	2002	0,9 ± 0,1
“	“	2003	1,2 ± 0,2
“	“	2004	1,1 ± 0,1
Agua potable ciudad de La Rioja (red)		1998	11 ± 1
“	“	2002	22
Agua potable de Villa Carlos Paz Córdoba (red)		1998	0,6 ± 0,1
“	“	1999	1,7 ± 0,1
“	“	2000	0,6 ± 0,1
“	“	2001	1,0 ± 0,1
“	“	2002	0,8 ± 0,1
“	“	2003	0,7 ± 0,1
“	“	2004	0,5 ± 0,1
Agua potable ciudad de Córdoba (red)		1998	0,3 ± 0,1
“	“	2004	0,8 ± 0,1
Agua potable ciudad de Malargüe Mendoza (red)		1998	0,6 ± 0,1
“	“	1999	0,8 ± 0,1
“	“	2000	0,9 ± 0,1
“	“	2001	0,9 ± 0,1
“	“	2002	1,3 ± 0,3
“	“	2003	3,9 ± 0,3
“	“	2004	1,6 ± 0,3
Agua potable ciudad de San Rafael (red)		1998	2,1 ± 0,3
“	“	1999	0,7 ± 0,1
“	“	2000	2,2 ± 0,4
“	“	2001	1,5 ± 0,2
“	“	2002	0,9 ± 0,1
“	“	2003	1,1 ± 0,2
“	“	2004	1,8 ± 0,2
Agua potable de Médanos, Pcia. Bs. As (red)		1998	3,6 ± 0,3
(red)	“	2004	8,0 ± 0,6

A partir de todos los datos y referencias bibliográficas presentadas, se concluye que lo afirmado por el perito en el # 346, no tiene fundamento. El perito, además, debería haberse instruido adecuadamente sobre la situación hidrogeológica del uranio en Argentina. Queda totalmente evidenciado que en distintos países del mundo se encuentran valores muy por encima de 15 µg/L. Además, hay

que resaltar, que en ningún caso analizado en nuestro país, ya sea aguas potables provenientes de pozo o de red, los valores de la concentración de uranio superan lo establecido como valor guía en la normativa vigente para nuestro país. Por lo tanto, queda totalmente desacreditada la afirmación del perito en el #235 donde hace referencias al hallazgo de "picos de contaminación muy elevados".

5.3.2 Presencia de Uranio en el Area Investigada

A partir del estudio del cálculo de errores asociados a la relación isotópica U^{234}/U^{238} determinada en cada pozo muestreado, se puede concluir que, como se observa en la tabla adjunta, no existen diferencias significativas entre los distintos valores de la relación calculada para cada pozo.

Muestra Nº	A^{U-234} / A^{U-238}	Error
541062	1,3	0,1
541209	1,2	0,1
541605	1,4	0,1
541399	1,2	0,1
541505	1,3	0,1
541015	1,2	0,1
541087	1,3	0,1
541095	1,4	0,1
541190	1,4	0,1
541435	1,3	0,1
541212	1,3	0,1
541559	1,1	0,2
541620	1,2	0,1
541647	1,3	0,1
541140	1,4	0,1
541267	1,3	0,1
541408	1,2	0,1
541443	1,3	0,1
541606	1,2	0,1
541370	1,2	0,1

Por lo tanto, la afirmación realizada en el párrafo 365, donde el perito presenta el plano 4 en el cual se han trazado las isolinneas que surgen a partir de los valores calculados para cada pozo de la relación isotópica U^{234}/U^{238} y a partir de la cual considera que existen dos grandes zonas anómalas, con valores de relación isotópica bien diferenciadas entre sí resulta total y completamente infundada.

Al resultar todos los valores de la relación isotópica U234/U238 similares, queda descalificada la afirmación del perito donde concluye que se evidencia una notoria anomalía, con un brusco descenso de la relación isotópica U234/U238 en relación con el CAE debida a la variación en los datos.

Por otra parte, en el párrafo 371 se afirma que "La inexistencia en el área de una fuente de uranio de carácter local, conduce a la conclusión de que **la anomalía se debe a un aporte antrópico local, ...**". Al respecto, debe tenerse en cuenta que el uranio resulta ubicuo en la naturaleza, hallándose tanto en suelos como en aguas, con diferentes niveles de concentración y distribuciones variables. La inexistencia de una fuente de uranio de carácter local y origen no antrópico no ha sido demostrada en el informe analizado ni por otras mediciones por la ARN o por otros estudios de los que tengamos conocimiento. Por lo antes expresado, la conclusión del párrafo 371 carece de fundamentos técnicos.

Como ya se presentó previamente, el cálculo del Factor de Enriquecimiento tiene asociado un error importante, originado en el error asociado a cada una de las mediciones empleadas. En tal sentido el Plano N° 5, donde se presentan los Factores de Enriquecimiento no puede ser empleado para inferir ninguna conclusión. Por otra parte resultaría incomprensible la presencia de pozos con uranio empobrecido muy cercanos a otros con uranio enriquecido, tales como los pozos 80 (FE=0,0052 en el Plano 4) y 81 (FE=0,0099 en el Plano 4). También resulta muy llamativo que en pozos ubicados fuera de las supuestas anomalías enunciadas en el párrafo 358, en particular el punto de muestreo situado en el extremo Noroeste del Plano 4, con FE=0,0063, el uranio encontrado fuese empobrecido y no natural.

En el **párrafo 377** se afirma que "Un aspecto notable acerca del Factor de Enriquecimiento del uranio de las muestras analizadas es que **ninguna de las muestras proporcionó un valor correspondiente a uranio natural**, evidenciando que **en toda la región investigada existe algún nivel de alteración antrópica en el uranio disuelto.**"

Como ya se aclaró previamente, los valores del Factor de Enriquecimiento (FE) presentados en el informe en cuestión no son los que surgen de las mediciones realizadas, los valores correctos han sido presentados precedentemente, junto con un simple análisis de los errores (e) asociados a dicha magnitud (M). Tomando en cuenta en conjunto el valor de la magnitud junto con su error asociado en una forma simple y conservativa, por medio de la banda de error, (M-e

-M+e), resulta que la gran mayoría de los FE son compatibles con la presencia de uranio natural. Un análisis más sofisticado seguramente demostraría que todos son compatibles con uranio natural. Por lo expuesto previamente, la conclusión del **párrafo 377** carece de fundamento.

5.4 Emisores Beta

Con respecto a lo expresado por el perito en el párrafo 397 a fs. 2001 donde afirma que los radionucleidos emisores beta están relacionados con fuentes artificiales y cita como ejemplo entre otros al Pb-210 y Po-210, el perito no advirtió que ambos radionucleidos son de origen natural, como se puede ver en la siguiente tabla:

TIPO DE RADIACIÓN	NUCLEIDO	PERIODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN
	○	
α	Uranio-238	4,47 miles de millones de años
	↓	
	○	
β	torio-234	24,1 días
	↓	
	○	
β	protactinio-234	1,17 minutos
	↓	
	○	
α	uranio-234	245.000 años
	↓	
	○	
α	torio-230	8.000 años
	↓	
	○	
α	radio-226	1.600 años
	↓	
	○	
α	radón-222	3,823 días
	↓	
	○	
α	polonio-218	3,05 minutos
	↓	
	○	
β	plomo-214	26,8 minutos
	↓	
	○	
β	bismuto-214	19,7 minutos
	↓	
	○	
α	polonio-214	0,000164 segundos
	↓	
	○	
β	plomo-210	22,3 años
	↓	
	○	
β	bismuto-210	5,01 días
	↓	
	○	
α	polonio-210	138,4 días
	↓	
	○	
	plomo-206	

Es incorrecta la afirmación expresada en el párrafo 403 del informe pericial N° 6 en el que se indica que el 52% de los pozos del subacuífero Puelche, presentaron valores iguales o superiores al nivel guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Analizando los resultados y olvidando por un momento que los mismos están afectados de errores y de los mismos vicios que se han señalado sistemáticamente en cuanto a errores del programa de muestreo, se observan que hay sólo 11 valores superiores a 1 Bq/l, valor a partir del cual la OMS recomienda realizar un análisis de los nucleídos presentes. Lo que en realidad resultaría en un porcentaje del 22% en lugar del 52% informado incorrectamente por el perito.

Con relación al **párrafo 414** a fs. 2004 donde el perito concluye que los límites de detección de las mediciones de Cs-137 y Co-60 son elevados, cabe aclarar que: en primer lugar **el perito debería conocer que la determinación de beta total en aguas es una técnica que se utiliza como screening a partir de la cual solo si se supera el valor de referencia se deben realizar determinaciones específicas de los radionucleidos individuales. Es decir, que a partir de las determinaciones específicas de esos radionucleidos es inadecuado comparar los límites de detección de las técnicas empleadas en las evaluaciones individuales con el valor mencionado de beta total como screening.**

Es decir que en lugar de realizar esa incorrecta evaluación, el perito debería haber centrado su atención en cada técnica individual y su Límite de detección en comparación con los niveles guía establecidos internacionalmente.

Efectivamente, en el caso de la evaluación de Cs-137, si tomamos el mayor valor de límite de detección de las muestras analizadas en los laboratorios de la Autoridad Regulatoria Nuclear de 0,4 Bq/L y lo comparamos con el valor establecido en las guías de la OMS de 10 Bq/L, se deduce obviamente que el límite de detección de la técnica empleada es completamente adecuado para realizar la determinación que se desea realizar en este estudio. Analizado desde el punto de vista de las dosis, queda claro que la dosis calculada tomando como dato una concentración en aguas coincidente con el valor del límite de detección de 0,4 Bq/L produciría una dosis anual resultante de 3,8 E-3 mSv, lo suficientemente alejada del criterio de dosis establecido por la OMS para establecer los valores guía de 0,1 mSv/año.

En el caso del Co-60 y con idéntico razonamiento resulta que: el valor del límite de detección en la técnica utilizada por nuestros laboratorios es de 0,4 Bq/L, siendo el valor establecido en las guías de la OMS de 100 Bq/L, lo que permite nuevamente deducir en forma simple que el Límite de detección de la técnica empleada es completamente

adecuado para realizar las determinaciones que propuso este estudio. Por otro lado y desde el punto de vista de las dosis resultantes, si la concentración fuera igual al Límite de detección, esto es 0,4 Bq/L la dosis resultante resultaría ser de $9,9 \text{ E-4 mSv/año}$, el que debe compararse con el criterio de dosis de la OMS de 0,1 mSv/año.

De lo expuesto en los dos párrafos precedentes, se puede concluir nuevamente que el límite de detección de la técnica empleada es totalmente apto para la determinación de Cs-137 y de Co-60 en este tipo de muestras pensado desde el punto de vista de las concentraciones o de las dosis que las mismas podrían producir.

Por lo ya expuesto **no corresponde la afirmación del perito en el párrafo 423** a fs. 2006, en el sentido de que resulta indudable la presencia de otros radionucleidos beta distintos a los analizados. Como ya se ha manifestado, no corresponde volver a comparar los límites de detección individuales con el valor guía establecido para la determinación beta total. Más aún, cuando el perito sugiere la determinación de ciertos radionucleidos beta como es el caso del I-131, un perito que cuenta con los espectros gamma de las mediciones de las aguas tal como es el caso que nos ocupa, debería haber interpretado en forma correcta dichos espectros y por ende debería haber concluido que no se encuentra ningún fotopico correspondiente al I-131 en esos espectros (364 keV). Con lo cual es totalmente infundada, desacertada y errónea la sugerencia del perito de realizar el análisis de I-131.

Por otra parte el perito tampoco ha tomado en cuenta en su análisis la existencia de radionucleidos naturales beta emisores, propios de todo lugar los que se encuentran en el sitio en forma totalmente independientemente de la acción del hombre.

Punto 5.4.3.2 Estroncio-90
Párrafo 418 a fs. 2005

Con respecto a la determinación de la concentración de Estroncio-90 en aguas, llama poderosamente la atención que el perito a partir de 48 datos por debajo del límite de detección, y sólo un valor cercano al límite de detección, y sin tener en cuenta la dispersión inherente al medio ambiente, pueda concluir que "La presencia del Estroncio-90 evidencia una pluma contaminante..."

Con respecto a lo referido y a las determinaciones de estroncio-90 en aguas, se puede concluir que, la presencia de un valor aislado de 0,010 Bq/L y perfectamente

compatible con niveles ambientales, según consta en publicaciones internacionales [Nuclear Science and Technology - Environmental Radioactivity in the European Community. Radiation Protection No. 126 Joint Research Centre - European Commission (1995)], bajo ningún punto de vista implica la existencia de una pluma de contaminación. Más aún, si comparamos este valor con los niveles guía de la OMS (2004) de 10 Bq/L y el nivel recomendado por la USEPA (2002) de 0,30 Bq/L, este valor resulta tres órdenes de magnitud por debajo de la OMS y treinta veces por debajo del valor de la USEPA.

Es significativo **que el perito desconozca esta realidad** y a partir de ello concluya que la presencia de Sr-90 en las aguas del Puelche indica la presencia de *"una pluma contaminante cuya envergadura real deba ser específicamente investigada.* Más aún, al realizar el cálculo de dosis correspondiente a 0,010 Bq/l, considerando una ingesta diaria de 2 litros y un factor dosimétrico de 2,8 E-8 Sv/Bq, la dosis anual resultante es de 2,0 E-04 mSv, valor muy alejado del criterio de dosis adoptado por la OMS para la estimación de los niveles guía (0,1 mSv/año).

En el párrafo 421, pàg. 126 a fs. 2006, se menciona que la cercanía del pozo (67 - BPLC-4) a instalaciones del CAE, que abarca el Barrio La Celia, lleva a considerar que el episodio se debe a contaminación localizada vinculada a las actividades del CAE y en especial al avance de una contaminación generada por disposición de residuos sólidos y líquidos en el suelo y agua. Además en el párrafo 422 se afirma que la anomalía detectada debe ser confirmada mediante un nuevo monitoreo de evaluación.

Todas estas afirmaciones se basan en una **incorrecta interpretación de los resultados obtenidos en el monitoreo planificado por el perito.** Según se puede observar en los mapas que se muestran a continuación (cuadro 1 y cuadro 2), los pozos identificados como 74, S6, 67 (solapado a S6), 65 y 62 se encuentran alineados y a 1,38; 1,3; 1,3; 1,0; y 1,1 km respectivamente del Area de Gestión Ezeiza (AGE) del CAE, distancias estas tomadas de manera lineal con equipo GPS (Global Position System). Todos los valores reportados en estos pozos, excepto el "67 - BPLC-4" dieron resultados menores al límite de detección, inclusive el duplicado del pozo mencionado. Además el único pozo utilizado para toma de muestra (dentro del predio del CAE) en esa misma dirección, el "68 -CAE-G", que se encuentra a una distancia lineal de 0,8 km del AGE, arrojó también un resultado "menor al límite de detección".

De lo expuesto no es sustentable afirmar la existencia de una "pluma contaminante" cuando todos los valores obtenidos en los pozos circundantes al mencionado por el perito, incluido el duplicado del mismo, son menores al límite de detección. Asimismo, el diseño del monitoraje utilizado no es el adecuado, ya que no se planificaron otros puntos en la misma dirección que confirmaran la existencia de la citada "pluma", lo cual se observa en los mapas adjuntos. Mas aún, el diseño del plan de muestreo debió haber contemplado la toma de muestras repetitivas y secuenciales en el tiempo, ya que una muestra única cuantificable no es indicativa, como ejemplo, su propio duplicado resultó ser "menor al límite de detección".

Punto 6 Párrafo 462

Con relación a la recomendación emitida por el perito, efectuada en el punto 462 d), sobre la conveniencia de encarar un estudio epidemiológico que permita evaluar los efectos en la salud por el consumo de agua con la concentración de radionucleidos medida, no resulta razonable.

Lo expuesto precedentemente se basa en que tomando como referencia los resultados de la evaluación del contenido de radionucleidos en aguas a partir del muestreo efectuado, pueden hacerse ciertas consideraciones respecto del posible impacto **sobre la salud de la población.**

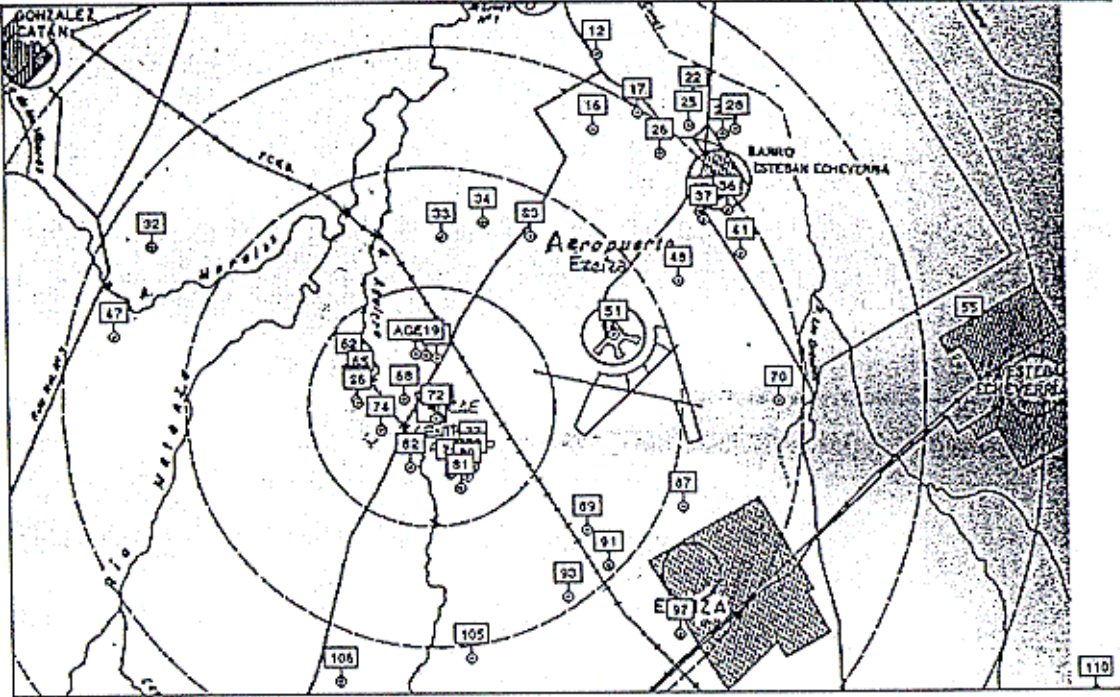
Como resultado de las mediciones efectuadas se estima que la dosis efectiva comprometida debida a la ingestión de los radioisótopos evaluados no supera 0,06 mSv por año.

A partir de los valores expresados resulta evidente que no puede esperarse ningún efecto de tipo determinístico sobre la salud de la población, dado que los umbrales de dosis se encuentran muy por debajo de los niveles citados. En efecto, el umbral para la inducción de depresión del sistema hematopoyético como consecuencia de una exposición crónica es del orden de 400 mSv por año¹, más de tres órdenes de magnitud por encima de los valores de dosis estimados en este caso (ICRP 60).

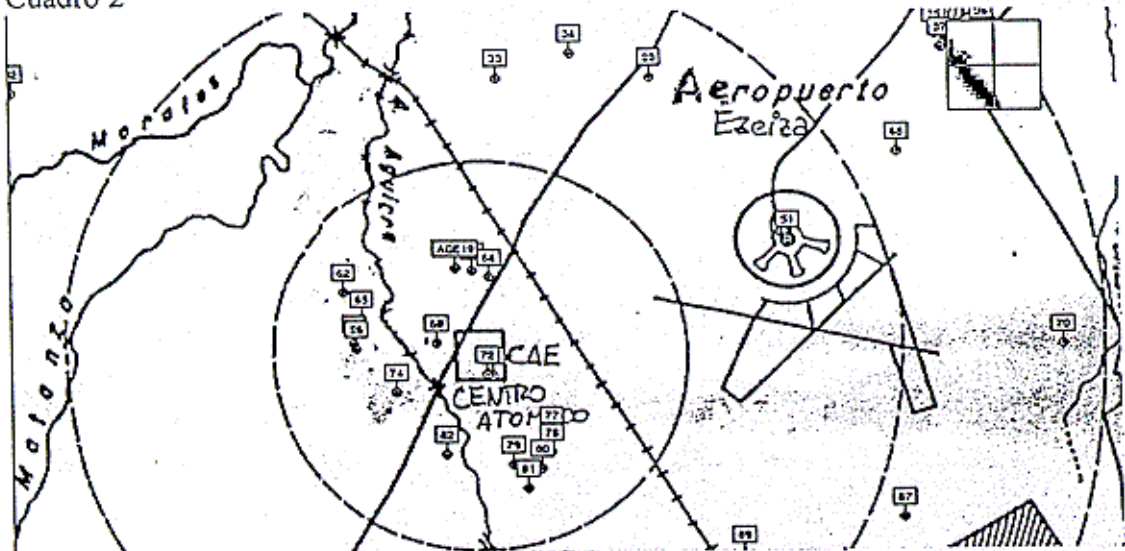
Con respecto al riesgo de efectos estocásticos, en particular el riesgo de cáncer al que se hace referencia

¹ Comisión Internacional de Protección Radiológica . Recomendaciones 1990 (ICRP-60) SEPR(1995)

Cuadro 1



Cuadro 2



cabe hacer algunas consideraciones particulares. Alrededor del 20 % de los cánceres pueden atribuirse a razones de predisposición genética. Se estima que el hábito de fumar podría ser causante de más del 30 % de los cánceres en la población (pulmón, orofaringe, faringe, laringe, vejiga y otros). Del orden del 2,5% podría ser atribuible a la radiación ambiental. El 46,5% restante incluye los tumores debidos a mutaciones espontáneas, daño genotóxico de naturaleza endógena (generación de especies activas del oxígeno como parte del metabolismo normal) y fundamentalmente exposición a otros carcinógenos ambientales, particularmente de naturaleza química.

Que las radiaciones constituyen un agente potencialmente carcinógeno es un hecho conocido desde hace varias décadas. No obstante, puede ser considerada un carcinógeno débil con relación a otros de naturaleza química, tal como lo evidencia la tabla siguiente

AGENTE	TIPO DE LESION	N° de lesiones por célula
exposición al sol (UV)	dimeros de timina	60 000 a 80 000 por hora
cigarrillo (20/día)	aductos sobre el ADN	1000 a 2000 por día
trabajo en hornos de carbón	aductos sobre el ADN	400 a 70 000 por día
radiación natural (2mSv/año)	rupturas simples	2 por año

Si bien el parámetro más útil para la evaluación de la ocurrencia del cáncer son las tasas de incidencia, la información disponible al respecto es muy escasa. Esto se refleja en el hecho de que existan sólo 150 registros poblacionales de tumores reconocidos a nivel mundial por la Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer² (IARC/WHO), dos de los cuales pertenecen a nuestro país (Concordia y Sur de la Provincia de Buenos Aires).

Por tal razón se recurre con más frecuencia a las tasas de mortalidad, las que exhiben poca variabilidad entre los distintos países si se toman en consideración todos los tumores en su conjunto. En efecto, si se analizan las tasas de mortalidad a nivel mundial puede observarse que entre el 20 y el 25 % de las muertes se debe al cáncer (1 de cada 4 a 5 personas), En el caso particular de la Argentina los valores se encuentran dentro de este rango: el 18,8 % de las defunciones en nuestro país son atribuibles al cáncer³.

² Parkin et al. Ed Cancer incidence in five continents IARC Publication 120, Lyon (1992).

³ Matos E.L. y Loria D.I. Atlas de mortalidad por cancer en Argentina 1997-2001 (2003)

El informe pericial cita a fs. 1985 coeficientes de riesgo de muerte por cáncer de estómago y pulmón en función de la concentración de radón en el agua de bebida, publicados por el NRC⁴ en 1999. Para percibir más claramente la magnitud del riesgo estimado a partir de la aplicación de estos coeficientes a los valores de concentración de radón en agua resultante del muestreo, tal como se expresan a fs. 1988 del citado informe, se planteará un ejemplo hipotético.

Suponiendo que el tamaño de la muestra poblacional de nuestro ejemplo fuera de 50 mil personas, cabría esperar 9400 muertes por cáncer espontáneo en esta población (independientemente de cualquier exposición a agentes externos). Teniendo en cuenta el peso relativo del cáncer de estómago (6,7 %)*⁵ de pulmón (23 %) *⁶ respecto del total de muertes por cáncer en nuestro país, se podrían esperar en esta población del orden de 630 casos de muerte por cáncer espontáneo de estómago y 2162 casos de muerte por cáncer de pulmón espontáneo.

Aplicando los riesgos utilizados por el perito considerando las concentraciones mínimas y máximas medidas en las muestras resultó:

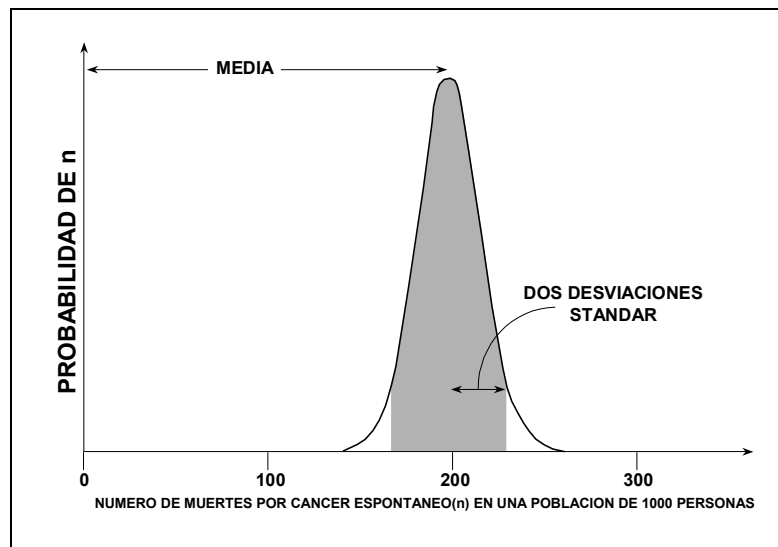
- entre $2,6 \times 10^{-6}$ y $3,6 \times 10^{-5}$ para muerte por cáncer de estómago
- entre $2,1 \times 10^{-5}$ y $2,9 \times 10^{-4}$ para muerte por cáncer de pulmón

El incremento atribuible a la presencia de radón en el agua de bebida en esa población en las concentraciones mínimas y máximas medidas sería absolutamente indetectable desde el punto de vista radioepidemiológico dado que estaría comprendido dentro de la desviación estadística respecto del valor medio esperado.

Se debe tener en cuenta que el valor esperado es en realidad el valor medio de un conjunto de valores probables, con una determinada dispersión. La desviación standard da una idea de la dispersión de los valores máximo y mínimo en torno a ese valor medio (más probable). Si se consideran 2 desviaciones standard por encima y por debajo del valor medio se puede saber con una alta confiabilidad que el valor real estará incluido dentro de ese intervalo. La figura siguiente presenta en forma simplificada lo que se acaba de describir.

⁵ Sexo masculino. Matos E.L. y Loria D.I. Atlas de mortalidad por cáncer en Argentina 1997-2001 (2003)

⁴ U.S. NAS/NRC, Risk Assessment of Radon in Drinking Water (1999)



Desde el punto de vista biológico, el cáncer radioinducido no presenta diferencias respecto del cáncer que aparece espontáneamente en una población. Es por eso que la cuantificación del riesgo de cáncer radioinducido en humanos se basa fundamentalmente en los denominados estudios epidemiológicos de tipo analítico que comparan riesgos entre poblaciones expuestas y no expuestas.

Los estudios radioepidemiológicos que pueden dar sustento a la cuantificación del riesgo de cáncer radioinducido son aquellos que cumplen con criterios básicos de causalidad: secuencia temporal, reproductibilidad, fuerza de la asociación estadística, relación dosis-respuesta, coherencia con los conocimientos biológicos, ausencia de sesgos y factores contundentes.

La potencia estadística de un estudio radioepidemiológico está estrechamente relacionada con el número de individuos expuestos y la distribución de dosis en el grupo estudiado. Si se diseña un estudio epidemiológico con una cohorte de varios miles de personas y con dosis cercanas a 1 Sv pueden esperarse resultados estadísticamente significativos. Con dosis un orden de magnitud por debajo (0,1 Sv) haría falta una población 100 veces más numerosa (cientos de miles de personas irradiadas). Nuevamente, si la dosis bajara otro orden de magnitud (0,01 Sv), se requeriría un número de individuos 10^4 veces mayor, del orden de 10 millones de personas irradiadas. Es prácticamente imposible diseñar estudios epidemiológicos de la magnitud requerida para estimar riesgos en relación con niveles de dosis ambiental con un error estadístico aceptable.

CONCLUSIONES DE LA ARN

De todo lo expuesto a lo largo de esta presentación surgen las siguientes conclusiones;

- Esta ARN ha evaluado el Informe Pericial N° 6 en el marco de sus competencias que se restringen al análisis de las evaluaciones periciales en los aspectos de la seguridad radiológica y nuclear.

-Dentro de éste ámbito todos los resultados de las mediciones de radionucleidos relevantes en las matrices ambientales cumplen con la normativa regulatoria vigente y con las condiciones de seguridad radiológica establecidas; por lo tanto, las muestras de agua analizadas y referidas en el informe de esta ARN, adjunto como Anexo I, indican que no se ha detectado contaminación radiactiva del agua potable, contrariamente a lo afirmado por el perito de la causa.

-La aseveración antedicha es compatible con los resultados que la ARN ha obtenido en los muestreos ambientales que realiza rutinariamente en la zona como parte de su función Regulatoria, lo cual se refleja en el Anexo II. Cabe destacar que los resultados de dichos muestreos han sido remitidos oportunamente a ese Tribunal, publicándose anualmente en el Informe Anual de la ARN que se remite al Congreso Nacional de acuerdo a lo que establece la Ley 24.804.

Tal como se detalla en el Anexo I adjunto a esta presentación, esta ARN concluye que los resultados de las mediciones de las concentraciones de radioisótopos en las referidas muestras, se corresponden sin duda alguna con la presencia de radioisótopos en niveles compatibles con los encontrados en muestras ambientales tomadas en distintos puntos del país. **En consecuencia esta ARN puede afirmar que las muestras de aguas analizadas son potables desde el punto de vista radiológico.**

En particular, la ARN ha verificado que dichos resultados cumplen los límites y restricciones de dosis para las personas del público establecidos en la normativa de este organismo, "Norma Básica de la Seguridad Radiológica y Nuclear" Norma AR 10.1.1., las que son coincidentes con las recomendaciones efectuadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP sus siglas en inglés) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Además de cumplirse con la normativa nacional, las dosis evaluadas por la ARN a partir de los resultados de las mediciones, permiten afirmar que no se supera el nivel de dosis de

referencia para las personas, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la ingesta de agua potable

- En particular del análisis del Informe Pericial N° 6 está ARN concluye que el mismo adolece de las siguientes irregularidades (ampliadas a lo largo de toda esta presentación) que vician las conclusiones a las que arriba el citado profesional.

-El diseño del programa de toma de muestras de agua no incorporó ninguna muestra de agua tomada de zonas alejadas de toda influencia del área bajo estudio, lo que impidió al perito comparar los resultados de las mediciones en la zona, con los que se hubieran obtenido al analizar muestras de referencia. Es de destacar que las muestras de referencia forman parte necesariamente de todo muestreo adecuadamente diseñado de acuerdo a los estándares internacionales.

-El diseño del programa de toma de muestras de agua no incluyó la toma de muestras repetitivas de un mismo sitio, para un mismo tipo de medición, lo que impidió al perito comparar las mediciones con las fluctuaciones que naturalmente se encuentran en las concentraciones de materiales radiactivos en las muestras ambientales.

-La inferencia que realiza el perito sobre una supuesta contaminación en la zona del CAE, no posee ninguna rigurosidad científica ya que no tiene en cuenta ninguno de los efectos observados por los especialistas internacionales, que dan cuenta de una enorme variabilidad en los resultados de las mediciones de muestras ambientales.

-Las deducciones del perito no toman en cuenta el incremento de los errores relativos que existe naturalmente en las mediciones de muestras con muy bajas concentraciones de elementos radiactivos, tal como es el caso de todas las muestras de agua incluidas en el programa que diseñó el perito.

-El perito no utiliza un análisis estadístico sino que delinea sin sustento científico curvas de supuestas plumas de contaminación trazadas sobre la base de muy escasos datos, que por otra parte no han sido apropiadamente evaluados, tal como lo muestra el informe adjuntado como Anexo I.

-El perito aplica una metodología no aceptada internacionalmente, que además es incorrecta para inferir la supuesta existencia de uranio enriquecido y de uranio

empobrecido en alguna de las muestras de agua medidas. Efectivamente, de las mediciones correctas efectuadas por la ARN el perito realizó cálculos equivocados y forzó las conclusiones para afirmar que los técnicos de la ARN habían manipulado los resultados. Se concluye, tal como se indica en el Anexo I que las muestras analizadas sólo contienen Uranio natural.

- Por otra parte, si bien el análisis del aspecto toxicológico-no radiológico- no es de competencia de esta ARN, cabe aclarar que con relación a la afirmación del perito sobre la no potabilidad de las aguas de la zona debido a la toxicidad química del uranio, esta ARN ha evaluado dichos resultados y se ha determinado que también cumplen con la normativa argentina vigente en dicho aspecto, establecida por la ley No. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos", decreto reglamentario 831/93, para agua de consumo humano; cuyo valor guía es 100 µg/l siendo coincidente con el valor guía establecido por la ley 24.585 "Actividad Minera - Impacto Ambiental", en su anexo IV.

-Con respecto a lo expresado por el perito sobre la no potabilidad del agua basado en los resultados que superan el valor guía para uranio de la OMS (15 µg/l), cabe aclarar que dicho valor es considerado por esa misma Organización como PROVISORIO, dadas las limitaciones de los datos existentes sobre los efectos sobre la salud debidos al uranio, y a que puede ser difícil alcanzar dicho valor con las tecnologías de tratamiento de aguas disponibles actualmente.

-Es relevante destacar que el mencionado valor fue determinado en base a los resultados de un estudio llevado a cabo en animales de laboratorio - en las condiciones experimentales que expresa el documento de la OMS- y a cuyo resultado se aplicó un **factor 100**, para tener en cuenta la incerteza para relacionar lo observado en animales de experimentación con los efectos que eventualmente se observarían en el hombre.

Está claro que es un valor guía provisorio, que las legislaciones de los diferentes países reflejan de distinta manera, dada la incerteza que el mismo presenta. Así, la legislación de los Estados Unidos de América adopta desde el año 2000 un valor de 30 µg/l, el que rige sólo para nuevos suministros de agua, pues los autorizados antes del año 2000 siguen siendo válidos y se le dio un plazo hasta el año 2007 para adecuarse al nuevo valor de 30 µg/l.

-La legislación argentina fija un valor guía de 100 µg/l para el uranio en aguas de consumo humano. Es un valor que, acorde con el grado de conocimiento científico actual, parece razonable en función de las incertezas existentes en el mundo para fijar un valor científicamente sustentable y considerando que numerosas aguas naturales de la Argentina, tal como se muestra en la tabla presentada a fs. 15 de la presente respuesta, presentan valores que sobrepasan los 15 µg/l debido a la presencia natural del uranio en el ambiente. En efecto, en muestras obtenidas por la ARN, en cumplimiento de sus funciones en cuanto a la determinación de la dosis de radiación producida por uranio natural, se han medido concentraciones que están cerca o sobrepasan el valor de 15 µg/l en las provincias de Buenos Aires (excluido Gran Buenos Aires), Córdoba (Bajo Grande, Río Cuarto y Villa Cura Brochero), Entre Ríos, San Luis, Santiago del Estero, Catamarca, La Pampa (General Acha, Trenel, Parera y Quetrequén) entre otros lugares. Es decir que hay zonas de la Argentina, alejadas del Centro Atómico Ezeiza y en donde no existe instalaciones que realicen actividad nuclear, que poseen valores de concentración de uranio en aguas, mayores a las informadas en el informe pericial.

-Asimismo, y sin perjuicio sobre la representatividad del muestreo de las 52 muestras de uranio en agua tomadas por el perito, vale resaltar que sólo dos de ellas superan el valor de 30 µg/l (38µg/l y 56µg/l).

-El estudio realizado por el perito designado en la causa presenta inexactitudes técnicas y conclusiones alarmantes para la población, incluso da afirmaciones sobre contaminación radiactiva de aguas con eventuales severas consecuencias para la salud de la población, en este esta ARN ha hecho un detallado análisis en el cuál ha concluido que la recomendación emitida por el perito en el punto 462 d) sobre la conveniencia de encarar un estudio epidemiológico que permita evaluar los efectos en la salud por el consumo de agua con la concentración de radionucleidos no resulta razonable.

**EVALUACIÓN DE
LOS RESULTADOS DE
LAS MEDICIONES REALIZADAS
QUE CONSTAN EN
EL INFORME PERICIAL N° 6**

ANEXO 1

Anexo I

**EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS QUE
CONSTAN EN EL INFORME PERICIAL N° 6**

**- Ref. Causa 5452 - Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional
Federal N° 1 de Lomas de Zamora**

INTRODUCCION

El presente informe está referido a la causa N° 5452, caratulada “ACTUACIONES INSTRUIDAS POR AVERIGUACIÓN PRESUNTA INFRACCION ARTS. 200 Y 207 DEL C.P.” de trámite ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 de Lomas de Zamora, a cargo del JUEZ FEDERAL, Dr. ALBERTO SANTAMARINA, Secretaría N° 1 a su cargo.

Dentro del marco de esta causa el juez requirió a la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) el análisis de muestras de aguas, en razón de los estudios periciales que llevaría a cabo dicho juzgado. El esquema de monitoreo diseñado por el juzgado consistía en extraer muestras de agua en cada uno de los 47 pozos en explotación, los cuales fueron seleccionados para integrar la red de muestreo, cuya ubicación y datos identificatorios constan en el cuadro nro. 7 del informe pericial nro. 4: censo de pozos – piezometría – diseño de la red de muestreo del agua de consumo. Los puntos de muestreo seleccionados abarcan tres partidos del Gran Buenos Aires: La Matanza, Ezeiza y Esteban Echeverría; según se detalla a fojas 28/32, del informe pericial nro. 4. El programa de muestreo se detalla en el mencionado informe pericial.

Los laboratorios de la ARN especificaron la capacidad máxima de recepción y análisis de muestras por sus laboratorios según el tipo de estudio radioquímico a efectuarse. Dicho esquema de estudios, acordado con el juzgado, figura en el cuadro 3.1.2 de la página 10/13 del programa de muestreo y análisis del agua subterránea empleada para consumo humano.

En el oficio del juzgado de Lomas de Zamora de fecha 20 de febrero de 2004 se especifica el objeto del estudio:

“dispóngase la producción de un estudio pericial en los términos del art. 253 y cctes. del código procesal penal de la nación, tendiente a detectar la presencia de contaminación en las aguas subterráneas empleadas para consumo humano e industrial, que pudiera tener como origen las actividades que se realizaron y/o realizan en el predio del Centro Atómico Ezeiza de la Comisión Nacional de Energía Atómica, de modo tal que se haya generado peligro para la salud.

En su caso, deberá determinarse la entidad del peligro causado, el origen de la contaminación detectada, sus causas y consecuencias.”

Las muestras enviadas por el juzgado estaban bajo el denominado “Programa de Cadena de Custodia de Muestras”, en el cual intervino la Jefatura del Escuadrón Ezeiza de la Policía Aeronáutica Nacional, tal como se definió en fojas 1611 del mencionado expediente.

CONSIDERACIONES GENERALES

La comunidad internacional no promueve la adopción de estándares internacionales de calidad de agua y la principal razón para tal decisión es la ventaja del uso del método riesgo – beneficio (cualitativo o cuantitativo) de permitir establecer regulaciones y estándares nacionales. Esta metodología debería conducir a que las regulaciones y estándares nacionales puedan ser fácilmente implementados y cumplidos. Un claro ejemplo sería que la adopción de estándares para agua potable demasiado rigurosos podrían limitar la disponibilidad del suministro que impondrían estos estándares, en especial en regiones de escasez de agua. Los estándares nacionales que cada país adopte pueden de esta manera ser influenciados por prioridades nacionales y factores económicos. Sin embargo, tales consideraciones políticas y de conveniencia nunca deben permitir que sea puesta en peligro la salud pública, y la

implementación de las regulaciones y estándares requerirán de la adecuada asistencia de expertos y de un apropiado marco legislativo.

El criterio de seguridad, o lo que se considera un nivel de riesgo aceptable en circunstancias particulares, es materia en la cual cada sociedad como tal tiene un rol que jugar. Cada país decide el criterio final que adoptará en sus regulaciones, sabiendo el costo que puede acarrear la adopción de niveles guía internacionalmente recomendados.

El agua es un elemento esencial para la vida, y deber ser suministrada satisfactoriamente para el consumo de la población. Todo los esfuerzos deberían enfocarse en que, en la práctica, el agua potable tenga la mayor calidad posible. El primer paso a seguir sería la prevención de la contaminación de los suministros de agua. La protección de la fuente es invariablemente el mejor método para asegurar la calidad del agua y es preferido a tener que tratar el suministro de agua contaminada para que resulte apta para el consumo.

En la medida de lo posible las fuentes de agua deben ser protegidas de la contaminación con desechos humanos y animales, los cuales pueden contener una variedad de virus, bacterias, protozoos y parásitos. Las consecuencias potenciales de una contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre de gran importancia y nunca debe ser comprometido.

El riesgo a la salud debido a químicos tóxicos en agua potable difiere de aquel causado por contaminantes microbiológicos. Existen pocos constituyentes químicos del agua que pueden llevar a problemas agudos a la salud, excepto a través de una contaminación accidental masiva del suministro. Además la experiencia demuestra que en aquellos incidentes el agua no se puede tomar debido a un inaceptable gusto, olor y apariencia.

El hecho de que los contaminantes químicos no están asociados con efectos agudos, los coloca en una categoría menor de prioridades con respecto a los contaminantes microbianos.

Los problemas asociados con los constituyentes químicos surgen a partir de su capacidad de causar efectos adversos a la salud luego de exposiciones durante periodos prolongados; en particular deben ser tenido en cuenta aquellos contaminantes que tienen propiedades tóxicas acumulativas, como es el caso de los metales pesados y sustancias que son carcinogénicas.

El riesgo radiológico a la salud asociado con la presencia de radionucleidos de ocurrencia natural en el agua potable debería ser tenidos en cuenta, a pesar de que la contribución del agua potable a la exposición total ambiental es muy pequeña bajo circunstancia normales.

Los radionucleidos provenientes del ciclo de combustible nuclear, del uso médico y de otros usos podrían, sin embargo, entrar en el suministro de agua potable. Las contribuciones de estas fuentes están normalmente limitadas por los órganos reguladores de fuentes y prácticas, y es a través de estos mecanismos regulatorios que se deben tomar acciones de remediación en el caso que las evaluaciones así lo justifiquen.

ASPECTOS RADIOLOGICOS

La contaminación radiactiva del agua potable puede provenir de:

- Especies radiactivas naturales (tales como son los radionucleidos de las series de decaimiento radiactivo del Torio (Th) y Uranio (U));

- Procesos tecnológicos que involucran materiales radiactivos de origen natural (por ejemplo, la minería y procesamiento de arenas minerales o producción de fertilizantes de fosfatos);
- Radionucleidos artificiales (producidos y usados en forma no sellada), los cuales podrían ingresar en el suministro de agua potable por manejo médico o uso industrial inapropiado o disposición de materiales radiactivos inadecuada.

La contribución del agua potable a la exposición total del hombre es muy pequeña y se debe principalmente a los radionucleidos naturales provenientes de las series radiactivas del Th y U. Los principales materiales radiactivos presentes en las rocas son el potasio-40, y las dos series de elementos radiactivos procedentes de la desintegración del uranio-238 y del torio-232, dos radionucleidos de período largo que existen en la Tierra desde su origen. El rubidio-87 y el uranio-235 revisten menor importancia. En el siguiente esquema, se puede observar la serie radiactiva del uranio-238.



Naturalmente, los niveles de radiación terrestres alrededor del mundo difieren de un lugar a otro, al variar la concentración de estos materiales en la corteza terrestre. El conocimiento de la composición de las rocas es esencial para conocer la composición química de las aguas naturales.

Es importante remarcar que también, el tritio es un radionucleido de origen natural, que se está produciendo constantemente en las altas capas de la atmósfera por interacción de los rayos cósmicos con nitrógeno y oxígeno. La tasa de producción anual es de 1,48 E17 Bq,

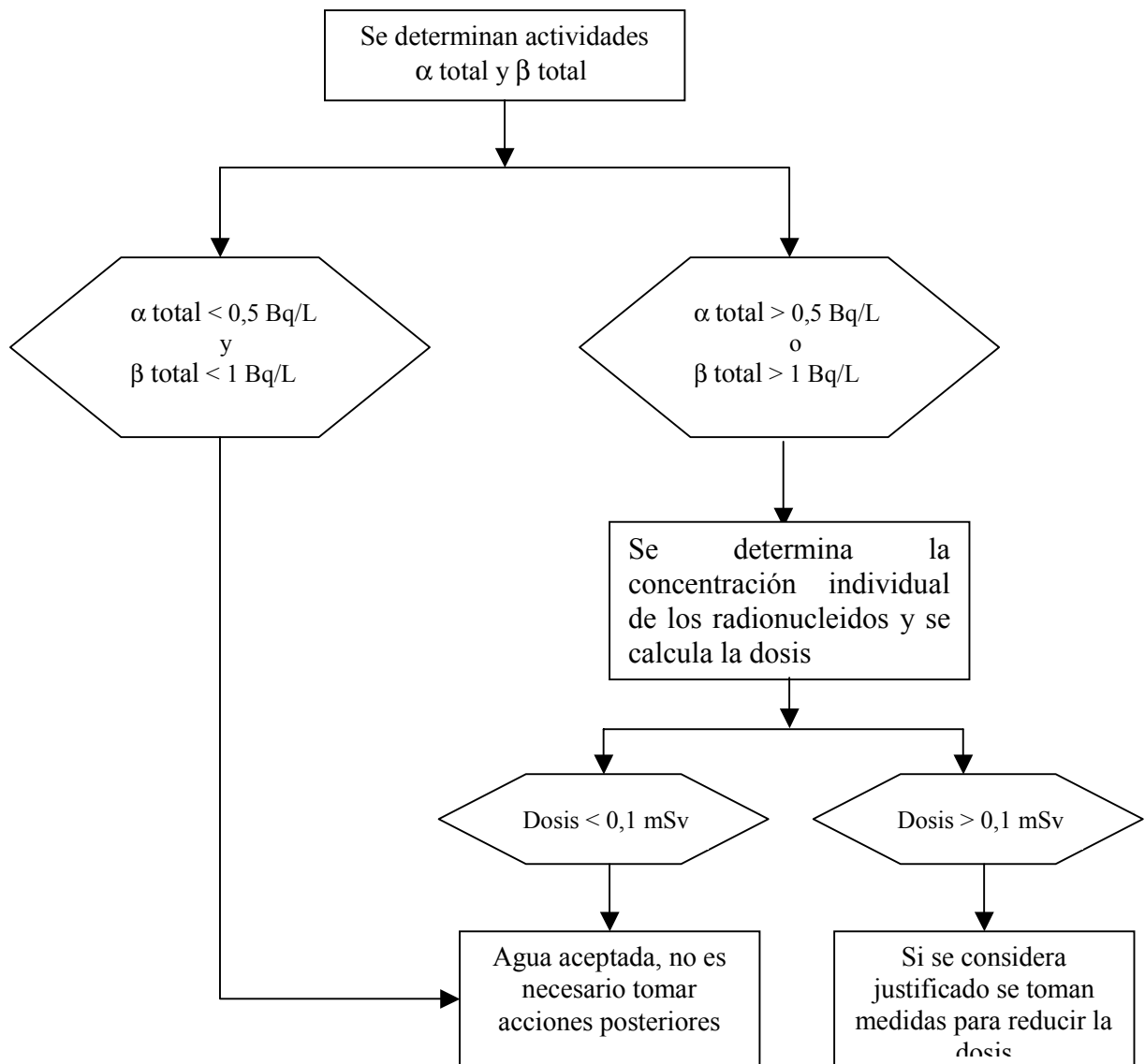
que se suma al producido por la acción antropogénica. El tritio producido es oxidado a agua, entrando en el ciclo hidrogeológico [1].

La dosis de radiación resultante de la ingestión de un radionucleido depende de una cantidad de factores químicos y biológicos. Estos incluyen la fracción de lo incorporado que es absorbida desde los intestinos, los órganos o tejidos a los cuales los radionucleidos pueden ser transportados y depositados, y el tiempo en que el radionucleido puede permanecer en el órgano o tejido antes de ser excretado. Debe ser tomada en cuenta la naturaleza de la radiación emitida y la sensibilidad de los órganos o tejidos irradiados.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en las Recomendaciones para calidad de agua potable, recomienda en su capítulo 9 que los niveles de radionucleidos contenidos en agua potable sean calculados en base a un criterio de referencia de dosis anual de 0,1 mSv para un consumo de 2 litros diarios por año [2]. Esto es válido a partir de las siguientes premisas:

- 1) Para agua potable el nivel de referencia recomendado de dosis efectiva es de 0,1 mSv/año. Este nivel de referencia de dosis representa menos que el 5% de la dosis efectiva anual promedio atribuible al fondo natural de radiación (2,4 mSv/año) y por esto adiciona un insignificante riesgo a la salud humana.
- 2) Por debajo de estos niveles de dosis efectiva el agua potable es aceptable para el consumo humano y no son necesarias tomar acciones para reducir estos niveles de radiactividad.
- 3) Para propósitos de monitoreo los niveles recomendados por esta guía son 0,5 Bq/L para actividad de alfa total y 1 Bq/L para actividad de beta total. Estos valores son solamente utilizados con propósito de screening. Si los niveles hallados en esas mediciones son mayores se debe continuar con un análisis más detallado de los radionucleidos involucrados.

En el siguiente esquema, se visualiza la aplicación de los valores guía para los radionucleidos en agua potable:



Los símbolos "<" y ">" seguidos por un número indica que el valor es menor o mayor que el valor o límite estimado.

En base a las premisas anteriormente mencionadas, se obtienen valores derivados de radionucleidos en agua potable utilizando los factores dosimétricos del ICRP 72 [3]. Para obtener dichos valores para adultos, tanto para radionucleidos naturales como artificiales se aplica la siguiente fórmula:

$$GL = \frac{IDC}{(hing * Q)} \quad (1)$$

donde:

GL (Bq/mL) es el valor guía para el radionucleido en agua de consumo,

IDC (mSv/año) es el criterio de dosis individual = 0,1 mSv/año para este cálculo;

hing (mSv/Bq) es el coeficiente dosimétrico de ingestión para adultos,

Q (L/año) es el volumen anual ingerido de agua de consumo; se asume que es igual a 730 L/año.

Tabla: Niveles guía para radionucleidos en agua de consumo

Radionucleido	Concentración (Bq/mL)	Radionucleido	Concentración (Bq/mL)
H-3	10	Sr-90	0,01
Co-60	0,1	Ra-226	0,001
Cs-137	0,01	U-234	0,001
U-238	0,01	U-235	0,001

Para la evaluación del agua potable se sigue la siguiente estrategia: si se superan los valores de concentración de actividad alfa total de 0,5 Bq/L o de beta total de 1 Bq/L, los radionucleidos específicos deberían ser identificados y cuantificados individualmente. A partir de estos datos se debería realizar una estimación de la dosis efectiva para cada radionucleido y la suma de estas dosis debe ser calculada. Si se cumple la siguiente fórmula no se requieren acciones posteriores.

$$\sum \frac{C_i}{GL_i} \leq 1 \quad (2)$$

donde:

C_i es la concentración de actividad medida del radionucleido i y

GL_i es la concentración de actividad de referencia, es decir es el valor guía (ver tabla), que, con un consumo de 2 L por día durante un año resultará en una dosis efectiva de 0,1 mSv.

La USEPA (Environmental Protection Agency) adoptó para la evaluación de las aguas potables un esquema similar. La determinación de alfa total solo la aplica a radionucleidos naturales (excluyendo uranio y radón) y en el caso de las mediciones de beta total propone un esquema de monitoreo para aguas no contaminadas por efluentes radiactivos provenientes de una instalación nuclear y otro para aquellas aguas que estarían influenciadas por este tipo de instalaciones [4]. Además ha propuesto en el caso del uranio un valor de concentración máximo de concentración de 20 microgramos/L y en el caso del radón propone un valor máximo de concentración de 11,1 Bq/L [7].

España fija como valores de criba 0,1 Bq/L para alfa total y 1 Bq/L para beta total, niveles por debajo de los cuales no se debe tomar ninguna acción correctiva y si estos fueran superados, se deben analizar los radionucleidos presentes de forma individual [5]. También adopta como niveles guía: 0,1 Bq/mL para tritio, y una dosis indicativa total de 0,1 mSv/año [6].

Para el radón en aguas la OMS recomienda como nivel guía 100 Bq/L [2].

La Comunidad Europea recomienda para Radón tomar acciones correctivas por encima de los 1000 Bq/L por razones de protección radiológica, por debajo de 100 Bq/L no debe adoptarse ninguna medida correctiva y por encima de 100 Bq/L cada estado miembro debe establecer un nivel de referencia que utilizarán para determinar si son necesarias medidas correctoras para proteger la salud humana. El National Protection Radiation Board (NRPB), en el caso del radón es consistente con el valor adoptado por la Comunidad Europea de 1.000 Bq/L.

En el caso del uranio, por ejemplo Austria adopta un valor de 7,4 Bq/L, Francia adoptó un valor de 160 µg/L. Los límites de uranio, para los países de la Comunidad Económica Europea, fueron propuestos en el rango entre 20 y 100 µg/L [7]. En el caso del uranio el NRPB adopta el valor conservativo y, a su entender razonable, de 2 µg/L.[7]

Niveles reportados de radionucleidos en el ambiente

Según el reporte de la Comunidad Europea sobre radiactividad ambiental, del año 1995, los niveles medidos de radionucleidos naturales en agua de río varían entre 0,02 y 1 Bq/L para tritio, para radio-226, radón-222 y sus descendientes de periodo corto entre <0,4 y 2 Bq/L. Para agua potable los valores reportados son, en el caso del tritio, de 0,02 a 0,4 Bq/L, y para radio-226 , radón-222 y sus descendientes de periodo corto de 0,4 a 4 Bq/L. Los niveles de estroncio-90 en agua potable son del orden de 10 mBq/L o menores. La concentración reportada, tanto en aguas superficiales como potable, para el caso de Cs-137 es menor que 1 Bq/L. [8]

El UNSCEAR del año 2000 [9] reporta datos para Uranio y radio, dichos valores se pueden observar en la siguiente tabla:

	U-238 (mBq/L)	U-238 (µg/L)	Ra-226 (mBq/L)
América			
Estados Unidos	0,3 – 77	0,024 – 6,18	0,4 – 1,8
Asia			
China	0,1 – 700	0,008 – 56,2	0,2 – 120
India	0,09 – 1,5	0,007 – 0,12	---
Europa			
Finlandia	0,5 – 150000	0,04 – 12051	10 - 49000
Francia	4,4 – 930	0,35 – 74,7	7 - 700
Alemania	0,4 – 600	0,03 – 48,2	1 - 1800
Italia	0,5 – 130	0,04 – 10,4	0,2 - 1200
Polonia	7,3	0,59	1,7 – 4,5
Rumania	0,4 – 37	0,032 – 2,9	0,7 – 21
España	3,7 – 4,4	0,30 – 0,35	< 20 - 4000
Gran Bretaña	---	---	0 - 180
Suiza	0 – 1000	0 – 80,3	0 -1500

Con respecto a nuestro país se reportaron niveles de uranio natural y Ra-226 en aguas potables y minerales embotelladas. Se analizaron 345 muestras de agua potable provenientes de todas las provincias de la República Argentina, recolectadas de las redes de distribución domiciliar y de pozos privados. Además, se analizaron 6 muestras de agua mineral embotellada seleccionadas entre las marcas de mayor consumo. El rango de valores de concentración, en aguas potables, para el uranio natural medido fue de 0,03 a 50 µg/L, y para la concentración de actividad de Ra-226 de hasta 22 mBq/L. En las aguas minerales embotelladas la concentración de uranio natural varió de 0,04 a 3,8 µg/Ly la concentración de actividad de Ra-226 llegó hasta valores de 2,4 mBq/L. [10]

En la siguiente tabla se observan los valores de concentración de Uranio natural determinados en aguas de pozo de distintas ciudades de nuestro país, en la que los valores de concentración resultaron ser superiores a 10 µg/L.[10]

Provincias y Ciudades	Uranio natural (µg/L)
Provincia de Buenos Aires	
Lincoln	16 ± 1
Médanos	50 ± 7
Provincia de Catamarca	
Chumbicha	20 ± 2
Provincia de Córdoba	
Río Cuarto	29 ± 6
Viamonte	13 ± 1
Provincia de Entre Ríos	
Paraná	24 ± 3
Provincia de La Pampa	
Gral. Acha	23 ± 2
Trenel	17 ± 2
Parera	42 ± 4
Provincia de San Luis	
Nueva Galia	25 ± 3
Provincia de Santiago del Estero	
Río Hondo	48 ± 3
Provincia de Santa Fe	
Rafaela	14 ± 3

La ARN ha realizado asimismo, como parte de sus planes rutinarios de monitoreo ambiental, determinaciones de Uranio natural en aguas de pozo profundos pertenecientes a las ciudades de Médanos y Bajo Grande (Córdoba), encontrando valores de alrededor de 90 µg/L.

La ARN también lleva a cabo planes de monitoreo de tritio en aguas ambientales, siendo todos los resultados obtenidos menores al límite de detección, y algunos de ellos son los siguientes:

Fecha	Lugar	Tritio (Bq/L)
03 - 07 - 96	Potable - Morón	< 3.5
23 - 09 - 97	Potable - Bahía Blanca	< 3.4
03 - 09 - 98	Río Santa Rosa - Córdoba	< 3.2
21 - 07 - 99	Río Santa Rosa - Córdoba	< 3.0
20 - 10 - 00	Río Santa Rosa - Córdoba	< 3.1
31 - 07 - 00	Potable - Banfield	< 3.3
31 - 07 - 00	Potable - Parque Centenario	< 3.3
31 - 07 - 00	Potable - Moreno	< 3.3
31 - 07 - 00	Agua mineral - Glacial	< 3.3
23 - 10 - 00	Potable - Nuñez	< 2.0
16 - 04 - 01	Potable - Bariloche	< 3.0
06 - 09 - 01	Río Santa Rosa - Córdoba	< 3.0

18 - 09 - 01	Lago Gutiérrez - Bariloche	< 3.0
18 - 09 - 01	Nahuel Huapí - Bariloche	< 3.0
18 - 09 - 01	Río Limay - Bariloche	< 3.0
06 - 05 - 02	Potable - Bariloche	< 4.2
12 - 06 - 02	Río Santa Rosa - Córdoba	< 3.9
14 - 09 - 02	Pot. - Viamonte - Córdoba	< 3.8
27 - 02 - 03	Potable - Bariloche	< 0.15 (por electrólisis alcalina)
13 - 05 - 03	Potable - Nuñez	< 2.2
22 - 05 - 03	Río Santa Rosa - Córdoba	< 3.8
22 - 05 - 03	Río Grande - Córdoba	< 3.8
18 - 12 - 03	Potable - Bariloche	< 1.7
25 - 03 - 04	Potable - Bariloche	< 1.6
30 - 04 - 04	Agua mineral - Villavicencio	< 3.1

Los niveles de radón en aguas se deben a que las rocas que contienen uranio natural emanan constantemente radón al agua en contacto. El radón emanado se desprende del agua de superficie más rápidamente que del agua subterránea y por lo tanto este agua tiene niveles mucho más altos que lagos y ríos. La concentración promedio de radón en agua de consumo es usualmente menor que 400 Bq/m³ (0,4 Bq/L) cuando proviene de superficie y 20.000 Bq/m³ (20 Bq/L) cuando es subterránea [2].

En un estudio realizado en el año 1989 se determinó la concentración de ²²²Rn en 253 muestras de aguas de pozo de la zona de Arizona (USA) [16]. El método de medición empleado fue el centelleo líquido. La distribución que se observó fue log-normal.

El resumen de los resultados obtenidos se ve a continuación:

Concentración máxima: 1210 Bq/L

Concentración mínima: 1 Bq/L

Media geométrica: 13 Bq/L

Desviación standard geométrica: 4 Bq/L

Los estudios realizados en los estados miembros han demostrado que las concentraciones de radón en las aguas de superficie son bajas, normalmente por debajo de 1 Bq/L. Las concentraciones de las aguas subterráneas varían de 1 a 50 Bq/L en los acuíferos de rocas sedimentarias, de 10 a 300 Bq/L en los pozos excavados en el suelo y de 100 a 50.000 Bq/L en las rocas cristalinas. [14]

Metodología de trabajo aplicada para el análisis de las muestras enviadas por el juzgado

El peritaje solicitado por el juzgado comprendió los análisis de los siguientes radionucleidos: alfa total, beta total, tritio, cesio-137, cobalto-60, estroncio-90, radio-226, uranio natural, radón-222 y espectrometría de uranio.

Las muestras recibidas en los laboratorios llegaban acompañadas por 2 actas: Acta de sitio de Almacenamiento y Acta de Laboratorio Químico, donde se registraban los datos de las muestras. Las muestras una vez ingresadas a los laboratorios fueron acompañadas de sus respectivos formularios "Control del Procedimiento Analítico – Protocolo de Análisis". La apertura de las muestras y la posterior realización de los análisis radioquímicos se realizaron en presencia de un cuerpo de veedores designados por el juzgado y los resultados se

registraron en dicho protocolo. En la tabla 1 se muestran los detalles del ingreso de las muestras a los laboratorios.

Tabla 1: Cronograma de Ingreso de Muestras

Marzo																	
	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31
Alfa-total	4	3	3	3	0	5	5	0	5	4	0	5	5	0	0	5	4
Beta-Total	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4
GAMMA	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rn (Lucas)	3	4	3	3	0	4	4	4	2	4	4	4	3	2	0	0	0
Rn (C.Liq.)	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
H-3 (directo)	0	0	0	10	6	5	5	5	0	4	5	0	5	6	0	0	0
H-3 (electr.)	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
U (fluorim.)	0	5	5	0	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	8	0
U (esp. alfa)	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Ra-226	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	0	0	8	0	8	0	0
Sr-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0

Abril																			
	1	2	6	7	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30
Alfa-total	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beta-Total	4	4	4	4	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMMA	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rn (Lucas)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rn (C.Liq.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H-3 (directo)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H-3 (electr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U (fluorim.)	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
U (esp. alfa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0
Ra-226	8	2	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr-90	5	0	0	0	5	0	0	5	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	0

Mayo			
	3	21	Sub-Total
Alfa-total	0	0	53
Beta-Total	0	0	52
GAMMA	0	0	50
Rn (Lucas)	0	0	42
Rn (C.Líq.)	0	0	8
H-3 (directo)	0	0	53
H-3 (electr.)	0	0	10
U (fluorim.)	0	0	50
U (esp. alfa)	0	1	21
Ra-226	0	0	51
Sr-90	4	0	49
Total			439

A continuación se detallan cada uno de los análisis radioquímicos:

Análisis de los resultados obtenidos:

Medición de Alfa-Total:

Se recibieron un total de cincuenta y tres muestras de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnica AT-03 (Medición de actividad alfa total en aguas) del Manual de Técnicas de Laboratorio [11].

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Concentración de Actividad Alfa-Total en Aguas (Bq/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
1	541-065	09-03-04	17-03-04	0,20 ± 0,09
2	541-181	09-03-04	17-03-04	0,09 ± 0,03
3	541-251	09-03-04	17-03-04	< 0,09
4	541-363	09-03-04	17-03-04	0,21 ± 0,04
16	541-268	10-03-04	19-03-04	0,24 ± 0,03
17	541-308	10-03-04	19-03-04	0,26 ± 0,05
18	541-525	10-03-04	19-03-04	0,54 ± 0,07
31	541-082	11-03-04	19-03-04	0,10 ± 0,03
32	541-173	11-03-04	19-03-04	< 0,09
33	541-179	11-03-04	19-03-04	0,18 ± 0,03
62	541-380	12-03-04	23-03-04	0,39 ± 0,04
63	541-258	12-03-04	23-03-04	0,49 ± 0,08
64	541-163	12-03-04	23-03-04	0,21 ± 0,03
88	541-084	16-03-04	24-03-04	0,23 ± 0,03
89	541-144	16-03-04	24-03-04	0,32 ± 0,05

90	541-472	16-03-04	24-03-04	0,17 ± 0,03
91	541-504	16-03-04	24-03-04	0,32 ± 0,04
92	541-510	16-03-04	24-03-04	0,23 ± 0,04
106	541-133	17-03-04	13-04-04	< 0,06
107	541-367	17-03-04	13-04-04	0,37 ± 0,04
108	541-392	17-03-04	13-04-04	0,08 ± 0,03
109	541-430	17-03-04	13-04-04	0,046 ± 0,022
110	541-438	17-03-04	13-04-04	0,14 ± 0,03
139	541-601	19-03-04	13-04-04	0,26 ± 0,04
140	541-296	19-03-04	13-04-04	0,12 ± 0,04
141	541-063	19-03-04	13-04-04	0,35 ± 0,04
142	541-050	19-03-04	13-04-04	0,22 ± 0,05
143	541-451	19-03-04	13-04-04	0,13 ± 0,05
144	541-033	22-03-04	13-04-04	0,22 ± 0,04
145	541-076	22-03-04	13-04-04	< 0,08
146	541-193	22-03-04	13-04-04	0,30 ± 0,05
147	541-481	22-03-04	13-04-04	0,10 ± 0,03
182	541-531	24-03-04	19-04-04	0,10 ± 0,03
183	541-523	24-03-04	19-04-04	0,60 ± 0,07
184	541-419	24-03-04	19-04-04	0,31 ± 0,05
185	541-260	24-03-04	19-04-04	0,58 ± 0,07
186	541-195	24-03-04	19-04-04	0,17 ± 0,04
205	541-641	25-03-04	20-04-04	0,17 ± 0,04
206	541-555	25-03-04	20-04-04	0,43 ± 0,05
207	541-593	25-03-04	20-04-04	0,39 ± 0,05
208	541-160	25-03-04	20-04-04	0,14 ± 0,05
209	541-240	25-03-04	20-04-04	0,30 ± 0,05
267	541-102	30-03-04	26-04-04	0,11 ± 0,04
268	541-154	30-03-04	26-04-04	0,20 ± 0,03
269	541-236	30-03-04	26-04-04	0,13 ± 0,03
270	541-393	30-03-04	26-04-04	1,4 ± 0,2
271	541-611	30-03-04	26-04-04	0,28 ± 0,05
289	541-477	31-03-04	20-04-04	0,37 ± 0,07
290	541-535	31-03-04	20-04-04	0,14 ± 0,04
291	541-540	31-03-04	20-04-04	< 0,10
292	541-640	31-03-04	20-04-04	0,31 ± 0,04
377	541-232	14-04-04	26-04-04	2,4 ± 0,3
378	541-642	14-04-04	26-04-04	0,13 ± 0,03

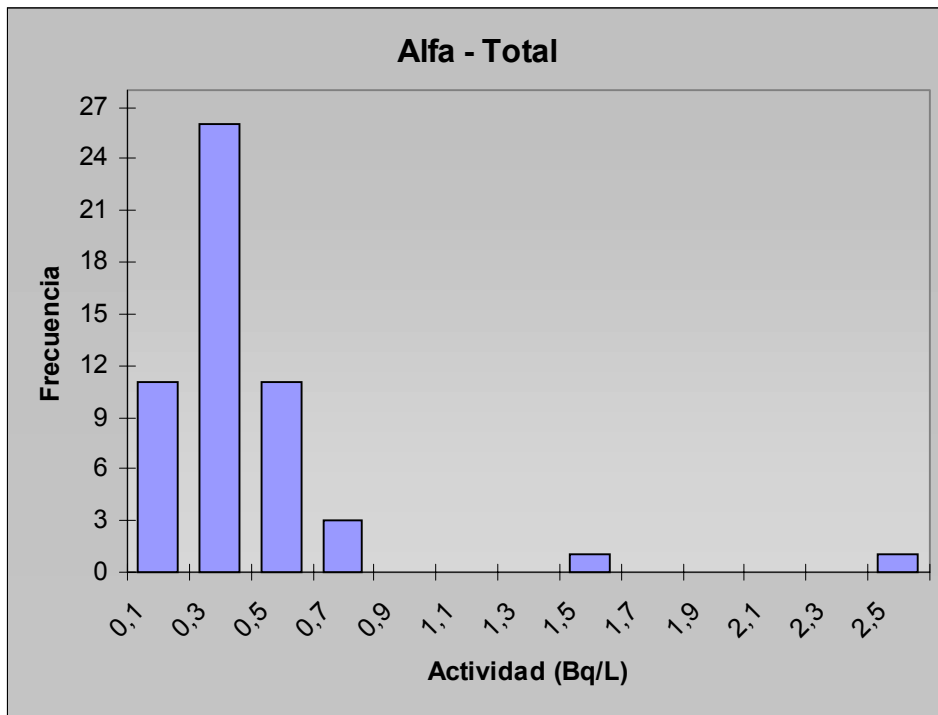
La técnica de alfa total es una técnica de screening que rápidamente nos da información para saber si es necesario realizar análisis específicos.

Según el criterio de la OMS, que adopta un nivel similar a la USEPA, se presentan cinco muestras, siendo una de ellas un duplicado, mayores al nivel guía 0,5 Bq/L y se le deberían determinar los radionucleidos individualmente y a partir de allí evaluar la dosis resultantes y verificar que se cumple la fórmula (2), en ese caso no es necesario tomar ninguna acción posterior.

A dichas muestras se les realizó los análisis correspondientes de U total y Ra-226 dando valores compatibles con los recomendado por la OMS y la legislación vigente en nuestro país.

Los emisores alfa son medidos todos con la misma eficiencia, por lo cual el comportamiento analítico es equivalente a tener un solo radionucleido. El gráfico de los resultados se puede observar en la fig. No. 1.

Fig. No.1: Alfa-Total



Análisis estadístico

Al haber datos por debajo del límite de detección, la muestra debe ser considerada censurada en el sentido estadístico y se deberían aplicar técnicas específicas. Sin embargo, se analizaron los 48 datos por encima del límite de detección con las técnicas convencionales porque resulta más simple y genera resultados conservativos (concentraciones más altas).

Los datos pueden asimilarse a una distribución Log-Normal, dado que su logaritmo natural tiene una distribución normal, según los resultados del Test de Wilks-Shapiro para un nivel de significación $\alpha=5\%$ (en realidad para cualquier valor de α entre 1 y 10%).

Dado que la muestra transformada puede ser considerada normal, se puede aplicar el Test de Grubbs, el cual indica que, para un nivel de significación del 5%, hay un "Outier", que corresponde a la muestra 541-232 (2,4 Bq/l).

Para el caso de datos distribuidos de forma Log-Normal el estimador de tendencia central mas apropiado resulta ser la media geométrica, mientras que como medida de dispersión se puede emplear la desviación estándar geométrica (GSD). En la tabla siguiente se resumen los datos estadísticos más relevantes.

Alfa total	
Cantidad de datos	48
Media geométrica	0,23 Bq/l
GSD	2,04
Valor mínimo	0,046 Bq/l
Valor máximo	2,40 Bq/l

Con respecto a la muestra 541-232 (2,4 Bq/l), no se ha encontrado ninguna indicación que haga pensar en un problema durante el proceso de medición, mientras que la etapa de toma de muestra esta totalmente fuera del control de la ARN y no se dispone de información para su análisis. Sin embargo, las muestras ambientales analizadas por la ARN y la información internacional disponible demuestran que es habitual una gran variabilidad de los datos así como la presencia de valores atípicamente altos.

A pesar de esto, se pueden analizar los datos eliminando el valor de la muestra 541-232 (2,4 Bq/l). En este caso, el Test de Wilks-Shapiro para $\alpha=5\%$ indica que los datos transformados pueden ser considerados normales, mientras que el Test de Grubbs indica que no hay "Outiers" para $\alpha=5\%$.

Alfa total (sin muestra 541-232)	
Cantidad de datos	47
Media geométrica	0,22 Bq/l
GSD	1,88
Valor mínimo	0,046 Bq/l
Valor máximo	1,40 Bq/l

En ambos casos, la media geométrica resulta prácticamente igual, por lo que se utilizará la muestra completa en el análisis posterior.

Interpretación Radiológica

Las mediciones alfa total (gross alpha) en aguas en general no resultan de interés para evaluar cuantitativamente la situación radiológica, en realidad son utilizados como disparador para realizar otras mediciones específicas para emisores alfa, como uranio y radio-226.

La media geométrica de los valores presentados (incluyendo a los 5 valores que superan el valor de guía del OMS) representa poco menos de la mitad del límite aplicado por la USEPA y la OMS, mientras que sólo 4 superan el valor de 15 pCi/L (0,56 Bq/L) siendo uno de ellos un "outlier".

Medición de Beta-Total:

Se recibieron un total de cincuenta y dos muestras de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnica “Medición de actividad beta total por centelleo líquido” según se informó al juzgado mediante nota ARN No. 977/02 y ARN 326/03.

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3: Concentración de Actividad Beta-Total en Aguas (Bq/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
5	541-223	09-03-04	31-03-04	0,5 ± 0,2
6	541-273	09-03-04	31-03-04	0,5 ± 0,2
19	541-478	10-03-04	31-03-04	0,4 ± 0,2
20	541-520	10-03-04	31-03-04	0,6 ± 0,2
34	541-029	11-03-04	31-03-04	0,4 ± 0,2
35	541-156	11-03-04	31-03-04	0,7 ± 0,2
65	541-188	12-03-04	31-03-04	0,5 ± 0,2
66	541-159	12-03-04	31-03-04	0,5 ± 0,2
201	541-507	25-03-04	31-03-04	0,8 ± 0,2
202	541-517	25-03-04	31-03-04	0,9 ± 0,2
203	541-534	25-03-04	31-03-04	1,0 ± 0,2
204	541-537	25-03-04	31-03-04	0,8 ± 0,2
220	541-615	26-03-04	31-03-04	1,1 ± 0,2
221	541-360	26-03-04	31-03-04	0,7 ± 0,2
222	541-233	26-03-04	31-03-04	0,9 ± 0,2
223	541-028	26-03-04	31-03-04	1,0 ± 0,2
234	541-252	29-03-04	31-03-04	0,9 ± 0,2
235	541-475	29-03-04	31-03-04	0,9 ± 0,2
236	541-092	29-03-04	31-03-04	1,1 ± 0,2
237	541-120	29-03-04	31-03-04	0,9 ± 0,2
263	541-046	30-03-04	07-04-04	0,9 ± 0,2
264	541-214	30-03-04	07-04-04	0,9 ± 0,2
265	541-446	30-03-04	07-04-04	0,9 ± 0,2
266	541-624	30-03-04	07-04-04	1,0 ± 0,2
280	541-083	31-03-04	07-04-04	0,9 ± 0,2
281	541-222	31-03-04	07-04-04	1,0 ± 0,2
282	541-350	31-03-04	07-04-04	0,9 ± 0,2
283	541-470	31-03-04	07-04-04	1,1 ± 0,2
293	541-071	01-04-04	07-04-04	1,0 ± 0,2
294	541-077	01-04-04	07-04-04	1,1 ± 0,2
295	541-322	01-04-04	07-04-04	1,3 ± 0,2
296	541-362	01-04-04	07-04-04	1,0 ± 0,2
312	541-187	02-04-04	07-04-04	0,8 ± 0,2
313	541-248	02-04-04	07-04-04	0,7 ± 0,2
314	541-310	02-04-04	07-04-04	1,1 ± 0,2

315	541-496	02-04-04	07-04-04	1,1 ± 0,2
318	541-385	06-04-04	12-04-04	0,8 ± 0,2
319	541-563	06-04-04	12-04-04	1,0 ± 0,2
320	541-564	06-04-04	12-04-04	1,0 ± 0,2
321	541-577	06-04-04	12-04-04	1,1 ± 0,2
332	541-037	07-04-04	12-04-04	0,9 ± 0,2
333	541-218	07-04-04	12-04-04	1,1 ± 0,2
334	541-388	07-04-04	12-04-04	1,0 ± 0,2
335	541-499	07-04-04	12-04-04	0,9 ± 0,2
353	541-570	12-04-04	13-04-04	0,9 ± 0,2
354	541-599	12-04-04	13-04-04	1,1 ± 0,2
355	541-456	12-04-04	13-04-04	1,1 ± 0,2
356	541-256	12-04-04	13-04-04	0,9 ± 0,2
359	541-294	13-04-04	27-04-04	1,0 ± 0,2
360	541-494	13-04-04	27-04-04	1,0 ± 0,2
371	541-278	14-04-04	27-04-04	1,0 ± 0,2
372	541-651	14-04-04	27-04-04	0,8 ± 0,2

Esta técnica es utilizada para definir la necesidad de determinar específicamente algún emisor beta.

Según el criterio de la OMS, se presentan once muestras mayores al límite de 1 Bq/L y se le deberían determinar los radionucleidos individualmente y a partir de allí evaluar la dosis resultantes y verificar que se cumple la fórmula (2), en ese caso no es necesario tomar ninguna acción posterior.

El gráfico de los resultados se puede observar en la fig. No. 2.

Fig. No.2: Beta-Total

Análisis estadístico

Los 52 resultados obtenidos se encuentran por encima del límite de detección, si bien el error estimado para cada medición resulta apreciable, debido a la baja concentración del material radiactivo analizado. Para las mediciones de beta total, el error varía entre el 15% y el 50% del valor informado.

Los datos obtenidos no pueden asimilarse a una distribución Normal ni a una distribución Log-Normal, según los resultados del Test de Wilks-Shapiro para un nivel de significación $\alpha=5\%$ (en realidad para α entre 1 y 10% es rechazada la hipótesis de normalidad o log-normalidad). Esto puede atribuirse a la magnitud relativamente alta del error asociado a estas mediciones de muy bajo nivel, lo que resulta esperable de acuerdo a las técnicas internacionalmente utilizadas.

En estas circunstancias resulta difícil determinar cuáles son los estimadores de tendencia central y de dispersión más apropiados,. Por tal razón se presentarán los dos estimadores de localización o tendencia central más comunes, media y mediana para los datos sin transformar y como estimadores de dispersión la desviación standard, la mediana de las desviaciones absolutas (MDA) y el rango intercuartil (rango IC).

Beta total (datos originales)	
Cantidad de datos	52
Media	0,89 Bq/l
Mediana	0,90 Bq/l
Desviación. estándar	0,20
MDA	0,10
rango IC	0,20
Valor mínimo	0,4 Bq/l
Valor máximo	1,3 Bq/l

Para el caso de los datos con transformación logarítmica es:

Beta total (datos transformados)	
Cantidad de datos	52
GM	0,86 Bq/l
G. Mediana	0,90 Bq/l
GSD	1,31
GMDA	1,12
Valor mínimo	0,4 Bq/l
Valor máximo	1,3 Bq/l

Como puede verse, los estimadores de tendencia central no muestran prácticamente disparidad entre si (media y mediana para los datos sin transformación o para los datos transformados), estando alrededor de 0,85 - 0,90 Bq/l.

Interpretación Radiológica

Las mediciones beta total (gross beta) en agua en general no resultan de interés para evaluar en forma cuantitativa la situación radiológica, dado que sería necesario suponer un radioisótopo particular para realizar cálculos dosimétricos. Habitualmente estos datos, cuando se miden, son utilizados como un alerta para realizar otras mediciones específicas, tales como espectrometría gamma o Sr-90, las que efectivamente fueron realizados sobre las muestras remitidas cuyos resultados no superan las guías de la OMS.

Análisis específico de radionucleidos

Los radionucleidos analizados se pueden dividir entre naturales y artificiales. La distribución de los radionucleidos en el ambiente sigue una distribución log-normal [12, 16]. Con respecto al tratamiento estadístico de los datos, cabe aclarar que muchos de los resultados obtenidos fueron menores a los límites de detección correspondientes a cada técnica y

además, el número total de datos recabados por radionucleido analizado no es suficiente para realizar un análisis estadístico profundo y libre de sesgo. No obstante ello, el tratamiento estadístico permite obtener algunas conclusiones sobre la población de las muestras de agua en relación al nivel guía de la OMS.

Análisis específico de radionucleidos naturales

Los radionucleidos comprendidos en este grupo son el uranio natural, radio-226, radón-222 y tritio. Cabe destacar que estos radionucleidos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y su concentración va a depender de las características hidrogeológicas y ambientales de la región analizada.

Medición de Uranio:

a) Medición de Uranio total por fluorimetría:

Se recibieron un total de cincuenta muestras de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnica U-02 (Determinación de uranio en aguas ambientales por fluorimetría) del Manual de Técnicas de Laboratorio [11].

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 4.

Tabla 4: Concentración de Uranio Total en Aguas (μg de U/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
23	541-589	10-03-04	12-03-04	$2,7 \pm 0,3$
24	541-262	10-03-04	12-03-04	$3,7 \pm 0,3$
25	541-264	10-03-04	12-03-04	$3,7 \pm 0,3$
26	541-130	10-03-04	12-03-04	$6,1 \pm 0,3$
27	541-276	10-03-04	12-03-04	$2,3 \pm 0,3$
38	541-122	11-03-04	15-03-04	$5,5 \pm 0,4$
39	541-503	11-03-04	15-03-04	$6,8 \pm 0,6$
40	541-512	11-03-04	15-03-04	$5,6 \pm 0,3$
41	541-567	11-03-04	15-03-04	$7,1 \pm 0,5$
42	541-121	11-03-04	15-03-04	$11,0 \pm 0,6$
72	541-108	15-03-04	19-03-04	$8,8 \pm 0,8$
73	541-129	15-03-04	19-03-04	$7,7 \pm 1,0$
74	541-543	15-03-04	19-03-04	$8,6 \pm 0,9$
75	541-631	15-03-04	19-03-04	$9,1 \pm 0,7$
163	541-194	23-03-04	25-03-04	$5,2 \pm 0,4$
164	541-149	23-03-04	25-03-04	$6,1 \pm 0,3$
165	541-075	23-03-04	25-03-04	$6,0 \pm 0,5$
166	541-061	23-03-04	25-03-04	$6,7 \pm 0,7$
167	541-018	23-03-04	25-03-04	$17,0 \pm 1,1$
253	541-040	30-03-04	01-04-04	$14,0 \pm 1,1$
254	541-107	30-03-04	01-04-04	$31,0 \pm 2,7$
255	541-196	30-03-04	01-04-04	$26,0 \pm 2,1$

256	541-275	30-03-04	01-04-04	38,0 ± 3,7
257	541-339	30-03-04	01-04-04	25,0 ± 3,3
258	541-342	30-03-04	01-04-04	11,0 ± 1,3
259	541-532	30-03-04	01-04-04	13,0 ± 1,8
260	541-638	30-03-04	01-04-04	14,0 ± 1,3
324	541-216	06-04-04	13-04-04	20,0 ± 2,0
325	541-326	06-04-04	13-04-04	10,0 ± 0,7
326	541-405	06-04-04	13-04-04	9,7 ± 1,0
327	541-432	06-04-04	13-04-04	8,2 ± 0,8
328	541-439	06-04-04	13-04-04	10,0 ± 0,7
329	541-440	06-04-04	13-04-04	7,9 ± 0,5
330	541-459	06-04-04	13-04-04	9,0 ± 0,7
331	541-488	06-04-04	13-04-04	12,0 ± 1,1
361	541-088	13-04-04	15-04-04	12,0 ± 0,8
362	541-089	13-04-04	15-04-04	22,0 ± 2,0
363	541-127	13-04-04	15-04-04	23,0 ± 1,6
364	541-202	13-04-04	15-04-04	13,0 ± 1,0
365	541-291	13-04-04	15-04-04	22,0 ± 2,2
366	541-442	13-04-04	15-04-04	6,3 ± 0,6
367	541-457	13-04-04	15-04-04	16,0 ± 0,9
368	541-511	13-04-04	15-04-04	26,0 ± 2,0
403	541-318	20-04-04	26-04-04	8,9 ± 0,5
404	541-386	20-04-04	26-04-04	24,0 ± 3,5
405	541-500	20-04-04	26-04-04	12,0 ± 1,1
406	541-509	20-04-04	26-04-04	6,7 ± 0,6
407	541-578	20-04-04	26-04-04	9,2 ± 0,9
408	541-595	20-04-04	26-04-04	11,0 ± 0,7
409	541-643	20-04-04	26-04-04	56,0 ± 5,8

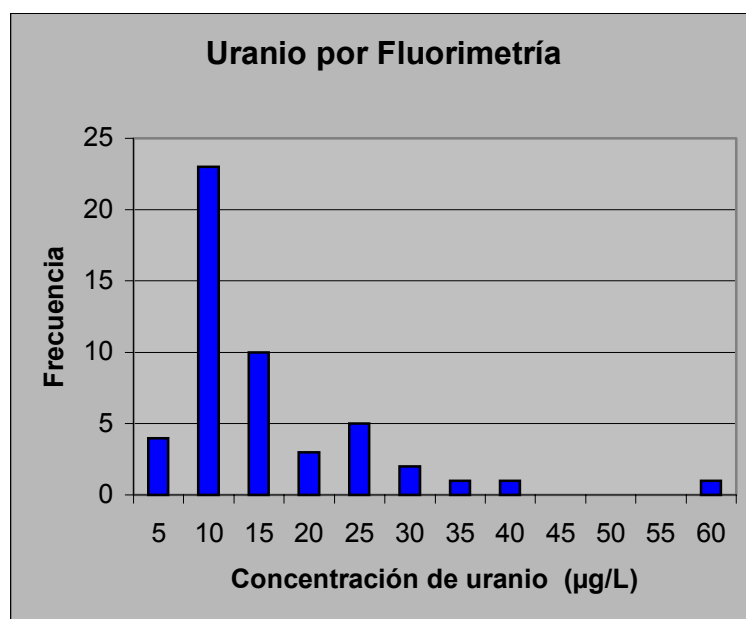
Los resultados oscilaron entre:

Valor mínimo = 2,3 µg/L

Valor máximo = 56,0 µg/L

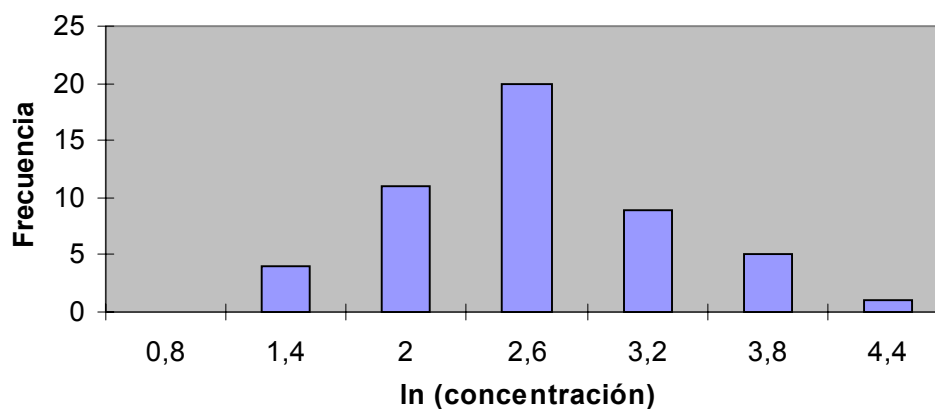
El gráfico de los resultados se puede observar en la fig.No. 3.

Fig. No. 3: Uranio total por fluorimetría



Si aplicamos logaritmo a los datos y aplicamos el coeficiente de correlación para la distribución normal se obtiene el valor $R^2 = 0,97$. El gráfico normalizado se observa en la fig. No. 4.

Fig. No. 4: Uranio total por fluorimetría normalizado



b) Medición de isótopos de uranio por espectrometría alfa:

Se recibieron un total de veinte muestras de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnica U-05 (Determinación de uranio por espectrometría alfa) del Manual de Técnicas de Laboratorio [11].

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 5.

Tabla 5: Concentración de Actividad de Isótopos de Uranio (Bq/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	U-Total	U-238	U-235	U-234
47	541-062	12-03-04	31-03-04	0,39 ± 0,02	0,17± 0,01	0,009 ± 0,001	0,21 ± 0,01
48	541-209	12-03-04	31-03-04	0,31 ± 0,02	0,14± 0,01	0,007 ± 0,001	0,16 ± 0,01
49	541-399	12-03-04	31-03-04	0,46 ± 0,02	0,21± 0,01	0,010 ± 0,001	0,25 ± 0,01
50	541-505	12-03-04	31-03-04	0,55 ± 0,04	0,24± 0,01	0,010 ± 0,001	0,31 ± 0,02
51	541-605	12-03-04	31-03-04	0,32 ± 0,02	0,13± 0,01	0,006 ± 0,001	0,18 ± 0,01
284	541-015	31-03-04	30-04-04	0,30 ± 0,02	0,13± 0,01	0,005 ± 0,001	0,16 ± 0,01
285	541-087	31-03-04	30-04-04	0,89 ± 0,05	0,37± 0,02	0,017 ± 0,001	0,50 ± 0,03
286	541-095	31-03-04	30-04-04	0,65 ± 0,03	0,27± 0,01	0,009 ± 0,001	0,37 ± 0,02
287	541-190	31-03-04	30-04-04	0,17 ± 0,01	0,07± 0,01	0,004 ± 0,001	0,10 ± 0,01
288	541-435	31-03-04	30-04-04	0,30 ± 0,02	0,13± 0,01	0,005 ± 0,001	0,17 ± 0,01
410	541-647	21-04-04	17-05-04	0,33 ± 0,02	0,15± 0,01	0,006 ± 0,001	0,18 ± 0,01
411	541-620	21-04-04	17-05-04	0,45 ± 0,03	0,20± 0,01	0,010 ± 0,002	0,24 ± 0,01
412	541-559	21-04-04	17-05-04	0,42 ± 0,04	0,19± 0,01	0,014 ± 0,005	0,20 ± 0,02
413	541-212	21-04-04	17-05-04	0,30 ± 0,02	0,13± 0,01	0,006 ± 0,001	0,16 ± 0,01
414	541-101	21-04-04	18-05-04	*	*	*	*
425	541-140	28-04-04	01-06-04	0,26 ± 0,01	0,11± 0,01	0,005 ± 0,001	0,15 ± 0,01
426	541-267	28-04-04	01-06-04	0,52 ± 0,03	0,22± 0,01	0,010 ± 0,002	0,28 ± 0,02
427	541-408	28-04-04	01-06-04	0,53 ± 0,03	0,24± 0,01	0,011 ± 0,001	0,28 ± 0,02
428	541-443	28-04-04	01-06-04	0,23 ± 0,01	0,10± 0,01	0,005 ± 0,001	0,13 ± 0,01
429	541-606	28-04-04	01-06-04	0,27 ± 0,02	0,12± 0,01	0,006 ± 0,002	0,15 ± 0,01
439	541-370	21-05-04	07-06-04	0,20 ± 0,01	0,09± 0,01	0,004 ± 0,001	0,11 ± 0,01

(*) Durante la medición por espectrometría alfa de la muestra 541-101 se descubrió que no se podía detectar ninguna actividad, ni siquiera en la región correspondiente al uranio 232, el trazador radiactivo que se incorpora durante su procesamiento. Por tal motivo el

Juzgado indicó realizar el análisis correspondiente a la muestra 541-370, previamente utilizada para determinaciones por espectrometría gamma.

Todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de los niveles guía recomendados por la OMS.

A pesar que la técnica de espectrometría no es la adecuada para determinar el grado de enriquecimiento de una muestra de uranio, y además repitiendo correctamente los cálculos mal realizados por el perito, se obtendrían, a partir de los resultados informados por los Laboratorios de la ARN los siguientes valores nominales para el cociente de las concentraciones de los isótopos de Uranio medidos.

Valores	U 234 / U 238	U 235 / U-238
Valor mínimo	1,05	0,029
Valor máximo	1,43	0,077

Los resultados indican solamente la presencia de uranio natural. [13, 15]

Obviamente que en este cálculo se reprodujo el cálculo que intentó realizar el perito, pero sin las correcciones que él cometió, aún cuando debe señalarse que, no se están contemplando los errores inherentes a esta técnica, que no es la adecuada para realizar la caracterización del uranio en bajos niveles de enriquecimiento o empobrecimiento, debido a los errores asociados a la determinación. En este tema, las reglas del arte indican que para bajos niveles de enriquecimiento se debe usar sin lugar a dudas la espectrometría de masas.

El uranio natural presente en muestras geológicas no perturbadas tiene una composición de 99,27% de U-238, 0,72% de U-235 y 0,0055% de U-234, expresado como porcentaje másico.

Los intervalos de confianza calculados para la relación U-235/U-238 en las muestras analizadas por espectrometría alfa permiten aseverar que esta relación es compatible con la que corresponde a muestras geológicas no perturbadas, que es la habitualmente encontrada también en aguas subterráneas. Así mismo, los valores obtenidos muestran que la relación U-235/U-238 es incompatible con la presencia de uranio enriquecido.

a y b) Análisis estadístico de uranio total por fluorimetría y de isótopos del uranio por espectrometría alfa:

Los 50 resultados de la medición de uranio total por fluorimetría son superiores al límite de detección de la técnica empleada. Estos resultados parecen provenir de una distribución Log-Normal, de acuerdo a lo indicado por el Test de Wilks-Shapiro para un nivel de significación $\alpha=5\%$, mientras que el Test de Grubbs indica que no hay "Outliers" para $\alpha=5\%$.

A continuación se presenta un resumen de los parámetros más importantes de los resultados obtenidos, aceptando la hipótesis de distribución Log-Normal.

Uranio total por fluorimetría	
Cantidad de datos	50
Media geométrica	10,52 µg/l
GSD	1,94
Valor mínimo	2,30 µg/l
Valor máximo	56,0 µg/l

En cuanto a las mediciones de isótopos del uranio por espectrometría alfa, los 20 resultados obtenidos se encuentran por encima del límite de detección. De acuerdo a los resultados del Test de Wilks-Shapiro, debe aceptarse la hipótesis de que los datos provienen de una distribución Log-Normal, para un nivel de significación $\alpha=5\%$, mientras que el Test de Grubbs indica que no hay "Outliers" para el mismo nivel de significación.

Aceptando la hipótesis de distribución Log-Normal, la tabla siguiente resume los parámetros más importantes de los resultados obtenidos.

Uranio por espectrometría alfa				
	U total	U 238	U-235	U-234
Cantidad de datos	20	20	20	20
Media geométrica	0,36 Bq/l	0,16 Bq/l	0,007 Bq/l	0,20 Bq/l
GSD	1,51			
Valor mínimo	0,17 Bq/l	0,07 Bq/l	0,004 Bq/l	0,10 Bq/l
Valor máximo	0,89 Bq/l	0,37 Bq/l	0,017 Bq/l	0,50 Bq/l

A los fines de poder comparar las mediciones de uranio por fluorimetría y por espectrometría alfa, se deben expresar los resultados de las mediciones en las mismas unidades. Esta transformación puede realizarse empleando la actividad específica para cada isótopo de cada medición tal como se obtiene de las tablas utilizadas al efecto, para luego calcular la masa de uranio total sumando las masas de cada isótopo. Llevando a cabo este procedimiento, los resultados obtenidos son los siguientes

Análisis de isótopos del uranio por espectrometría alfa µg /L				
Código	U total (Masa)	U 238 (Masa)	U-235 (Masa)	U-234 (Masa)
541-062	13,78	13,67	0,113	0,00091
541-209	11,34	11,25	0,088	0,00069
541-399	17,00	16,88	0,125	0,00108
541-505	19,42	19,29	0,125	0,00134
541-605	10,53	10,45	0,075	0,00078
541-015	10,51	10,45	0,063	0,00069
541-087	29,96	29,74	0,213	0,00217
541-095	21,82	21,70	0,113	0,00160
541-190	5,68	5,63	0,050	0,00043
541-435	10,51	10,45	0,063	0,00074
541-647	12,13	12,06	0,075	0,00078
541-620	16,20	16,08	0,125	0,00104
541-559	15,45	15,27	0,175	0,00087

541-212	10,53	10,45	0,075	0,00069
541-101	(*)	(*)	(*)	(*)
541-140	8,91	8,84	0,063	0,00065
541-267	17,81	17,68	0,125	0,00121
541-408	19,43	19,29	0,138	0,00121
541-443	8,10	8,04	0,063	0,00056
541-606	9,72	9,65	0,075	0,00065
541-370	7,29	7,23	0,050	0,00048
(*) la muestra 541-101 no pudo ser medida, posiblemente por problemas durante su procesamiento.				

Al igual que en el análisis precedente, aceptando la hipótesis de distribución Log-Normal, la tabla siguiente resume los parámetros más importantes de los resultados obtenidos.

Uranio por espectrometría alfa				
	U total (Masa)	U 238 (Masa)	U-235 (Masa)	U-234 (Masa)
Cantidad de datos	20	20	20	20
Media	12,81 µg/L	12,71 µg/L	0,099 µg/L	0,00093 µg/L
Desviación estándar	5,88 µg/L	5,84 µg/L	0,043 µg/L	0,00042 µg/L
Media geométrica	12,74 µg/L	12,64 µg/L	0,092 µg/L	0,00086 µg/L
GSD	1,51			
Valor mínimo	5,68 µg/L	5,63 µg/L	0,050 µg/L	0,00043 µg/L
Valor máximo	29.96 µg/L	29.74 µg/L	0,213 µg/L	0,00217 µg/L

Al haberse empleado dos técnicas diferentes para realizar las mediciones de uranio, existen dos conjuntos de resultados, que en principio deberían provenir de una misma población (la población de los pozos de agua que se encuentran en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza) es posible tratar de verificar estadísticamente esa hipótesis. Debe destacarse que el número de resultados de las mediciones por espectrometría alfa es, desde el punto de vista estadístico, relativamente pequeño y que los datos poseen errores de medición de entre el 5 y el 20 %, por lo tanto los resultados deben ser considerados con cuidado.

Para realizar este análisis se puede utilizar el Test Chi Cuadrado para dos muestras o el Test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, bajo las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula H_0 : las dos muestras provienen de la misma distribución (no especificada);
- Hipótesis alternativa H_A : ambas muestras provienen de distribuciones diferentes.

Para el caso de las mediciones por espectrometría alfa, la masa de uranio total correspondiente a cada medición fue obtenida transformando en masa la actividad medida para cada isótopo, por medio de su correspondiente actividad específica, realizando luego la suma correspondiente. Las actividades específicas empleadas son: $2,207 \times 10^2$ Bq/µg para el U-234, $7,9984 \times 10^{-2}$ Bq/µg para el U-235 y $1,244 \times 10^{-2}$ Bq/µg para el U-238.

Como fue comprobado previamente, la distribución que mejor explica los resultados de ambos tipos de mediciones es la Log-Normal, por lo que se empleó el logaritmo natural de las masas de uranio total para realizar esta verificación.

El resultado de aplicar el Test Chi Cuadrado es que se rechaza la hipótesis nula -las dos muestras provienen de la misma distribución- para un nivel de significación $\alpha=5\%$, pero se la acepta para un nivel de significación $\alpha=1\%$.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov indica que ambas muestras provienen de la misma distribución, para un nivel de significación $\alpha=5\%$ (realmente para cualquier valor de α entre 1 y 10%).

Para poder interpretar adecuadamente estos resultados, se debe considerar, además de lo aclarado previamente respecto del tamaño de muestra y error asociado a las mediciones, la potencia-eficiencia de las pruebas estadísticas empleadas. En tal sentido, la prueba de Kolmogorov-Smirnov parece tener, en todos los casos, una mayor potencia-eficiencia que la de Chi Cuadrado [18]

Interpretación Radiológica para Uranio

Los resultados obtenidos permiten inferir que el uranio presente en las muestras de agua enviados por el Juzgado corresponden a uranio natural, (rango de relaciones entre isótopos, especialmente la relación U-234/U-238 incrementada, como típicamente se encuentra en aguas naturales no perturbadas por la acción humana).

Con respecto a los niveles encontrados, estos son coherentes con los determinados en otras mediciones dentro de la República Argentina. Un estudio presentado en 2001 [10] resume los resultados de 345 muestras de agua potable (62% provenientes de agua de red y 38% de pozo) tomadas en todo el país. Para las muestras de agua de pozo de todo el Gran Buenos Aires se obtuvieron concentraciones de uranio entre 2,7 y 11 $\mu\text{g/L}$, con una media geométrica de 4,5 $\mu\text{g/L}$ (21 muestras), mientras que para toda la provincia de Buenos Aires el rango de concentración fue de 0,10 a 50 $\mu\text{g/L}$, con una media geométrica de 2,8 $\mu\text{g/L}$ (34 muestras). Como puede verse, este estudio comprende un área geográfica mucho más amplia que el solicitado por el Juzgado.

Los resultados de uranio en agua obtenidos también son compatibles con las mediciones realizadas en otros lugares del mundo. Como ejemplo puede citarse un amplio conjunto de mediciones compendiadas por el gobierno de Canadá [19], donde se citan mediciones realizadas en aguas provenientes de pozos privados en Canadá con concentraciones de uranio de hasta 700 $\mu\text{g/L}$ [20, 21]. En mediciones realizadas durante 1982-84 en Manitoba, Canadá, la concentración media fue determinada en 58,3 $\mu\text{g/l}$, con un valor máximo de 2020 $\mu\text{g/L}$ de uranio natural, en 287 pozos de aguas subterráneas muestreados [19]. Así mismo, se determino que los acuíferos situados en rocas Precámbricas poseen niveles de concentración de uranio mayores (promedio de 115,6 $\mu\text{g/L}$) que los acuíferos situados en rocas sedimentarias Paleozoicas (promedio de 2,5 $\mu\text{g/L}$) [19].

Un estudio realizado por el Oak Ridge National Laboratory [21] en Estados Unidos, presenta valores para aguas de uso domestico (tanto superficiales como de pozo) en un rango de 0,07 a 652 pCi/l (0,1 a 978 $\mu\text{g/L}$, empleando 1,5 $\mu\text{g/pCi}$ como factor de conversión aproximado), con un promedio de 2 pCi/l (aproximadamente 3 $\mu\text{g/L}$).

Si tomamos el valor máximo obtenido en las muestras medidas por fluorimetría en la ARN, (56 $\mu\text{g/L}$) al tratarse de Uranio natural, y si lo expresamos en términos de concentración de

actividad de U-238, se obtiene un valor de 0,68 Bq/L; casi 14 veces menor al nivel guía recomendado por la OMS (10 Bq/L).

Además, ninguno de los valores supera los niveles establecidos por la ley No. 24.051 “Régimen Legal de los Residuos Peligrosos”, decreto reglamentario 831/93, de 100 microgramos/L para agua de consumo humano; cuyo valor es coincidente con el valor guía establecido por la ley 24.585, del año 1995, “Actividad Minera – Impacto Ambiental”, en su anexo IV.

Para realizar la evaluación dosimétrica de las mediciones realizadas, resulta conveniente convertir las masas de uranio medidas por fluorimetría a actividad. Para realizarlo en forma coherente con los datos obtenidos, se empleó la actividad específica calculada a partir de las mediciones de uranio por espectrometría alfa, obteniéndose un valor medio de 0,0284 Bq/ μ g de uranio (un valor típico empleado para muestras geológicas no perturbadas es de 0,0254 Bq/ μ g de uranio).

Dado que los factores dosimétricos para los tres isótopos del uranio son levemente diferentes ($4,5 \times 10^{-5}$ mSv/Bq para el U-238; $4,7 \times 10^{-5}$ mSv/Bq para el U-235 y $4,9 \times 10^{-5}$ mSv/Bq para el U-234 [6]), se utilizó un factor dosimétrico pesado por la fracción de actividad para cada isótopo determinada, por espectrometría alfa (0,4342 para el U-238; 0,0202 para el U-235 y 0,5456 para el U-234, basándose en las medias geométricas). El factor dosimétrico pesado resultó ser $4,72 \times 10^{-5}$ mSv/Bq para ingestión. También se empleó un valor conservativo para el consumo anual de 730 litros (2 l/día).

En estas condiciones las dosis efectivas comprometidas son de $1,03 \times 10^{-2}$ mSv/año (10,3 μ Sv/año) para las mediciones por fluorimetría y de $1,24 \times 10^{-2}$ mSv/año (12,4 μ Sv/año) para las mediciones por espectrometría alfa, empleando las medias geométricas.

Para el caso de la medición 541-643, que generó el mayor resultado de uranio total con un valor de 56 μ g/l = 1,59 Bq/l, a pesar del valor relativo que debe asignársele por las razones que fueron analizadas extensamente previamente en este informe, la dosis estimada bajo las condiciones antes especificadas es de $5,48 \times 10^{-2}$ mSv/año (54,8 μ Sv/año).

Estos valores representan no más del 0,52% de la dosis media anual recibida por la población mundial debida a fuentes naturales de radiación, para el caso de emplear los valores medios geométricos y no más del 2,3% para el valor máximo medido.

Medición de radón en aguas:

Se recibieron un total de cincuenta muestras de aguas. Para realizar los análisis se emplearon las técnicas Rn-08 (Determinación de radón disuelto en agua: Centelleo líquido) y Rn-09 (Determinación de radón disuelto en agua: Método de Lucas) del Manual de Técnicas de Laboratorio [11].

Por el método de Lucas se analizaron 42 muestras y las 8 restantes por centelleo líquido. Ambos métodos de medición son equivalentes variando entre ellos el límite de detección. El método de Lucas es el histórico, siendo el método de centelleo líquido alternativo, que aunque con mayor límite de detección, permite medir muestras de manera continua.

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en las tablas 6 y 7

Tabla 6: Concentración de Actividad de Rn-222 en Aguas (Método de Lucas)
(Bq/m³)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
7	541-332	09-03-04	10-03-04	16000 ± 2000
8	541-357	09-03-04	10-03-04	3100 ± 500
9	541-358	09-03-04	10-03-04	2600 ± 400
12	541-183	10-03-04	11-03-04	2000 ± 300
13	541-205	10-03-04	11-03-04	4600 ± 700
14	541-219	10-03-04	11-03-04	1100 ± 200
15	541-238	10-03-04	11-03-04	1600 ± 300
28	541-197	11-03-04	12-03-04	2300 ± 400
29	541-344	11-03-04	12-03-04	1500 ± 200
30	541-574	11-03-04	12-03-04	2400 ± 400
69	541-309	12-03-04	15-03-04	4000 ± 600
70	541-518	12-03-04	15-03-04	4100 ± 600
71	541-006	12-03-04	15-03-04	2300 ± 300
100	541-177	16-03-04	22-03-04	3200 ± 500
101	541-337	16-03-04	22-03-04	3500 ± 500
102	541-338	16-03-04	22-03-04	2700 ± 400
103	541-604	16-03-04	22-03-04	5700 ± 800
119	541-561	17-03-04	22-03-04	2300 ± 400
120	541-491	17-03-04	22-03-04	1800 ± 300
121	541-463	17-03-04	22-03-04	3700 ± 600
122	541-261	17-03-04	22-03-04	2200 ± 400
124	541-254	18-03-04	22-03-04	1900 ± 300
125	541-353	18-03-04	22-03-04	3300 ± 500
126	541-355	18-03-04	22-03-04	4600 ± 600
127	541-609	18-03-04	22-03-04	1300 ± 200
135	541-021	19-03-04	22-03-04	1100 ± 200
136	541-119	19-03-04	22-03-04	2400 ± 400
159	541-568	23-03-04	24-03-04	1200 ± 200
160	541-255	23-03-04	24-03-04	2900 ± 400
161	541-244	23-03-04	24-03-04	4300 ± 600
162	541-134	23-03-04	24-03-04	4700 ± 700
178	541-041	24-03-04	25-03-04	8000 ± 1000
179	541-203	24-03-04	25-03-04	4200 ± 600
180	541-397	24-03-04	25-03-04	1700 ± 300
181	541-614	24-03-04	25-03-04	2900 ± 400
188	541-170	25-03-04	26-03-04	3300 ± 500
189	541-516	25-03-04	26-03-04	2200 ± 300
190	541-630	25-03-04	26-03-04	4100 ± 600
232	541-204	26-03-04	29-03-04	2500 ± 400

233	541-288	26-03-04	29-03-04	10000 ± 2000
369	541-617	14-04-04	15-04-04	3500 ± 500
370	541-650	14-04-04	15-04-04	4200 ± 600

Tabla 7: Concentración de Actividad de Radón-222 en Aguas (Centelleo Líquido) (Bq/m³)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
10	541-020	09-03-04	10-03-04	2500 ± 200
11	541-165	09-03-04	10-03-04	2100 ± 200
104	541-558	16-03-04	19-03-04	1200 ± 200
105	541-584	16-03-04	19-03-04	4900 ± 100
118	541-413	17-03-04	19-03-04	4300 ± 100
123	541-099	18-03-04	22-03-04	2000 ± 200
177	541-329	24-03-04	25-03-04	2400 ± 200
187	541-009	25-03-04	26-03-04	1600 ± 200

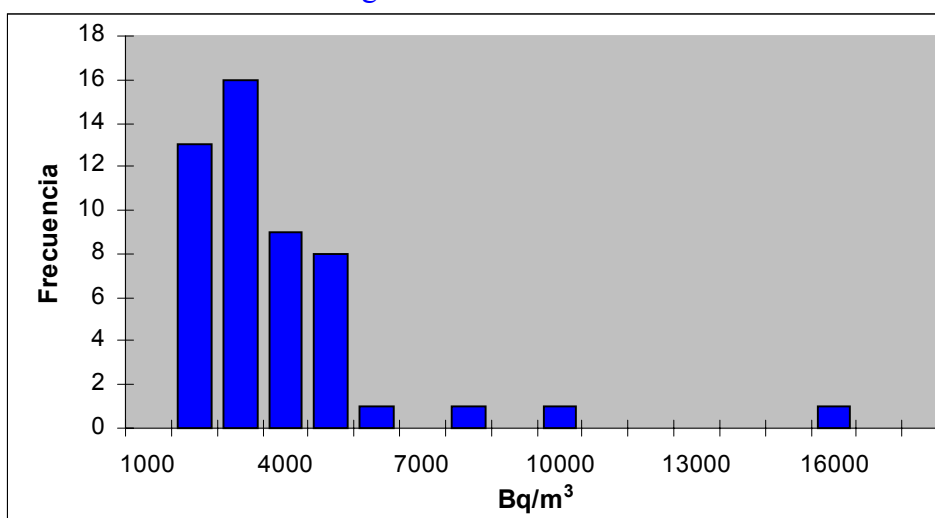
Asumiendo que todos los resultados obtenidos como pertenecientes a una misma población los parámetros estadísticos obtenidos son:

Media geométrica: 3.085 Bq/m³

Desviación standard geométrica: 1,73 Bq/m³

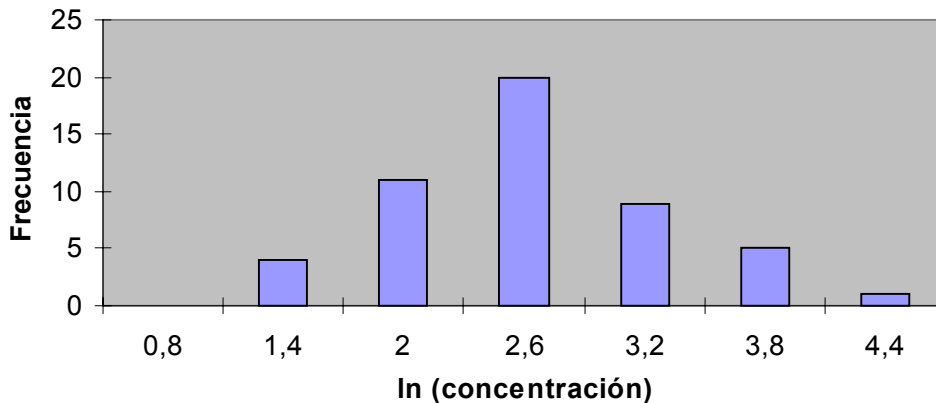
El gráfico de los resultados se puede observar en la fig.No. 5.

Fig. No. 5: Radón-222



Si aplicamos logaritmo a los datos y utilizamos el coeficiente de correlación para la distribución normal se obtiene el valor $R^2 = 0,97$. El gráfico normalizado se observa en la fig. No. 6.

Fig. No. 6: Radón-222 normalizado



Ningún valor supera el nivel guía de concentración de radón en aguas recomendado por la OMS (100 Bq/L).

Análisis estadístico

Los 42 resultados de la medición de radón por el Método de Lucas y las 8 mediciones por centelleo líquido resultaron superiores al límite de detección de la técnica empleada. Ambos conjuntos de resultados parecen provenir de una distribución Log-Normal, de acuerdo a lo indicado por el Test de Wilks-Shapiro para un nivel de significación $\alpha=5\%$, mientras que el Test de Grubbs descarta la presencia de "Outliers" para $\alpha=5\%$, en ambos conjuntos.

A continuación se presenta un resumen de los parámetros más importantes de los resultados obtenidos, aceptando la hipótesis de distribución Log-Normal.

Radón-222 por Lucas	
Cantidad de datos	42
Media geométrica	2941 Bq/m ³
GSD	1,75
Valor mínimo	1100 Bq/m ³
Valor máximo	16000 Bq/m ³

Radón-222 por centelleo	
Cantidad de datos	8
Media geométrica	2377 Bq/m ³
GSD	1,60
Valor mínimo	1200 Bq/m ³
Valor máximo	4900 Bq/m ³

Dado que existen dos conjuntos de resultados, que en principio deberían provenir de una misma población (la población de los pozos de agua que se encuentran en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza), es posible tratar de verificar estadísticamente esa hipótesis. Debe destacarse que si bien la cantidad de datos totales no es muy pequeña, el número de resultados de las mediciones por centelleo si lo es.

Para realizar esta verificación se puede utilizar el Test Chi Cuadrado bajo la hipótesis nula H_0 : las dos muestras provienen de la misma distribución (no especificada) y con la hipótesis alternativa H_A : ambas muestras provienen de distribuciones diferentes. El resultado de aplicar este test es que se acepta la hipótesis nula -las dos muestras provienen de la misma distribución- para un nivel de significación $\alpha=5\%$ (en realidad para cualquier valor de α entre 1 y 10%).

Una prueba alternativa es la de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, bajo las mismas hipótesis empleadas con el Test Chi Cuadrado esta prueba también indica que ambas muestras provienen de la misma distribución, para un nivel de significación $\alpha=5\%$ (realmente para cualquier valor de α entre 1 y 10%).

Interpretación Radiológica

Si tenemos en cuenta la recomendación de la Comunidad Europea de límite concentración de radón disuelto en agua de 100.000 Bq/m^3 (100 Bq/L), ningún valor medido en las muestras enviadas por el juzgado, supera este límite. Por otro lado, sólo si la concentración de radón fuera mayor que $1.000.000 \text{ Bq/m}^3$ (1000 Bq/L), se requiere acción correctiva [14].

La USEPA recomienda un valor muy restrictivo de 11.000 Bq/m^3 (11 Bq/L)[7]. Se debe tener en cuenta que este valor es sólo una recomendación.

Si analizamos los resultados obtenidos, sólo una muestra supera este valor recomendado por la USEPA pero ninguna de las muestras supera lo recomendado por la Comunidad Europea. Si bien no es apropiado realizar una evaluación dosimétrica a partir de un solo resultado de la medición de concentración de radón de una muestra de agua, a modo indicativo solamente, si calculamos para esta muestra, corregida su actividad por el decaimiento radiactivo en el intervalo entre la toma de muestra y el análisis, la dosis anual resultante debida a la ingestión de 2 L/día y utilizando un factor dosimétrico igual a $3,5 \text{ E-9 Sv/Bq}$ [17], la dosis efectiva obtenida para miembros del público adultos sería tan sólo igual a $0,04 \text{ mSv/año}$. Resulta importante destacar que el valor de referencia de dosis recomendado por la OMS, excluye expresamente la dosis debida al Radón.

Cabe aclarar que cualquier evaluación dosimétrica a partir de la concentración de radón en aguas, debe tener en cuenta la facilidad con que el radón es eliminado de esta durante su manipulación y que es mayor la importancia dosimétrica de la inhalación de este gas frente a su ingestión. Tanto la agitación como la transferencia del agua de un recipiente a otro liberan el radón disuelto. Así mismo, el agua dejada en reposo pierde parte del radón disuelto y su ebullición elimina completamente el mismo.

En condiciones normales, la incorporación de radón a partir del aire ambiental es muy superior a la incorporación a partir del agua utilizada para beber, considerando en este caso tanto la ingestión como la inhalación. La dosis media para la población del mundo debido de la inhalación de radón proveniente de todas las fuentes es de aproximadamente 1 mSv/año que representa algo menos que la mitad de la exposición total a radiación natural [1]. En comparación la dosis global debida a la ingestión de radón en agua utilizada para beber es relativamente baja.

Medición de Radio-226:

Se recibieron un total de cincuenta y una muestras de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnica Ra-01 (Determinación de radio-226 por emanación de radón-222) del Manual de Técnicas de Laboratorio [11].

De los resultados obtenidos, 39 estuvieron por debajo del límite de detección de la medición respectiva (12 menor que 1,7 mBq/L, 18 menor que 1,8 mBq/L, 5 menor que 1,9 mBq/L, 3 menor que 2,0 mBq/L y 1 menor que 2,1 mBq/L). Las doce muestras restantes dieron valores cuantificables que fluctuaron entre 1,8 y 4,4 mBq/L.

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Concentración de Actividad de Radio-226 en Aguas (mBq /L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
78	541-404	15-03-04	01-04-04	< 1,8
79	541-487	15-03-04	01-04-04	< 1,8
80	541-166	15-03-04	01-04-04	< 1,7
81	541-356	15-03-04	01-04-04	< 1,7
152	541-001	22-03-04	13-04-04	< 1,7
153	541-042	22-03-04	13-04-04	4,4 ± 1,0
154	541-057	22-03-04	13-04-04	< 1,8
155	541-069	22-03-04	13-04-04	< 1,7
156	541-094	22-03-04	13-04-04	< 1,8
193	541-283	25-03-04	14-04-04	< 1,7
194	541-621	25-03-04	14-04-04	< 1,7
195	541-345	25-03-04	14-04-04	< 1,7
196	541-634	25-03-04	14-04-04	2,1 ± 0,7
197	541-572	25-03-04	14-04-04	< 1,7
198	541-111	25-03-04	14-04-04	< 1,7
199	541-035	25-03-04	14-04-04	< 1,7
200	541-398	25-03-04	14-04-04	2,2 ± 0,8
238	541-551	29-03-04	14-04-04	< 2,0
239	541-034	29-03-04	14-04-04	< 1,9
240	541-081	29-03-04	14-04-04	4,2 ± 1,0
241	541-210	29-03-04	14-04-04	< 1,9
242	541-249	29-03-04	14-04-04	< 2,0
243	541-266	29-03-04	14-04-04	< 2,0
244	541-424	29-03-04	14-04-04	2,3 ± 0,9
245	541-596	29-03-04	14-04-04	< 2,1
297	541-106	01-04-04	15-04-04	< 1,8
298	541-171	01-04-04	15-04-04	< 1,8
299	541-185	01-04-04	15-04-04	< 1,8
300	541-242	01-04-04	15-04-04	2,3 ± 0,8
301	541-269	01-04-04	15-04-04	< 1,8
302	541-298	01-04-04	15-04-04	2,0 ± 0,8

303	541-313	01-04-04	15-04-04	< 1,9
304	541-409	01-04-04	15-04-04	< 1,9
316	541-055	02-04-04	20-04-04	< 1,7
317	541-476	02-04-04	20-04-04	1,8 ± 0,7
345	541-619	12-04-04	28-04-04	2,2 ± 0,8
346	541-486	12-04-04	28-04-04	< 1,9
347	541-324	12-04-04	28-04-04	< 1,8
348	541-320	12-04-04	28-04-04	< 1,8
349	541-271	12-04-04	28-04-04	< 1,8
350	541-150	12-04-04	28-04-04	< 1,8
351	541-118	12-04-04	28-04-04	< 1,7
352	541-161	12-04-04	28-04-04	< 1,8
379	541-060	15-04-04	30-04-04	< 1,8
380	541-096	15-04-04	30-04-04	< 1,8
381	541-142	15-04-04	30-04-04	< 1,8
382	541-297	15-04-04	30-04-04	< 1,8
383	541-377	15-04-04	30-04-04	2,5 ± 0,8
384	541-466	15-04-04	30-04-04	< 1,8
385	541-489	15-04-04	30-04-04	2,7 ± 0,9
386	541-508	15-04-04	30-04-04	3,3 ± 0,9

Todos los valores medidos se encuentran por debajo del nivel guía establecido por la OMS (1.000 Bq/L). Si comparamos con el valor recomendado por la ARN de 185 mBq/L para radio total, que coincide con la USEPA, observamos que ningún valor supera, aún este límite.

Análisis estadístico

De los 51 resultados obtenidos, 39 resultados están por debajo del límite de detección de la técnica empleada. Los 12 resultados por encima del límite de detección parecen adecuarse a una distribución Log-Normal, de acuerdo a lo indicado por el Test de Wilks-Shapiro para un nivel de significación $\alpha=5\%$, si bien el número de datos es extremadamente bajo para sacar cualquier conclusión definitiva al respecto.

A continuación se presenta un resumen de los parámetros más importantes de los resultados cuantificables obtenidos, aceptando la hipótesis de distribución Log-Normal.

Radio 226	
Cantidad de datos	12
Media geométrica	2,56 mBq/l
GSD	1,32
Valor mínimo	1,8 mBq/l
Valor máximo	4,4 mBq/l

Como se aclaró previamente, estos datos están censurados por debajo, y dado que la cantidad de datos por debajo del nivel de censura es muy alta (más que 3 a 1), el análisis precedente sobrestima de manera importante al nivel real de concentración media.

Interpretación Radiológica

Para realizar una evaluación dosimétrica es necesario conocer ciertos datos básicos como consumo de agua y el factor dosimétrico para la vía de incorporación correspondiente, en este caso por ingestión de formas solubles de los radionucleidos en cuestión.

Respecto del consumo anual de agua hay diferentes valores, así, el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los efectos de las Radiaciones Atómicas, UNSCEAR [9], estima un consumo anual de 500 litros, la OIEA lo estima en 600 litros [22], mientras que en algunas evaluaciones se emplea 730 litros (2 l/día). Si bien parece más apropiado un valor de alrededor de 500 l/año, por la ingestión de otras bebidas diferentes del agua corriente, con el fin de ser conservativos en la evaluación, se adoptará un valor de 730 litros por año.

Basándose en un valor de 0,28 $\mu\text{Sv/Bq}$ [20] como factor dosimétrico para Ra-226, la dosis efectiva comprometida para miembros adultos del público es de 0,5 μSv por año empleando como concentración la media geométrica de los valores cuantificables es de 0,9 μSv por año empleando el mayor valor medido.

Medición de tritio en aguas:

Se recibieron un total de sesenta y tres muestras de aguas. Para realizar los análisis se emplearon las técnicas Tritio-02 (Determinación de tritio en agua por centelleo líquido) y Tritio-01 (Determinación de tritio en agua: Electrólisis alcalina) del Manual de Técnicas de Laboratorio [11].

Por el método de medición directa se analizaron 53 muestras y las 10 restantes por método de enriquecimiento por electrólisis alcalina. Ambos métodos de medición son equivalentes variando entre ellos el límite de detección.

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tablas 9 y 10.

Tabla 9: Concentración de Actividad de Tritio en Aguas (Medición Directa) (Bq/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
52	541-376	12-03-04	16-03-04	< 5,0
53	541-334	12-03-04	16-03-04	< 5,0
54	541-302	12-03-04	16-03-04	< 5,0
55	541-285	12-03-04	16-03-04	< 5,0
56	541-272	12-03-04	16-03-04	< 5,0
57	541-237	12-03-04	16-03-04	< 5,0
58	541-215	12-03-04	16-03-04	< 5,0
59	541-189	12-03-04	16-03-04	< 5,0
60	541-124	12-03-04	16-03-04	< 5,0
61	541-019	12-03-04	16-03-04	< 5,0
82	541-383	15-03-04	23-03-04	< 5,4
83	541-417	15-03-04	23-03-04	< 5,4
84	541-433	15-03-04	23-03-04	< 5,4
85	541-548	15-03-04	23-03-04	< 5,4
86	541-565	15-03-04	23-03-04	< 5,4
87	541-580	15-03-04	23-03-04	< 5,4
93	541-157	16-03-04	23-03-04	< 3,7
94	541-412	16-03-04	23-03-04	< 3,7
95	541-549	16-03-04	23-03-04	< 3,7
96	541-597	16-03-04	23-03-04	< 3,7
97	541-636	16-03-04	23-03-04	< 3,7
111	541-167	17-03-04	19-03-04	< 3,9
112	541-227	17-03-04	19-03-04	< 3,9
113	541-396	17-03-04	19-03-04	< 3,9
114	541-464	17-03-04	19-03-04	< 3,9
115	541-480	17-03-04	19-03-04	< 3,9
130	541-421	18-03-04	23-03-04	< 4,0
131	541-243	18-03-04	23-03-04	< 4,0
132	541-239	18-03-04	23-03-04	< 4,0
133	541-208	18-03-04	23-03-04	< 4,0
134	541-200	18-03-04	23-03-04	< 4,0
148	541-246	22-03-04	23-03-04	< 3,8
149	541-281	22-03-04	23-03-04	< 3,8
150	541-375	22-03-04	23-03-04	< 3,8
151	541-389	22-03-04	23-03-04	< 3,8
170	541-483	23-03-04	24-03-04	< 3,9
171	541-623	23-03-04	24-03-04	< 3,9
172	541-253	23-03-04	24-03-04	< 3,9
173	541-247	23-03-04	24-03-04	< 3,9
174	541-112	23-03-04	24-03-04	< 3,9
210	541-004	25-03-04	26-03-04	< 3,9

211	541-158	25-03-04	26-03-04	< 3,9
212	541-234	25-03-04	26-03-04	< 3,9
213	541-241	25-03-04	26-03-04	< 3,9
214	541-263	25-03-04	26-03-04	< 3,9
224	541-137	26-03-04	29-03-04	< 3,9
225	541-286	26-03-04	29-03-04	< 3,9
226	541-352	26-03-04	29-03-04	< 3,9
227	541-391	26-03-04	29-03-04	< 3,9
228	541-453	26-03-04	29-03-04	< 3,9
229	541-519	26-03-04	29-03-04	< 3,9
230	541-348	14-04-04	20-04-04	< 3,6
231	541-447	14-04-04	20-04-04	< 3,6

Tabla 10: Concentración de Actividad de Tritio en Aguas (Bq/L) (con Electrólisis)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
43	541-058	12-03-04	07-04-04	< 0,16
44	541-315	12-03-04	07-04-04	< 0,16
45	541-529	12-03-04	07-04-04	< 0,16
46	541-592	12-03-04	07-04-04	< 0,16
272	541-479	31-03-04	22-04-04	< 0,16
273	541-300	31-03-04	22-04-04	< 0,16
274	541-289	31-03-04	22-04-04	< 0,16
275	541-282	31-03-04	22-04-04	< 0,16
276	541-186	31-03-04	22-04-04	< 0,16
277	541-024	31-03-04	22-04-04	< 0,16

Los resultados obtenidos fueron menores que el límite de detección correspondiente a cada medición, oscilando entre 3,6 y 5,4 Bq/L para la medición directa y 0,16 Bq/L para la medición con enriquecimiento electrolítico.

Todos los valores medidos se encuentran obviamente por debajo del nivel guía establecido por la OMS (10.000 Bq/L).

Análisis estadístico

No es aplicable.

Interpretación Radiológica

Dados los bajos niveles de tritio en agua determinados, aún suponiendo como concentración real al mayor de los límites de detección (5,4 Bq/l), las dosis implicadas son despreciables (menores que 0,07 μ Sv/año).

Análisis específico de radionucleidos artificiales:

Los radionucleidos comprendidos en este grupo son los emisores beta-gamma (cobalto-60 y cesio-137) y el estroncio-90. La posible presencia de estos radionucleidos se debe a la acción antrópica.

Medición por Espectrometría gamma:

Se recibieron un total de cincuenta muestras de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnica Gamma-01 (Espectrometría gamma) del Manual de Técnicas de Laboratorio. [11].

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 11.

Tabla 11: Medición de Actividad Espectrometría Gamma (Bq/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Cs-137	Co-60
21	541-485	10-03-04	11-03-04	< 0,3	< 0,2
22	541-530	10-03-04	11-03-04	< 0,3	< 0,3
36	541-104	11-03-04	12-03-04	< 0,2	< 0,2
37	541-145	11-03-04	12-03-04	< 0,3	< 0,3
67	541-053	12-03-04	15-03-04	< 0,4	< 0,3
68	541-199	12-03-04	15-03-04	< 0,2	< 0,2
76	541-230	15-03-04	16-03-04	< 0,3	< 0,3
77	541-245	15-03-04	16-03-04	< 0,3	< 0,2
98	541-225	16-03-04	17-03-04	< 0,2	< 0,2
99	541-292	16-03-04	17-03-04	< 0,3	< 0,4
116	541-331	17-03-04	18-03-04	< 0,3	< 0,2
117	541-553	17-03-04	18-03-04	< 0,3	< 0,3
128	541-265	18-03-04	19-03-04	< 0,2	< 0,3
129	541-299	18-03-04	19-03-04	< 0,3	< 0,4
137	541-012	19-03-04	22-03-04	< 0,2	< 0,2
138	541-044	19-03-04	22-03-04	< 0,4	< 0,4
157	541-031	22-03-04	23-03-04	< 0,3	< 0,3
158	541-100	22-03-04	23-03-04	< 0,2	< 0,2
168	541-068	23-03-04	24-03-04	< 0,2	< 0,2
169	541-211	23-03-04	24-03-04	< 0,4	< 0,3
175	541-613	24-03-04	25-03-04	< 0,4	< 0,3
176	541-560	24-03-04	25-03-04	< 0,3	< 0,2
191	541-176	25-03-04	26-03-04	< 0,2	< 0,2
192	541-501	25-03-04	26-03-04	< 0,3	< 0,4
230	541-556	26-03-04	29-03-04	< 0,3	< 0,4
231	541-151	26-03-04	29-03-04	< 0,2	< 0,2
251	541-522	29-03-04	30-03-04	< 0,4	< 0,4
252	541-045	29-03-04	30-03-04	< 0,2	< 0,2
261	541-228	30-03-04	31-03-04	< 0,3	< 0,2

262	541-627	30-03-04	31-03-04	< 0,3	< 0,4
278	541-008	31-03-04	01-04-04	< 0,3	< 0,2
279	541-148	31-03-04	01-04-04	< 0,4	< 0,3
310	541-410	01-04-04	02-04-04	< 0,2	< 0,2
311	541-527	01-04-04	02-04-04	< 0,3	< 0,3
322	541-091	06-04-04	07-04-04	< 0,2	< 0,2
323	541-213	06-04-04	07-04-04	< 0,3	< 0,3
336	541-474	07-04-04	12-04-04	< 0,4	< 0,3
337	541-387	07-04-04	12-04-04	< 0,2	< 0,2
338	541-321	12-04-04	13-04-04	< 0,2	< 0,2
339	541-328	12-04-04	13-04-04	< 0,2	< 0,4
357	541-445	13-04-04	14-04-04	< 0,2	< 0,3
358	541-575	13-04-04	14-04-04	< 0,3	< 0,3
373	541-162	14-04-04	15-04-04	< 0,2	< 0,2
374	541-632	14-04-04	15-04-04	< 0,3	< 0,4
392	541-528	15-04-04	19-04-04	< 0,2	< 0,3
393	541-467	15-04-04	19-04-04	< 0,3	< 0,2
394	541-536	16-04-04	19-04-04	< 0,2	< 0,2
395	541-541	16-04-04	19-04-04	< 0,4	< 0,4
396	541-347	19-04-04	20-04-04	< 0,2	< 0,2
397	541-370	19-04-04	20-04-04	< 0,4	< 0,2

Los radionucleidos emisores beta-gamma, solicitados por el juzgado para su medición fueron cobalto-60 y cesio-137. Para ambos radionucleidos, los resultados obtenidos fueron menores que el límite de detección correspondiente a cada medición, los cuales oscilaron entre 0,2 y 0,4 Bq/L.

Todos los valores medidos se encuentran claramente por debajo del nivel guía establecido por la OMS.

Análisis estadístico

No es aplicable.

Interpretación Radiológica

Realizando una evaluación extremadamente conservativa, las concentraciones máximas de cobalto-60 y de cesio-137 no son superiores a 0,4 Bq/l. Esto lleva a una dosis anual no superior a 1 μ Sv, empleando un factor dosimétrico de $2,4 \times 10^{-3}$ μ Sv/Bq [20] para Co-60 y a una dosis anual no superior a 2,8 μ Sv, empleando un factor dosimétrico de $1,3 \times 10^{-2}$ μ Sv/Bq [20] para Cs-137, adoptando las mismas hipótesis que en los casos precedentes.

Estos valores representan no más del 0,04 % (Co-60) y del 0,16 % (Cs-137) de la dosis media anual recibida por la población mundial debida a fuentes naturales de radiación (2,4 mSv/año).

Medición de Sr-90 en aguas:

Se recibieron un total de cuarenta y nueve de aguas. Para realizar los análisis se empleó la técnicas Sr-01 (Determinación de Sr-90 en aguas ambientales) del Manual de Técnicas de Laboratorio. [11].

Los resultados obtenidos, con su error estimado, se presentan en la tabla 12

Tabla 12: Concentración de Actividad de Sr-90 en Aguas (Bq/L)

Muestra N°	Código N°	Fecha Entrada	Fecha Informe	Resultado
215	541-110	25-03-04	16-04-04	< 0,009
216	541-369	25-03-04	16-04-04	< 0,010
217	541-618	25-03-04	16-04-04	< 0,011
218	541-628	25-03-04	16-04-04	< 0,011
219	541-581	25-03-04	16-04-04	< 0,010
246	541-117	29-03-04	16-04-04	0,010±0,004
247	541-198	29-03-04	16-04-04	< 0,010
248	541-379	29-03-04	16-04-04	< 0,012
249	541-460	29-03-04	16-04-04	< 0,010
250	541-484	29-03-04	16-04-04	< 0,012
305	541-128	01-04-04	16-04-04	< 0,010
306	541-153	01-04-04	16-04-04	< 0,011
307	541-164	01-04-04	16-04-04	< 0,010
308	541-235	01-04-04	16-04-04	< 0,010
309	541-598	01-04-04	16-04-04	< 0,012
340	541-588	12-04-04	20-04-04	< 0,011
341	541-423	12-04-04	20-04-04	< 0,010
342	541-418	12-04-04	20-04-04	< 0,010
343	541-048	12-04-04	20-04-04	< 0,010
344	541-036	12-04-04	20-04-04	< 0,010
387	541-054	15-04-04	27-04-04	< 0,009
388	541-125	15-04-04	27-04-04	< 0,010
389	541-174	15-04-04	27-04-04	< 0,009
390	541-305	15-04-04	27-04-04	< 0,011
391	541-649	15-04-04	27-04-04	< 0,010
398	541-014	19-04-04	28-04-04	< 0,010
399	541-135	19-04-04	28-04-04	< 0,010
400	541-220	19-04-04	28-04-04	< 0,011
401	541-250	19-04-04	28-04-04	< 0,011
402	541-434	19-04-04	28-04-04	< 0,012
415	541-411	22-04-04	30-04-04	< 0,009
416	541-415	22-04-04	30-04-04	< 0,009
417	541-455	22-04-04	30-04-04	< 0,011
418	541-582	22-04-04	30-04-04	< 0,010
419	541-610	22-04-04	30-04-04	< 0,010
420	541-010	27-04-04	04-05-04	< 0,009

421	541-067	27-04-04	04-05-04	< 0,010
422	541-178	27-04-04	04-05-04	< 0,009
423	541-312	27-04-04	04-05-04	< 0,010
424	541-521	27-04-04	04-05-04	< 0,010
430	541-013	29-04-04	07-05-04	< 0,010
431	541-168	29-04-04	07-05-04	< 0,010
432	541-217	29-04-04	07-05-04	< 0,009
433	541-224	29-04-04	07-05-04	< 0,010
434	541-327	29-04-04	07-05-04	< 0,011
435	541-381	03-05-04	11-05-04	< 0,010
436	541-401	03-05-04	11-05-04	< 0,010
437	541-591	03-05-04	11-05-04	< 0,013
438	541-554	03-05-04	11-05-04	< 0,010

De las 49 muestras analizadas, 48 muestras se encuentran por debajo del límite de detección correspondiente a cada medición, el cual oscila entre 0,009 y 0,013 Bq/L.

El único resultado por encima del límite de detección reportó un valor de 0,010 Bq/L.

Todos los valores medidos se encuentran claramente por del nivel guía establecido por la OMS.

Análisis estadístico

No es aplicable.

Interpretación Radiológica

Desde luego, no pueden sacarse conclusiones dosimétricas basándose en un solo dato cuantificable sobre un total de 49. En tal sentido, la concentración de Sr-90 en agua no es superior a 0,01 Bq/l, lo cual implica una dosis anual no superior a 0,2 μ Sv, empleando un factor dosimétrico de 0,028 μ Sv/Bq [20] y las mismas hipótesis que en el caso de radio-226. Este valor representa no más del 0,008 % de la dosis media anual recibida por la población mundial debida a fuentes naturales de radiación, siendo totalmente despreciable.

CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones realizadas por indicación del Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional N° 1 de Lomas de Zamora, en el marco de la Causa 5452, considerando tanto los radioisótopos como la actividad detectada, son compatibles con niveles de material radiactivo presentes naturalmente en el medio ambiente.

La dosis efectiva comprometida debido a la ingestión de los radioisótopos encontrados en el agua medida, sobredimensionada, resulta menor que 0,06 mSv/a, sin incluir radòn-222. Este valor fue obtenido a partir de las siguientes hipótesis: a) para las determinaciones de los radionucleidos cuyos valores se encontraron todos por debajo del límite de detección se consideró a éste como valor de concentración promedio anual, b) en aquellos casos en que más de una de las determinaciones resultó superior al límite de detección se consideró el valor

máximo como el promedio anual, c) se considera una ingesta de 2 litros por día del agua de la muestra considerada y d) se utilizan los factores dosimétricos del ICRP 72.

El valor estimado para la dosis total para los radionucleidos medidos, es inferior al valor a 0,1 mSv/año sugerido por la OMS. Esta dosis representa no más del 2,6% de la dosis media anual a la población mundial debida a fuentes naturales de radiación, estimada en 2,4 mSv/año.

Respecto al Radón se debe remarcar, que la OMS, lo excluye de la restricción de dosis y recomienda un valor derivado de 100 Bq/L. De las muestras analizadas, el mayor valor de concentración medido fue de 18 Bq/L, si se toma el valor corregido por decaimiento por el perito. Dicho valor de concentración se encuentra alejado del valor derivado recomendado. Si a título informativo calculamos la dosis correspondiente a esa muestra, la misma resulta ser de 0,04mSv/año, utilizando la anteriormente mencionada hipótesis c).

Asimismo, se debe verificar el cumplimiento de la relación sugerida por la OMS en la cual, la sumatoria de la concentración de todos los radionucleidos medidos dividido la concentración de los radionucleidos guía debe ser menor o igual que uno excluyendo el radón-222, el que se considera de forma individual. Dicha relación resultó ser igual a 0,199, excluyendo radón-222.

Según lo anteriormente expresado, “al cumplirse ambas condiciones, se concluye que todas las muestras de agua analizadas son aptas para consumo humano, desde el punto de vista radiológico.

REFERENCIAS

- [1].- Tritium in the environment. NCRP (National Council on Radiation and Protection and Measurements) Report No. 62 . 1979.
- [2].- World Health Organization - Guidelines for drinking water quality, 3th edition, 2004,
- [3].- International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to member of the public from intake of radionuclides: Part 5 Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients. ICRP Publication 72, Pergamon Press, Oxford UK.
- [4].- Lappenbusch W., Richard Cothorn C., “Regulatory Development of the Interim and Revised Regulations for Radioactivity in Drinking Water – Past and Present issues and Problems, Health Physics Vol 48, no. 5 (May), pag. 535-551, 1985.
- [5].- Real Decreto 1138/1990, 14 de septiembre: Reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público de España
- [6].- Directiva 98/83 del Consejo de Seguridad Nuclear, 3 de noviembre de 1998: calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- [7].- www.defra.gov.uk/environmet/radioactivity/research/complete/remrad/01.htm
- [8].- “Nuclear Science and Technology - Environmental Radioactivity in the European Community”
- [9].- Sources effects and risks on ionizing radiation United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly United Nations, New York.
- [10].- Bomben, AM; Palacios, MA; “Uranio natural y Ra-226 en aguas potables y minerales embotelladas de Argentina”. 5º Regional Congress on Radiation Protection and Safety, Recife, Brasil, 2001.
- [11].- Manual de Técnicas de Laboratorio ARN. Julio 2002.

- [12].- Schubert, J.; Brodsky, A., “The log-normal function as a stochastic model of the distribution of strontium-90 and other fission products in humans”. Health Physics, vol. 13, pag. 1187-1204, 1967.
- [13].- Samsone, U.; Barbitzzi, S.; Belli, M.; Gaudino, S.; Jia, G.; Rosamilla, S.; Stellato, L., “Uranio impovitro: l’evidenza nelle misure. COSA C’E DIETRO L’ANGOLO, No. 02, pag. 172-176, 2001
- [14].- Diario Oficial de las Comunidades Europeas: Recomendación de la Comisión Relativa a la Protección de la Población contra la Exposición al radón en el Agua Potable. C2001 4580. 928 EURATOM, 2001
- [15].- Environmental Protection Agency. EPA 40 CFR, Parts. 141 and 142; Fed. Register 56 (1): 33050-33127; 1991.
- [16].- Matthew Barnet, J.; Holbert, Keith E.; Stewart, Barry D. and Hood, Wayne K. “Lung Dose Estimated from ^{222}Rn in Arizona Groundwater Based on Liquid Scintillation Measurements”. Health Phys. 68(5); 699-703; 1995.
- [17].- Risk assessment of radon in drinking water. Committee on risk assessment of exposures to radon in drinking water, board on radiation effects research, commission of life sciences, NRC (National Research Council). National Academic Press, Washington DC, 1999.
- [18] SIEGEL E., Estadística no paramétrica, Segunda edición, Editorial Trillas, México (1979).
- [19] FEDERAL-PROVINCIAL-TERRITORIAL COMMITTEE ON DRINKING WATER, Guidelines for Canadian drinking water quality: supporting documentation - uranium, Ottawa: Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water (2001). Disponible en: www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/water/dwgsup.htm (visitado 05-07-04).
- [20] BETCHER, R.N., GASCOYNE, M. AND BROWN, D., Uranium in groundwaters of southeastern Manitoba, Canada. Can. J. Earth Sci., 25: 2089–2103 (1988) (Citado en 12).
- [21] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 570/9-81-001, EPA Report by Health and Environmental Program, Information Center Complex, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, (1981) (Citado en [8]).
- [22] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment Safety report series No. 19, IAEA, Vienna (2001).

**MONITOREO AMBIENTAL
REALIZADO POR LA ARN**

ANEXO 2

Anexo II

MONITOREO AMBIENTAL REALIZADO POR LA ARN

MONITOREO AMBIENTAL REALIZADO POR LA ARN

La Ley 24.804 asigna a la Autoridad Regulatoria Nuclear un amplio conjunto de facultades y funciones. Entre las más importantes cabe destacar:

“Evaluar el impacto ambiental de toda actividad que licencie entendiéndose por tal a aquellas actividades de monitoreo, estudio y seguimiento de la incidencia, evolución o posibilidad de daño ambiental que pueda provenir de la actividad nuclear licenciada.”

En este sentido, el monitoreo ambiental en los alrededores de las instalaciones radiactivas y nucleares tiene como objetivo primordial la verificación del cumplimiento de las Normas Básicas de Seguridad y de los requerimientos realizados por la Autoridad Regulatoria Nuclear, respecto a la exposición de la población durante la operación de las mismas.

La normativa de la ARN establece restricciones de dosis para el público, que resultan totalmente compatibles con las recomendaciones internacionales, y que recoge la extensa experiencia de nuestro país en materia de protección radiológica.

Los objetivos primarios del monitoreo ambiental son la determinación de la exposición del público para asegurar que no se exceden las restricciones de dosis aceptables y la obtención de información para evidenciar que los controles para la liberación de material radiactivo al ambiente son adecuados. Además, dicho monitoreo cumple con la doble función de verificar la correlación entre las descargas y los niveles ambientales resultantes, así como también determinar la posible detección de tendencias a largo plazo resultantes de la operación de las instalaciones. Un adecuado programa de monitoreo ambiental en conjunto con el monitoreo de las descargas provee información para mejorar los conocimientos sobre el comportamiento de los efluentes y la dispersión de material radiactivo en diferentes sectores del medio ambiente.

La ARN lleva a cabo un programa de monitoreo ambiental en los alrededores del CAE, que abarca la mayor parte de los compartimentos del modelo ambiental, utilizando los criterios que a continuación se mencionan para establecer los puntos de muestreo, frecuencia de muestreo y selección de radionucleidos adecuados. **Las técnicas de análisis y de medición empleadas son acordes con la detección de muy pequeñas cantidades de los distintos radionucleidos y el sistema permite determinar la magnitud de toda radiactividad que supere el nivel natural.**

Para seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo, se deben identificar las mayores fuentes de exposición y los materiales que pueden ser más útiles para el muestreo de acuerdo a las siguientes pautas:

Programa de muestreo

El programa se diseña contemplando los siguientes aspectos:

1. **Las razones para tomar las muestras**, donde los objetivos quedan claramente explicitados y con respuestas claras y concisas de la cuestión a resolver.

El propósito del muestreo es obtener especímenes que representen la población que está siendo estudiada, y que van a proveer la información respecto a los niveles ambientales

presentes y a partir de los cuales se pueden realizar inferencias respecto a la calidad de las mediciones.

Cuando se liberan materiales radiactivos al ambiente, existen numerosas vías que pueden llevar a la irradiación del público. Los radionucleidos descargados sufren en el ambiente una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que producen su dilución progresiva, siendo sólo algunos de ellos concentradores de los radionucleidos.

Dependiendo del comportamiento de los radionucleidos en el ambiente llegan mediante diferentes vías al hombre. El objetivo final es la determinación de la exposición del público para asegurar que no se exceden las restricciones de dosis autorizadas. También permite verificar la correlación entre las descargas y los niveles ambientales resultantes.

2. ***El tipo de muestras a ser tomadas***, en donde la elección y naturaleza de las muestras depende esencialmente de lo enunciado anteriormente, y del objetivo del monitoreo.

La elección del tipo de muestra a tomar va a depender del o de los radionucleidos a analizar y del comportamiento ambiental del mismo, que no solo está afectado por los factores naturales sino también de las actividades humanas, tales como agricultura, ganadería, provisión de agua y alimentos, industria y otros, como así también de la distribución, características y actividades de la población (hábitos alimenticios, actividades recreativas, etc).

Se toma en cada caso un conjunto de muestras blancos con fines comparativos.

3. ***La localización de los puntos de muestreo***, que fundamentalmente dependen de la naturaleza, y grado de homogeneidad de la muestra.

Para la **selección de los puntos de muestreo** se realiza el análisis detallado de las características ambientales locales: por ejemplo clima, topografía, áreas de drenaje de aguas y tipos de vegetación. Se utilizan distintos tipos de mapas, se estudian las rutas y se define el vehículo a utilizar para el muestreo. Con los datos climatológicos y topográficos se determina la dirección predominante del viento y así se definen las muestras de vegetales y suelos y los puntos de muestreo adecuados al fin propuesto. De la inspección de los mapas del terreno se determinan los drenajes acuáticos y así se determinan los puntos de toma de las muestras hidrológicas más adecuadas (sedimentos, plantas acuáticas y aguas).

4. ***El tamaño y el número de muestras***, se tienen en cuenta diferentes parámetros tales como la homogeneidad de la muestra, el número de muestras repetidas, y las técnicas analíticas disponibles. La cantidad relativa de muestra a ser tomada se evalúa teniendo en cuenta el tipo de muestra de que se trata y el tipo de técnica analítica aplicada a las muestras.

En este punto se realiza un análisis detallado de los puntos de emisión de los efluentes de las instalaciones (chimeneas y caños de descarga de líquidos, etc.).

Se deben tomar una serie de muestras repetidas de un mismo punto con el fin de eliminar las incertezas propias del muestreo.

5. ***La frecuencia y duración del muestreo***, que depende de la homogeneidad de la muestra, los recursos humanos disponibles, y las limitaciones de equipamiento.

6. ***La limpieza del equipamiento de muestreo***, para la recolección de muestras, así como de los distintos recipientes y las áreas de preparación de muestras, para evitar la contaminación. Se utiliza, en todos los casos posibles, materiales descartables.

7. ***Las técnicas de muestreo***, en donde la naturaleza y la homogeneidad de la muestra influirán en la decisión de usar un muestreo al azar o sistemático. Se tiene especial cuidado en

que la muestra sea representativa y acorde a los propósitos específicos de los procedimientos del muestreo, no causando alteraciones en la misma.

8. **Los envases de las muestras**, de tal manera que se eliminen los riesgos de contaminación de los mismos.

Los envases deben ser adecuados para evitar la degradación, especialmente en aquellos casos donde se agregan ácidos a una muestra líquida. La adsorción de radionucleidos debe prevenirse, siendo ésta menor en polietileno que en vidrio (excepto para el tritio). La mayoría de las pérdidas pueden eliminarse con la adición de ácidos (no para el yodo), solución portadora, o con el agregado de agentes complejantes. Se utilizan, en todos los casos posibles, materiales descartables.

9. **El transporte y tiempo de espera**, respecto a la naturaleza del analito, pérdida de material y contaminación cruzada.

Para ciertos radionucleidos se debe evitar cualquier volatilización de componentes químicos y otras pérdidas de los elementos durante el transporte y almacenaje.

10. **La preservación de la muestra almacenada**, cuando la muestra no puede ser analizada inmediatamente.

Luego de la recolección, las muestras se almacenan adecuadamente para evitar la degradación, descomposición y/o la contaminación. De acuerdo a la naturaleza del analito, se tiene especial cuidado en evitar la pérdida de radionucleidos volátiles. Para preservar las muestras biológicas, por cortos períodos de almacenamiento previos al análisis, se utiliza la refrigeración, congelación o la adición de preservantes (como formol para el caso de la leche). Cuando las muestras son almacenadas por largos períodos, inmediatamente después del muestreo se las lleva a formas más adecuadas, ya sea por secado o liofilizado.

11. **La documentación**, con un etiquetado claro y representativo de las muestras colectadas.

La identificación de las muestras se realiza en el mismo lugar donde se recolecta. Se utiliza una planilla o formulario estándar con toda la información relevante (fecha, lugar, tipo de muestra, peso fresco, nombre del operador, etc.).

Las muestras y los resultados obtenidos de cada una de ellas se dan con un código de números que sirven para identificarlos durante las diferentes etapas de análisis, cálculos e informes. Se utiliza un código lo suficientemente distintivo como para identificar cada serie de muestras y datos que pasan a través del laboratorio, manteniendo una adecuada cadena de custodia de las muestras.

Comparaciones entre laboratorios

Los laboratorios de la ARN participan periódicamente en comparaciones de técnicas y mediciones analíticas a nivel nacional e internacional a fines de garantizar la calidad de sus determinaciones.

Desde 1995 se participa en el Programa de evaluación de Calidad (Quality Assessment Program – QAP) organizado por el Laboratorio de Mediciones Ambientales (Environmental Measurements Laboratory – EML) de los EEUU. En este programa se llevan a cabo mediciones de nivel ambiental de emisores alfa, beta y gamma en cuatro matrices, agua, suelo, vegetales y filtros. (- *Resultados de cada ejercicio ha sido publicado en:*

- *Resultados de la Participación de la ARN en el Programa de garantía de Calidad del EML-DOE Período 1995-1999*; ARN PI-2-00.

-*“Resultados de la Participación de la ARN en el Programa de garantía de Calidad del EML-DOE”, ARN PI-1-02.*

-*“Results of ARN Participation in the Quality Assessment Program of the EML-DOE during Period 2000-2001” ARN PI-3/03).*

- *“Resultados de la Participación de la ARN en el Programa de garantía de Calidad del EML-DOE Periodo 2002-2004” .*

La ARN participa en intercomparaciones organizadas por diversos gobiernos, institutos y fundaciones. Se participa en ejercicios de intercomparación de técnicas para la detección de la concentración de gas radón en aire a través del método de Lucas, de Electrets y de carbón activado con posterior medición por centelleo líquido con los siguientes laboratorios: el Environmental Measurement Laboratory EML, el Browser Morning, laboratorio asociado con el Environmental Measurement Laboratory EML, y National Radiological Protection Board (NRPB). Se adjuntan los informes correspondientes a estos ejercicios de intercomparación. Por otro lado, se realizaron intercomparaciones con el Bundesamt für Strahlenschutz BfS (Alemania) para la detección de uranio y torio en orina, etc. Además, se participa en el *“EML GAMMA SPECTROMETRY DATA EVALUATION PROGRAM”*.

Ensayo de desempeño y manejo de datos

El registro, la evaluación, la revisión, y el reporte de los datos analíticos y resultados es un importante aspecto del control de calidad.

La calidad de los datos reportados depende no sólo del cuidado con el cual se realiza la toma de muestras y el análisis. Un aspecto clave es mantener registros que documenten cada paso del proceso que conduce al informe del dato final.

Se utilizan sistemas de registros, reducción y almacenamiento electrónico de datos. A pesar de ello, el desempeño del sistema se verifica regularmente, para asegurar su correcto funcionamiento. Para ello se usan patrones conocidos, que ya han sido medidos y calculados.

Registro de datos:

Una medición es útil si es representativa de la matriz ambiental o de un parámetro bajo estudio. Las notas tomadas durante las mediciones de campo o los muestreos, durante la preparación de las muestras y el análisis, sirven como base para juzgar la calidad de la evaluación, indicando si surgió algún problema durante el procedimiento analítico que haya podido afectar en forma adversa su resultado.

Reporte

Los registros de laboratorio se vuelcan en publicaciones internas tal como sigue:

- descripción de las muestras
- condiciones instrumentales de los equipos de medición
- calibraciones
- procedimientos experimentales

En el proceso reportado se proporciona suficiente información para respaldar la reivindicación hecha de los resultados y una estimación de la incerteza. Además cuando es posible, los registros de cada análisis contienen suficiente información para permitir repeticiones

satisfactorias del análisis. La incerteza incluirá estimaciones de todas las fuentes de error involucradas.

La información a ser presentada puede incluir cuando corresponda, además de las incertezas, varios ensayos estadísticos e indicadores de sensibilidad analítica como, el menor límite de detección (LLD), el límite de detección instrumental (IDL), el límite de detección del método (MDL), el límite de detección (LOD).

Cuando se presentan los datos, es importante informar sólo el número apropiado de cifras significativas.

Una declaración de incerteza asigna un límite creíble al valor reportado, indicando cuán extensa puede ser la diferencia con el valor verdadero. La incerteza de un valor medido puede ser definida por un intervalo de confianza de los errores aleatoriamente determinados estadísticamente y por una estimación de los saltos de errores sistemáticos; estos deben ser tratados separadamente. Cuando es apropiado, se combinan en un rango simple para describir la incerteza total, indicando el método utilizado.

Los errores sistemáticos que puedan ser determinados por cálculo o por experimentación deben ser eliminados por una corrección apropiada. La estimación de la magnitud de un error sistemático puede requerir juicio científico de parte del experimentador. Todas las fuentes significativas de error deben ser identificadas e informadas.

Medición y evaluación del Muestreo de Agua potable en el CAE y sus alrededores:

En la figura se muestra la ubicación de los puntos de agua potable que se muestrean con fines del control ambiental del Centro Atómico Ezeiza (CAE).

Las muestras de agua potable se recolectan mensualmente y se miden en pools trimestrales, que se concentran para disminuir el límite de detección de los radionucleidos buscados. Sobre estas muestras se realiza la determinación de los niveles de concentración de Cs-137, Co-60 y Sr-90. La determinación de los dos primeros radionucleidos se llevan a cabo mediante la utilización de la espectrometría gamma [Gamma-01 Espectrometría Gamma del Manual de Técnicas de Laboratorio ARN], utilizando detectores de germanio hiperpuro de alta eficiencia, y el restante por medición del efecto Cerenkov [Sr-01 Determinación de Sr-90 en aguas ambientales del Manual de Técnicas de Laboratorio ARN].

Las muestras de agua potable destinadas a la determinación de la concentración de H-3 se miden mensualmente y se informan trimestralmente. Se utiliza la técnica de medición directa por centelleo líquido [³H-02 Determinación de tritio en agua por centelleo líquido del Manual de Técnicas de Laboratorio ARN].

La determinación de la concentración de uranio total en muestras de aguas se realiza mediante la utilización de la técnica de fluorimetría [U-01 Determinación de uranio en agua por fluorimetría directa del Manual de Técnicas de Laboratorio ARN].

A continuación se presentan las tablas, para agua potable del CAE y de sus alrededores, con los resultados de concentración obtenidos entre los años 2000-2004 para los radionucleidos Cs-137, Co-60, Sr-90 y H-3; y las concentraciones de uranio total correspondientes a los años 1998, 2000 y 2002.

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l) Año 2004						
período	4° trimestre - 03			1° trimestre - 04		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<2,7 E-3	<1,0 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	<2,3 E-3	<4,0 E-4
AP2	<4,5 E-3	<3,7 E-3	<6,0 E-4	<2,3 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4
AP3	<3,0 E-4	<2,0 E-3	<6,0 E-4	<2,3 E-3	<1,7 E-3	<4,0 E-4
AP4	<2,7 E-3	<2,3 E-3	<6,0 E-4	<2,0 E-3	<2,0 E-3	<5,0 E-4
período	2° trimestre - 04			3° trimestre - 04		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<4,7 E-3	<5,0 E-3	<5,0 E-4	<4,7 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4
AP2	<3,0 E-3	<2,5 E-3	<5,0 E-4	<4,7 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4
AP3	<2,0 E-3	<3,3 E-4	<5,0 E-4	<2,3 E-3	<2,0 E-3	<6,0 E-4
AP4	<4,7 E-3	<4,7 E-3	<5,0 E-4	<5,0 E-3	<5,0 E-3	<6,0 E-4

Concentración de tritio en agua potables del CAE y sus alrededores (Bq/l)				Año 2004
Punto de muestreo	4º trimestre 2003	1º trimestre 2004	2º trimestre 2004	3º trimestre 2004
AP1 (guardería)	< 1,6	< 1,6	<1,6	<3,9
AP2 (RA3)	< 1,6	< 1,6	<1,6	<3,9
AP3 (LPR)	< 1,6	< 1,6	<1,6	<3,9
AP4 (Plantas Químicas)	< 1,6	< 1,6	<1,6	<3,9
AP5 (Tosquera)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1
AP6 (Club Fuerza Aérea)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1
AP7 (Club Aerodelismo)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1
AP8 (Club UPCN)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1
AP9 (Barrio SEC)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1
AP10 (Cantina Don Pepe)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1
AP11 (Club Empleados de Comercio)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<3,7
AP12 (Tambo-Estancia)	< 1,6	< 1,6	<4,0	---
AP13 (Tambo)	< 1,6	< 1,6	<4,0	---
AP14 (Caballeriza)	< 1,6	< 1,6	<4,0	<4,1

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l) Año 2003						
período	4º trimestre - 02			1º trimestre - 03		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<1,2 E-3	<7,0 E-3	<4,0 E-4	<1,2 E-3	<1,0 E-3	<3,0 E-4
AP2	<1,2 E-3	<8,0 E-3	<4,0 E-4	<2,2 E-3	<2,5 E-3	<3,0 E-4
AP3	<7,0 E-4	<1,0 E-3	4,0 E-4	<1,2 E-3	<1,0 E-3	3,0 E-4
AP4	<1,3 E-3	<1,3 E-3	<3,0 E-4	<1,2 E-3	<7,0 E-4	<3,0 E-4
período	2º trimestre - 03			3º trimestre - 03		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<1,2 E-3	<1,0 E-3	<4,0 E-4	<2,3 E-3	<1,0 E-3	<7,0 E-4
AP2	<1,6 E-3	<1,4 E-3	<4,0 E-4	<2,7 E-3	<3,0 E-3	<6,0 E-4
AP3	<3,2 E-3	<2,6 E-4	<4,0 E-4	<5,3 E-3	<5,7 E-3	4
AP4	<1,8 E-3	<1,0 E-3	<4,0 E-4	<1,0 E-3	<1,0 E-3	<6,0 E-4

Concentración de tritio en agua potables del CAE y sus alrededores (Bq/l)				Año 2003
Punto de muestreo	4º trimestre 2002	1º trimestre 2003	2º trimestre 2003	3º trimestre 2003
AP1 (guardería)	< 4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP2 (RA3)	< 4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP3 (LPR)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP4 (Plantas Químicas)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP5 (Tosquera)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP6 (Club Fuerza Aérea)	< 4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP7 (Club Aerodelismo)	< 4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP8 (Club UPCN)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP9 (Barrio SEC)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP10 (Cantina Don Pepe)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP11 (Club Empleados de Comercio)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP12 (Tambo-Estancia)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1
AP13 (Tambo)	<4,0	<2,0	<1,9	<2,1

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l) Año 2002						
período	4º trimestre – 01			1º trimestre - 02		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<1,0 E-3	<8,0 E-4	<2,0 E-4	<1,3 E-3	<1,0 E-3	<2,0 E-4
AP2	<1,0 E-3	<1,0 E-3	<2,0 E-4	<1,2 E-3	<1,3 E-3	<2,0 E-4
AP3	<1,0 E-3	<1,2 E-3	4,0 E-4	<2,2 E-3	<2,2 E-3	3,0 E-4
AP4	<2,3 E-3	<1,5 E-3	<2,0 E-4	<1,3 E-3	<1,2 E-3	<2,0 E-4
período	2º trimestre – 02			3º trimestre - 02		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<1,0E-3	<1,0 E-3	<2,0 E-4	<8,0 E-4	<1,0 E-3	<2,0 E-4
AP2	<1,2E-3	<1,2 E-3	<2,0 E-4	<1,0 E-3	<7,0 E-4	< 3,0 E-4
AP3	<1,7 E-3	<8,0 E-4	2,0 E-4	<1,5 E-3	<8,0 E-4	<2,0 E-4
AP4	<1,0E-3	<1,0 E-3	<2,0 E-4	<2,3 E-3	<2,0 E-3	<3,0 E-4

Concentración de tritio en agua potables del CAE y sus alrededores (Bq/l)				Año 2002
Punto de muestreo	4º trimestre 2001	1º trimestre - 2002	2º trimestre 2002	3º trimestre 2002
AP1 (guardería)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,9
AP2 (RA3)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,9
AP3 (LPR)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,9
AP4 (Plantas Químicas)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,9
AP5 (Tosquera)	< 4,4	< 4,0	---	< 3,8
AP6 (Club Fuerza Aérea)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP7 (Club Aerodelismo)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP8 (Club UPCN)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP9 (Barrio SEC)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP10 (Cantina Don Pepe)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP11 (Club Empleados de Comercio)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP12 (Tambo-Estancia)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8
AP13 (Tambo)	< 4,4	< 4,0	< 4,2	< 3,8

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l) Año 2001						
período	4º trimestre - 00			1º trimestre - 01		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	< 1,3 E-3	< 1,2 E-3	4,0 E-4	< 6,0 E-3	< 6,0 E-3	1,0 E-3
AP2	< 2,3 E-3	< 1,7 E-3	< 1,0 E-4	< 4,0 E-3	< 5,0 E-3	1,2 E-3
AP3	< 2,3 E-3	< 1,7 E-3	3,0 E-4	< 4,0 E-3	< 4,0 E-3	1,8 E-3
AP4	< 1,3 E-3	< 1,2 E-3	2,0 E-4	< 4,0 E-3	< 4,0 E-3	1,0 E-3
período	2º trimestre - 01			3º trimestre - 01		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	< 1,0 E-3	< 1,0 E-3	1,0 E-4	< 2,0 E-3	< 2,3 E-3	3,0 E-4
AP2	< 1,0 E-3	< 1,0 E-3	2,0 E-4	< 8,0 E-4	< 1,3 E-3	3,0 E-4
AP3	< 2,3 E-3	< 2,2 E-3	< 2,0 E-4	< 2,3 E-3	< 1,3 E-3	----
AP4	< 1,0 E-3	< 7,0 E-4	1,0 E-4	< 1,2 E-3	< 1,0 E-3	----

Concentración de tritio en agua potables del CAE y sus alrededores (Bq/l)				Año 2001
Punto de muestreo	4º trimestre 2000	1º trimestre - 2001	2º trimestre 2001	3º trimestre 2001
AP1 (guardería)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP2 (RA3)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP3 (LPR)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP4 (Plantas Químicas)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP5 (Tosquera)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP6 (Club Fuerza Aérea)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP7 (Club Aerodelismo)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP8 (Club UPCN)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP9 (Barrio SEC)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP10 (Cantina Don Pepe)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
AP11 (Club Empleados de Comercio)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

Concentración de actividad en agua potable del CAE (Bq/l) Año 2000						
período	4º trimestre - 99			1º trimestre - 00		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<1,7 E-3	<1,7 E-3	3,0 E-4	<1,3 E-3	<1,3 E-3	<2 E-4
AP2	<1,5 E-3	<1,7 E-3	4,0 E-4	<1,2 E-3	<8,3 E-4	<2 E-4
AP3	<1,0 E-3	<1,2 E-4	<3,0 E-4	<6,7 E-4	<8,3 E-4	<2 E-4
AP4	<1,0 E-3	<1,2 E-3	4,0 E-4	<1,2 E-3	<8,3 E-4	2 E-4
período	2º trimestre - 00			3º trimestre - 00		
especie	Cesio 137	cobalto 60	estroncio 90	cesio 137	cobalto 60	estroncio 90
AP1	<2,2 E-3	<2,2 E-3	9,0 E-4	<1,3 E-3	<1 E-3	<5,0 E-4
AP2	<1,3 E-3	<1,3 E-3	1,4 E-3	<2,3 E-3	<2,7 E-3	----
AP3	<1,0 E-3	<1,0 E-3	2,0 E-4	<1,3 E-3	<1,3 E-3	<2,0 E-4
AP4	<2,3 E-3	<2,2 E-3	<2,0 E-4	<1,5 E-3	<1,5 E-3	<2,0 E-4

Concentración de tritio en agua potables del CAE y sus alrededores (Bq/l)		Año 2001
Punto de muestreo	3º trimestre 2001	
AP1 (guardería)	< 3,3	
AP2 (RA3)	< 3,3	
AP3 (LPR)	< 3,3	
AP4 (Plantas Químicas)	< 3,3	
AP5 (Tosquera)	< 3,3	
AP6 (Club Fuerza Aérea)	< 3,3	
AP7 (Club Aerodelismo)	< 3,3	
AP8 (Club UPCN)	< 3,3	
AP9 (Barrio SEC)	< 3,3	
AP10 (Cantina Don Pepe)	< 3,3	
AP11 (Club Empleados de Comercio)	< 3,3	

A continuación se presentan las determinaciones de uranio total por fluorimetría en los años 2002, 2000 y 1998.

Concentración de uranio total en agua potable del CAE y sus alrededores ($\mu\text{g/litro}$) - Año 2002	
AP 1 (guardería)	$7,6 \pm 0,5$
AP2 (RA3)	$5,9 \pm 0,4$
AP3 (LPR)	$15,0 \pm 0,8$
AP4 (Plantas Químicas)	13 ± 1
AP5 (Tosquera)	$0,7 \pm 0,1$
AP6 (Club Fuerza Aérea)	$5,3 \pm 0,6$
AP7 (Club Aerodelismo)	$4,7 \pm 0,8$
AP8 (Club UPCN)	$4,0 \pm 0,3$
AP9 (Barrio SEC)	$5,1 \pm 0,8$
AP10 (Cantina Don Pepe)	10 ± 1
AP11 (Club Empleados de Comercio)	21 ± 1

Concentración de uranio total en agua potable del CAE ($\mu\text{g/litro}$) - Año 2000	
AP 1 (guardería)	14 ± 2
AP2 (RA3)	12 ± 2
AP3 (LPR)	22 ± 3
AP4 (Plantas Químicas)	10 ± 3

Concentración de uranio total en agua potable del CAE y sus alrededores ($\mu\text{g/litro}$) - Año 1998	
AREA GESTIÓN EZEIZA (AGE)	$5,1 \pm 0,2$
BIOTERIO	$6,3 \pm 0,7$
REACTOR – RA3	$3,7 \pm 0,3$
EDIFICIO ADMINISTRACIÓN	$3,8 \pm 0,2$
EDIFICIO INSTRUMENTACIÓN	$5,5 \pm 0,4$
EDIFICIO APLICACIONES	$3,4 \pm 0,2$
EDIFICIO FUENTES INTENSAS	$4,8 \pm 0,5$
EDIFICIO ARN ANEXO	$5,2 \pm 0,4$
EDIFICIO PTAS. QUIMICAS	$6,7 \pm 0,8$
EDIFICIO ARN	$4,1 \pm 0,3$
CIUDAD EZEIZA (Flia. Juan Gómez)	$3,9 \pm 0,8$

En las siguientes tablas se presenta una evaluación dosimétrica de los resultados presentados en las tablas anteriores. Cabe señalar, que este valor fue obtenido a partir de las siguientes hipótesis:

- para las determinaciones de los radionucleidos cuyos valores se encontraron todos por debajo del límite de detección se considera a éste como valor de concentración promedio anual,
- en aquellos casos en que más de una de las determinaciones resultó superior al límite de detección se consideró el valor máximo como el promedio anual,
- se considera una ingesta de 2 litros por día del agua de la muestra considerada y
- se utilizan los factores disimétricos, para adultos, recomendados por la Publicación N° 72 del ICRP.

Por ende, el valor obtenido es el valor máximo de dosis efectiva comprometida. Siguiendo la misma línea de razonamiento, en el caso de la evaluación de dosis a partir de la concentración del uranio natural en agua se consideró, en cada período, el valor máximo como la concentración promedio anual.

Estimación de dosis efectiva comprometida (mSv/a)				
Año	Cs-137	Co-60	Sr-90	H-3
2000	2,2 E-5	6,7 E-6	2,9 E-5	4,3 E-5
2001	5,7 E-5	1,5 E-5	3,7 E-5	3,9 E-5
2002	2,2 E-5	5,5 E-6	8,2 E-6	5,8 E-5
2003	5,0 E-5	2,0 E-5	1,4 E-5	5,3 E-5
2004	4,7 E-5	1,2 E-5	1,2 E-5	5,4 E-5

Año	Estimación de dosis efectiva comprometida debida al uranio total (mSv/a)
1998	5,7 E-3
2000	1,9 E-2
2002	1,8 E-2

De los resultados aquí presentados se puede concluir que las dosis efectivas comprometidas, determinadas a partir del monitoreo ambiental, cumplen con la normativa regulatoria para exposición del público y con los valores guía recomendados por la OMS.

**CONSIDERACIONES ACERCA
DE LA FALSA PRESENCIA
DE URANIO ENRIQUECIDO Y
EMPOBRECIDO EN MUESTRAS
DE AGUA POTABLE EN
LOS ALREDEDORES DEL
CENTRO ATÓMICO EZEIZA**

**CONSIDERACIONES ACERCA DE LA FALSA
PRESENCIA DE URANIO ENRIQUECIDO Y
EMPOBRECIDO EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN LOS ALREDEDORES DEL CENTRO
ATÓMICO EZEIZA.**

**DISCREPANCIAS CON EL INFORME PERICIAL N° 6
QUE TRAMITA EN EL JUZGADO FEDERAL CRIMINAL Y
CORRECCIONAL N° 1 DE LOMAS DE ZAMORA.**

- ◆ **Uso de la Corrección por Solapamiento Espectrométrico en la Determinación de la Relación Isotópica del Uranio.**
- ◆ **Aplicación de las Incertidumbres Asociadas a las Mediciones.**
- ◆ **Consideración de la Variabilidad Natural de la Relación Isotópica del Uranio.**

Elaborado por: Lic. Eduardo Quintana

Colaboración de:

Ing. Ana Grinman

Sr. Néstor Bonino

Sr. Hugo Equillor

INTRODUCCIÓN

1. INFORME PERICIAL N° 6 “ESTUDIO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EMPLEADA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO ATÓMICO EZEIZA Y SU AREA CIRCUNDANTE”

1.1 Tarea de la ARN asociada al trabajo pericial

1.2 Afirmaciones de la pericia

2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE URANIO Y SUS ISÓTOPOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS REALIZADO POR LA ARN

2.1 Alcance y limitaciones de la técnica de espectrometría alfa utilizada

2.2 Cálculo de la actividad de los isótopos de uranio

2.3 Relación isotópica $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$

2.4 Análisis de las incertidumbres en el cálculo del factor de enriquecimiento

2.5 Análisis de las incertidumbres en el cálculo de la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$

3. CONCLUSIONES

4. REFERENCIAS

ANEXO 1: TABLAS

ANEXO 2: CÁLCULO DEL FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO Y SU INCERTIDUMBRE

INTRODUCCIÓN:

El presente informe tiene como objeto rebatir las infundadas y alarmantes informaciones sobre la existencia de contaminación radiactiva en las aguas subterráneas en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza.

El origen de esta información proviene del hecho que el informe pericial No. 6 del Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional N° 1 de Lomas de Zamora, tomó estado público. Este peritaje se realizó en el marco de una denuncia pública formulada hace varios años por la Asociación contra la Contaminación Ambiental de Esteban Echeverría.

El informe pericial contiene graves errores y falsas conclusiones, que crearon un clima de preocupación pública totalmente infundado.

En este informe se puntualizan las discrepancias observadas en las evaluaciones y conclusiones que se extraen sobre la base de las mediciones realizadas durante dicha pericia.

Se rebate la afirmación hecha por la pericia sobre la manipulación de datos en los Laboratorios de la ARN, demostrando que sus cálculos fueron realizados respetando las reglas del arte y las buenas prácticas de laboratorio. Se explica la naturaleza del solapamiento espectral y el método para su evaluación mediante la introducción de una corrección que permite obtener una cuantificación correcta de la concentración de actividad del isótopo ^{235}U . Se encontrará asimismo un análisis comparativo entre los valores de enriquecimiento calculados en el informe pericial de la causa de acuerdo a la interpretación realizada y los valores calculados de acuerdo a los resultados de la ARN.

Además se realiza un análisis de las incertidumbres asociadas a las mediciones y su influencia en las relaciones isotópicas, que demuestran que los valores de dichas relaciones no se diferencian entre sí, y en consecuencia invalidan las conclusiones del informe pericial sobre la existencia de uranio empobrecido.

1. INFORME PERICIAL N° 6 “ESTUDIO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EMPLEADA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO ATÓMICO EZEIZA Y SU AREA CIRCUNDANTE”

1.1 Tarea de la ARN asociada al trabajo pericial

En dicho informe pericial los valores de concentración de actividad de uranio y sus isótopos en aguas, corresponden a muestras de aguas subterráneas enviadas por el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 de Lomas de Zamora, a cargo del Juez Federal, Dr. Alberto SANTA MARINA, Secretaría N° 1 a su cargo, e informados por los Laboratorios de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN).

La ARN recibió las muestras remitidas bajo el "Programa de Cadena de Custodia de Muestras". Hubo un único plan de muestreo diagramado y realizado por el juzgado en donde la ARN, bajo el control permanente de veedores judiciales, solamente procesó, midió y entregó los resultados de dichas mediciones. En consecuencia, se obtuvo un único conjunto de valores.

1.2 Afirmaciones de la pericia

A continuación se transcriben un conjunto de afirmaciones que figuran en el informe pericial N° 6 a fin de dar marco a las explicaciones técnicas que se brindan en el presente informe.

En el **párrafo 195**:

Sección: 4.2.10 Actividad de Uranio y sus isótopos

*"Un aspecto muy importante es la **falencia en el cálculo de la actividad del isótopo U^{235}** , que afecta al 85% de los resultados de ese isótopo informados por el Laboratorio, tema que se trata en detalle en el punto **4.2.10.1**".*

En el informe pericial se vuelve a calcular la actividad de ^{235}U y en el **párrafo 198** se afirma:

4.2.10.1 Falencias en el cálculo de la actividad del isótopo ^{235}U

*"En las figuras No. 16,17,18 y 19 se identifican y remarcan las falencias del cálculo de actividad de U^{235} , indicándose sobre las copias escaneadas de las planillas "Calculo de Espectrometría Alfa", **los resultados incorrectos del Laboratorio** así como los valores por mi corregidos que surgen de efectuar el cálculo respetando estricta y únicamente los valores obtenidos en las mediciones y aplicando la fórmula de cálculo indicada en el Manual de Técnicas del Laboratorio".*

En el **párrafo 204** se afirma:

*"Las falencias en el cálculo del isótopo U^{235} consisten en que **los valores informados difieren del resultado matemático que surge de la aplicación estricta de las fórmulas** correspondientes sobre las variables medidas".*

*"Ha habido **selectividad en estas falencias**, pues aún cuando el proceso de cálculo es el mismo tanto para los tres isótopos (U^{234} , U^{235} , U^{238}), como para U^{total} , es significativo que las falencias se hayan circunscripto exclusivamente al isótopo U^{235} , siendo correctos los restantes cálculos".*

*"Las **falencias son relevantes**, en cuanto las alteraciones resultantes en las relaciones isotópicas **impactan en forma altamente significativa en los factores de enriquecimiento** del uranio presente en las muestras".*

*"Los factores de enriquecimiento que surgen de los resultados incorrectos no son erráticos, sino que llevan a la **falsa categorización del uranio presente como "uranio***

natural", alterando la categorización que surge de los valores medidos".

En el **párrafo 205** se indica:

"En base a lo expuesto manifiesto que las falencias detectadas no presentan características de errores (ni sistemáticos ni aleatorios), sino de modificaciones manuales y conscientes por parte de los operadores intervinientes, que confieren al conjunto de las muestras una relación isotópica falsa, en cuanto difiere de la relación isotópica que surge de las mediciones y altera significativamente la categorización del tipo de uranio presente en las muestras".

En el **párrafo 232, punto 6)** el informe pericial indica:

Sección: 4.4.1 Análisis realizados por la ARN

"Las determinaciones de isótopos de uranio evidencian una falencia significativa en el cálculo de la actividad de U^{235} , que presenta características de modificaciones efectuadas en forma manual y consciente"

En esencia, en el informe pericial se afirma que los resultados informados por la ARN respecto al uranio son incorrectos y se adoptan como válidos los resultados de los nuevos cálculos realizados en la pericia. Asimismo, se afirma que los resultados incorrectos no son erráticos dado que según la pericia se habrían realizado modificaciones manuales y conscientes por parte de los operadores intervinientes.

2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE URANIO Y SUS ISÓTOPOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS REALIZADO POR LA ARN

Las siguientes afirmaciones tienen como objeto rebatir los dichos que se manifiestan en el informe pericial No. 6, basados en el correcto tratamiento de los resultados informados por los Laboratorios de la ARN.

2.1 Alcance y limitaciones de la técnica de espectrometría alfa utilizada

La técnica correspondiente a la determinación de concentración de actividad de uranio por espectrometría alfa, que figura en el **Manual de Técnicas de Laboratorio de la ARN (pág. 129, año 2002)**, se utiliza para la determinación de actividad de **uranio total**.

Adicionalmente, es posible obtener resultados precisos para el cálculo de la actividad de los isótopos ^{234}U y ^{238}U pero, la técnica de espectrometría alfa no resulta de gran utilidad para el cálculo de la actividad del isótopo ^{235}U , debido a que la proporción en actividad del mismo es de apenas 2,2% en el uranio natural (y menor aún en el uranio empobrecido)

El error en la medición de una sustancia radiactiva depende básicamente del contaje obtenido y éste a su vez de la actividad de la muestra, es decir que a menor actividad mayor es el error. Por este motivo, la evaluación del isótopo ^{235}U resulta altamente imprecisa en el caso del uranio natural. En consecuencia, es necesario recurrir a métodos más apropiados para realizar una correcta determinación de la isotopía del uranio, entre ellos la extensamente utilizada y conocida **espectrometría de masas** con la cual es posible obtener niveles de incertidumbre menores en los resultados de la composición isotópica.

Al utilizar la técnica de espectrometría alfa, la determinación de las intensidades de las líneas de energía correspondientes a la emisión alfa de un espectro de isótopos del uranio, es de difícil resolución a causa de la enorme complejidad de la estructura fina del ^{235}U .

Además, en muestras de uranio natural, la evaluación del contaje en la zona del espectro correspondiente a las energías del isótopo ^{235}U puede resultar muy baja, teniendo su determinación un importante error asociado.

El estado del arte en este tema permite citar abundante bibliografía [5, 6, 7, 8, 9, 10]. A modo de ejemplo, Guogang, Jia et al. [5] realiza una comparación entre los errores asociados a la determinación de isótopos de uranio por espectrometría alfa y por espectrometría de masas. En ese trabajo se puede observar que los errores asociados a la determinación del isótopo ^{235}U van desde 14,7% hasta 191,7% en el método de espectrometría alfa, mientras que los errores por el método de espectrometría de masas varían desde 3,8% hasta 15,4%. Los resultados de este trabajo se muestran en la tabla 1 del Anexo 1.

2.2 Cálculo de la actividad de los isótopos del uranio

La ARN aplica rutinariamente la fórmula que figura en el Manual de Técnicas antes mencionado en el cálculo de la actividad de uranio total.

El cálculo de la actividad de los isótopos ^{234}U y ^{238}U , dada su gran proporción en actividad, es posible realizarlo con baja incertidumbre aplicando la mencionada fórmula.

No es éste el caso cuando se quiere calcular la actividad del isótopo ^{235}U puesto que, con las limitaciones indicadas anteriormente, la ecuación que es necesario utilizar difiere de aquella que se emplea para el cálculo de la actividad del uranio total y de los isótopos ^{234}U y ^{238}U .

Las reglas del arte de la espectrometría alfa, basadas en las propiedades nucleares de los isótopos radiactivos tienen en cuenta que el pico del espectro energético del ^{235}U tiene repartido un porcentaje de su energía entre los picos del ^{234}U y ^{238}U . Por este motivo en la medición se utiliza una zona más ajustada del espectro de energías, que va aproximadamente desde los 4300 keV hasta los 4450 keV. Por lo tanto, **el resultado final del cálculo de la actividad del isótopo ^{235}U debe incluir una corrección por solapamiento.**

Dicha corrección por solapamiento se fundamenta en que el conteo correspondiente al pico del isótopo ^{235}U que aparece en el espectro de uranio obtenido por espectrometría alfa, entre las energías de 4300 keV y 4450 keV, representa sólo un 83,5 % del conteo total correspondiente a este radioisótopo. Entonces, el valor de 0,835 es la corrección por solapamiento usualmente utilizada.

En otras palabras, las cuentas totales debidas al isótopo ^{235}U son iguales a las cuentas observadas en el pico espectral del ^{235}U , teniendo en cuenta la zona del espectro antes mencionada, dividido el factor 0,835.

Las energías del isótopo ^{235}U comprendidas en la zona que va desde los 4300 keV a los 4450 keV y su correspondiente intensidad de emisión (mayor o igual al 1%) son las siguientes:

Energía (keV)	Intensidad (%)
4324	3
4345	1,5
4367	18
4397	57
4416	4
Total	83,5

Las energías restantes del isótopo ^{235}U por fuera de esta zona del espectro son las siguientes:

Energía (keV)	Intensidad (%)
4217	5,7
4503	1,2
4557	3,7
4598	4,6
Total	16,3

El conteo correspondiente a las energías que se muestran en esta última tabla se solapa con el conteo perteneciente a los picos de los isótopos ^{234}U y ^{238}U . Cabe mencionar que para el caso de uranio natural o levemente enriquecido o empobrecido, la corrección en el conteo del ^{234}U y ^{238}U resulta insignificante, menor que 1%, y por lo tanto no se realiza.

Los valores de energía e intensidad que figuran en las dos tablas anteriores fueron extraídos de: “*Tabla de Isótopos; 7ma Edición - Autor: C.M.Lederer y V.S. Shirley. Editorial John Wiley & Sons, Inc NY 1978*”.

Según la zona del espectro de energías utilizada y la Tabla de Radioisótopos que se emplea este factor de corrección puede cambiar levemente. Las Tablas modernas difieren ligeramente en los valores de las energías e intensidades de las emisiones alfa del isótopo ^{235}U , de acuerdo al autor y año de publicación, según los datos espectroscópicos utilizados como referencia.

Existen publicaciones científicas que utilizan correcciones similares y avalan lo anteriormente expuesto. Khan et al. [1], expresa textualmente: “**bajo estas condiciones, cada 100% de actividad de ^{234}U y ^{238}U , la correspondiente**

actividad de ^{235}U fue de 82,6%” [Tabla de Isótopos utilizada Actinides Review, J.C.Post (1967)].

En el mismo sentido, Aceña et al. [2] indica: “y sin tener en cuenta las interferencias entre picos debidas a las colas de baja energía y la resolución obtenida, el pico correspondiente al ^{235}U solo debe contener un 84,5% de los impulsos que, debido a él, integran todo su espectro” [Tabla de Isótopos utilizada S.A.Baranov, A.G.Zalenkov & V.N.Kulakof, Izvest. Akad. Nauk. SSSR, Ser. Fiz., 24, pp 1035-1040, 1960]

Trabajos publicados recientemente utilizan el cálculo de la actividad completa del isótopo ^{235}U mediante el uso de software especializado.[3, 4, 5]

A continuación, conforme a lo mencionado y como ejemplo, se desarrolla el cálculo de la concentración de actividad correspondiente a los isótopos del uranio que corresponde realizar en las muestras analizadas; se ha tomado como ejemplo la **muestra número 541062, perteneciente al peritaje**. El espectro obtenido para dicha muestra, en la zona del uranio, se representa en la Figura 1 A y 1 B:

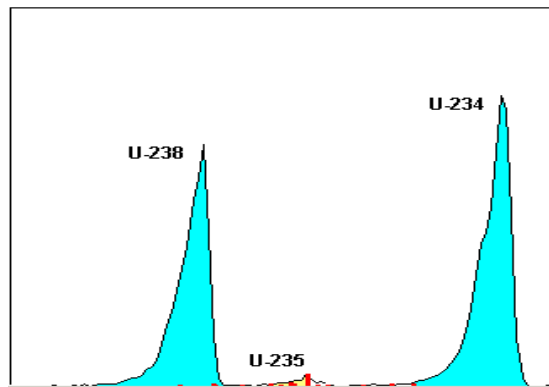


FIGURA 1 A

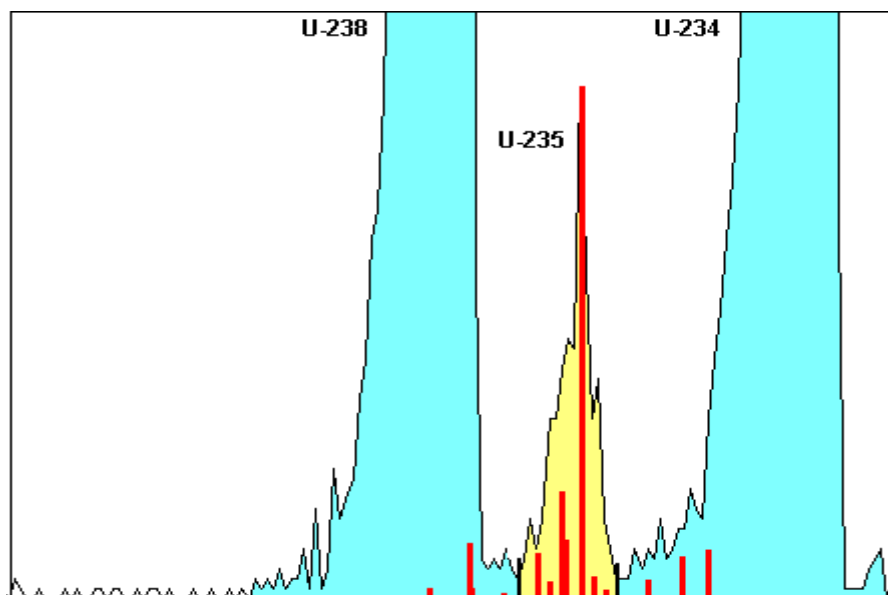


FIGURA 1 B (Figura 1 A ampliada)

En la Figura 1 A se pueden observar los picos correspondientes a los tres isótopos del uranio en escala normal, y en la Figura 1 B se representa una versión ampliada del mismo espectro. En esta última figura, el pico central, más claro, representa la zona utilizada para el cálculo de la actividad correspondiente al isótopo ^{235}U , y las barras verticales oscuras que la atraviesan, representan las energías correspondientes a las múltiples emisiones de partículas alfa del ^{235}U , guardando una proporción de intensidad aproximada entre cada una de ellas.

Respecto del cálculo correspondiente a las concentraciones de actividad de los isótopos del uranio, **las ecuaciones que se deben aplicar** siguiendo la técnica utilizada por la ARN, son:

$$^{238}\text{U}(\text{Bq} / \text{L}) = \frac{C_A \cdot A_T}{C_T \cdot V}$$

$$^{235}\text{U}(\text{Bq} / \text{L}) = \frac{C_A \cdot A_T}{C_T \cdot V \cdot 0,835}$$

$$^{234}\text{U}(\text{Bq} / \text{L}) = \frac{C_A \cdot A_T}{C_T \cdot V}$$

donde,

- $^{238/5/4}\text{U}$: es la actividad de $^{238/5/4}\text{U}$ en Bequerel/Litro (Bq/L)
- C_A : son las cuentas del analito ($^{238/5/4}\text{U}$) extraídas del espectro.
- C_T : son las cuentas del trazador (^{232}U) extraídas del espectro.
- A_T : es la actividad del trazador, en Bq.
- V : es el volumen de muestra tomada.

La primera y la tercera de estas ecuaciones coinciden con la ecuación que aparece en el Manual de Técnicas de Laboratorio de la ARN (pág. 129), empleada por la ARN para el cálculo de la concentración del uranio total. La diferencia sustancial se presenta en la segunda de ellas, que se emplea para el isótopo ^{235}U , dado que contiene el coeficiente 0,835 para introducir la corrección por solapamiento ya explicada.

Aplicando estas ecuaciones, los resultados obtenidos por la ARN son los siguientes:

$$^{238}\text{U}(\text{Bq} / \text{L}) = \frac{6522,2 \cdot 0,58887}{25623,5 \cdot 0,9} = 0,17$$

$$^{235}\text{U}(\text{Bq} / \text{L}) = \frac{300,7 \cdot 0,58887}{25623,7 \cdot 0,9 \cdot 0,835} = 0,009$$

$$^{234}\text{U}(\text{Bq} / \text{L}) = \frac{8370,5 \cdot 0,58887}{25623,5 \cdot 0,9} = 0,21$$

De acuerdo a lo afirmado en el informe pericial (**párrafo 198**), las ecuaciones utilizadas por la pericia fueron las siguientes

$$^{238}\text{U}(\text{Bq/L}) = \frac{6522,2 \cdot 0,58887}{25623,5 \cdot 0,9} = 0,17$$

$$^{235}\text{U}(\text{Bq/L}) = \frac{300,7 \cdot 0,58887}{25623,7 \cdot 0,9} = 0,008$$

$$^{234}\text{U}(\text{Bq/L}) = \frac{8370,5 \cdot 0,58887}{25623,5 \cdot 0,9} = 0,21$$

Comparando los resultados obtenidos por la ARN con los de la pericia, se observa que la única diferencia se debe a que en el cálculo pericial se omitió la corrección por solapamiento de picos para el isótopo ^{235}U , cuyo valor es 0,835 y que aparece en la segunda de las ecuaciones que ha empleado la ARN.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de estos cálculos. Claramente se evidencia el hecho de que en el informe pericial **no se utilizó la corrección por solapamiento** puesto que no hay diferencias en cuanto al valor de la concentración de los isótopos ^{234}U y ^{238}U (como tampoco la hay con el uranio total).

Isótopo	Resultado de la ARN (Bq/L)	Resultado de la Pericia (Bq/L)
^{234}U	.21	.21
^{235}U	.009	.008
^{238}U	.17	.17

Adicionalmente, en el **párrafo 195** del informe pericial se afirma:

"...la falencia en el cálculo de la actividad del isótopo ^{235}U afecta al 85% de los resultados de ese isótopo".

Efectivamente, el 15% restante, en donde los resultados de la concentración de actividad del isótopo ^{235}U informados por los Laboratorios de la ARN y los calculados en el informe pericial coinciden, sencillamente se explica debido al redondeo que se aplica, debido a que, por la incertidumbre asociada, los resultados se expresaron con una sola cifra significativa .

2.3 Relación isotópica $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$

El informe pericial también contiene un grave error al afirmar que la relación isotópica encontrada para el $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ no corresponde a uranio natural.

En dicha pericia en el **párrafo 364 a)** se afirma que:

"los valores de la relación isotópica A^{U-234}/A^{U-238} varían entre un mínimo de 1,05 y un máximo de 1,43, variación ampliamente significativa desde el punto de vista hidrogeológico".

La relación A^{U-234}/A^{U-238} es equivalente a la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$.

En relación con esta afirmación cabe mencionar que existe abundante bibliografía internacional [5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14] avalando el hecho de que **las abundancias isotópicas del uranio en aguas presentan gran variabilidad, en especial en aguas subterráneas.**

Rubio Montero et al [5] determinan uranio en muestras de agua, e informan relaciones $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ en un rango de 1,20 a 2,29 con un promedio de 1,69 ± 0,39.

Steward et al. [7] mediante el empleo de la espectrometría alfa, realiza un estudio en el Gran Cañón del Colorado midiendo los niveles de radio y uranio en el río Colorado y sus tributarios (**agua superficial y subterránea, respectivamente**). Los resultados se muestran en las tablas 2 y 3 del Anexo 1.

En este trabajo, los autores concluyen, a partir de los resultados de las mediciones mostradas en estas tablas, que: **"Las relaciones isotópicas de uranio no concuerdan con los valores teóricos para uranio en equilibrio secular. Esto no es sorprendente dado que es conocido que la relación ^{234}U a ^{238}U en suelos y minerales es comúnmente deficiente hasta un 60% u ocasionalmente incrementada hasta un 70%. A la inversa, en el agua subterránea puede estar incrementada tanto como 1.300%".**

Cothorn y Lappenbusch [11], en un estudio realizado por la U.S.EPA en alrededor de 60.000 suministros comunitarios de agua de bebida dicen textualmente: **"Cuando el uranio está en equilibrio en agua de bebida, la radiactividad de ^{234}U y ^{238}U son iguales. Algunos suministros de agua de bebida contienen más actividad de ^{234}U que ^{238}U resultando en una relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ mayor que 1... Como se puede ver en la tabla 4 del Anexo 1, la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ raramente excede 2. Un estudio del acuífero de Florida muestra relaciones en el rango 0,50-3,9".**

S.J. Goldstein et al [12], refiriéndose a las relaciones isotópicas $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ en aguas, expresan: **"La relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ varía considerablemente en la naturaleza debido al efecto de fraccionamiento isotópico relacionado al decaimiento alfa. ... Típicas relaciones de actividad $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ para muestras de agua varían de 0,8 a 10..., y relaciones de actividad $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ para muestras de suelos varían típicamente de 0,5 a 1,2. Por lo tanto, relaciones de actividad $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ fuera de estos límites naturales pueden ser indicativas de contribución antropogénica de Uranio"**

En el informe pericial N° 6 se reconoce la existencia de la variabilidad de la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ no atribuible a la acción antrópica en el **párrafo 347** donde se afirma que:

"desde el punto de vista de la composición isotópica del uranio disuelto, en el agua subterránea no se repiten las relaciones isotópicas presentes en las rocas, sino que se verifica un incremento de U-234 con relación al U-238, comportamiento que ocurre como resultado del lixiviado preferencial, o por la acción directa del retroceso alfa durante el decaimiento".

En el **párrafo 348** se reafirma lo anterior al indicarse:

"por lo tanto, si bien en el equilibrio la relación de actividad entre ambos isótopos como en cualesquiera de dos miembros de una serie de decaimiento es igual a la unidad ($a = A^{234}/A^{238} = 1$), en un sistema con circulación de agua como es el medio hidrogeológico se produce un desvío de esta igualdad siendo frecuentes en ambientes oxidantes las relaciones $a > 1$ ".

Las razones por las cuales la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ no es igual a la unidad [11] se deben a:

- 1) La partícula β proveniente del decaimiento del ^{238}U favorece el cambio del carácter electrónico del átomo, de tal manera que su progenie ^{234}U se presenta preferentemente en su estado de oxidación más soluble (+6). Por este motivo en ambientes más reductores se dificulta el lixiviado del ^{234}U .
- 2) La mayor energía de retroceso de ^{234}U podría hacer que este isótopo migre al medio acuoso más rápidamente.

En un estudio realizado en Kosovo por las Naciones Unidas (United Nations Environment Programme – UNEP), en noviembre del año 2000, se evaluó el impacto del uranio empobrecido liberado al medio ambiente, durante el conflicto de los Balcanes, analizándose distintas muestras de aguas subterráneas. **Se reportaron concentraciones de actividad en aguas subterráneas con relaciones de actividad $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ cercanas a 0,5 indicándose la posible presencia de uranio empobrecido**[15]. **Los científicos que participaron en la misión**, provenientes de la IAEA (International Energy Atomic Agency), US Army Centre for Health Promotion and preventive Medicine-USA (USACHPPM), AC Laboratorium Spiez (Suiza), National Environmental Protection Agency (ANPA - Italia), University of Bristol, Department of Earth Sciencies (Reino Unido de Gran Bretaña) y Swedish Radiation Protection Institute, (Suecia), **opinaron que sólo en ese caso las aguas podrían estar contaminadas con uranio empobrecido.**

En concordancia con lo anteriormente expuesto es posible afirmar que los resultados de las relaciones isotópicas $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ que se pueden obtener a partir de valores informados por los Laboratorios de la ARN son compatibles con las relaciones isotópicas que se encuentran para el uranio natural, dejando sin sustento la afirmación del informe pericial que indica la existencia de uranio no natural por acción tecnológica.

2.4 Análisis de las incertidumbres en el cálculo del Factor de Enriquecimiento

Es necesario resaltar que en cualquier pericia que se realice a partir de resultados experimentales, como son las mediciones realizadas por los Laboratorios de la ARN, se deben tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los métodos utilizados. **Inexplicablemente, en el informe pericial no se tienen en cuenta las incertidumbres en el análisis de la isotopía y caracterización del uranio, tomándose los valores obtenidos de manera absoluta.**

Por otro lado, es evidente que en el informe pericial se hace uso de la incertidumbre a su conveniencia. Podemos citar como ejemplo cuando propone, en el **párrafo 142**, el uso del Coeficiente de Franjas de Incertidumbre (CFI) para analizar la calidad de los resultados informados por los Laboratorios de la ARN. El uso de este estadístico involucra el error de las mediciones, hecho que la pericia desconoce a la hora de evaluar los resultados de las mediciones, en particular las realizadas por espectrometría alfa. No es casual que se olvide de las incertidumbres aquí, pues si las hubiera tenido en cuenta hubiera observado que no puede realizar ninguna aseveración de la presencia de uranio no natural o tecnológico como se demuestra a continuación.

En la tablas se presenta el contaje de los distintos isótopos de uranio en las muestras analizadas, donde se visualiza **el bajo contaje obtenido para el ²³⁵U**, lo que implica una incertidumbre importante en la determinación de la concentración de actividad de este isótopo, hecho que resultará relevante en el momento del cálculo del Factor de Enriquecimiento.

Muestra	Tiempo Seg	Tiempo Horas	Cuentas U-234	Error $\sigma\%$	Cuentas U-235	Error $\sigma\%$	Cuentas U-238	Error $\sigma\%$
541062	326205,9	90,6	8370,5	1,1	300,7	5,8	6522,2	1,2
541209	326192,9	90,6	554,7	4,2	20,2	22,2	480,1	4,6
541605	326180,2	90,6	2388,7	2,0	66,9	12,2	1739,5	2,4
541399	326167,5	90,6	4825,6	1,4	167,0	7,7	3988,2	1,6
541505	158424,6	44,0	2930,5	1,8	72,0	11,8	2128,7	2,2
541015	239554,9	66,5	956,9	3,2	25,3	19,9	765,9	3,6
541087	239569,8	66,5	14555,5	0,8	402,4	5,0	10903,4	1,0
541095	239598,8	66,6	5457,3	1,4	130,0	8,8	4029,7	1,6
541190	239562,5	66,5	7490,0	1,2	43,0	15,2	989,0	3,2
541435	157325,4	43,7	3418,9	1,7	91,2	10,5	2583,2	2,0
541212	253168,7	70,3	1407,3	2,7	41,2	15,6	1079,2	3,0
541559	253214,5	70,3	138,6	8,5	8,1	35,1	131,4	8,7
541620	253102,2	70,3	1015,5	3,1	34,5	17,0	857,6	3,4
541647	253138,9	70,3	1353,7	2,7	34,1	17,1	1065,7	3,1
541140	319036,7	88,6	2064,2	2,2	52,0	13,9	1465,4	2,6
541267	425757,1	118,3	1764,2	2,4	53,3	13,7	1347,3	2,7
541408	319057,5	88,6	3357,2	1,7	110,2	9,5	2826,2	1,9
541443	319097,8	88,6	1825,4	2,3	53,5	13,7	1353,5	2,7
541606	425800,0	118,3	442,9	4,8	14,3	26,4	359,8	5,3
541370	246279,2	68,4	716,9	3,7	24,7	20,1	576,9	4,2

A partir de los valores anteriores se calcula la concentración de actividad de cada uno de los isótopos y el Factor de Enriquecimiento con su incertidumbre:

Muestra	A ²³⁴ U (Bq/L)	A ²³⁵ U (Bq/L)	A ²³⁸ U (Bq/L)	% Enriquecimiento (sin redondeo)	% Enriquecimiento	Incertidumbre (1 σ)	% Incertidumbre (1 σ)
541062	0,21	0,009	0,17	0,83	0,8	0,1	12,5
541209	0,16	0,007	0,14	0,78	0,8	0,1	15,8
541605	0,18	0,006	0,13	0,72	0,7	0,1	18,2
541399	0,25	0,010	0,21	0,74	0,74	0,08	11,0
541505	0,31	0,010	0,24	0,65	0,65	0,07	10,8
541015	0,16	0,005	0,13	0,60	0,6	0,1	21,3
541087	0,50	0,017	0,37	0,72	0,72	0,06	7,9
541095	0,37	0,009	0,27	0,52	0,52	0,06	11,7
541190	0,10	0,004	0,07	0,89	0,9	0,3	28,5
541435	0,17	0,005	0,13	0,60	0,6	0,1	21,3
541212	0,16	0,006	0,13	0,72	0,7	0,1	18,2
541559	0,20	0,014	0,19	1,15	1,2	0,4	36,8
541620	0,24	0,010	0,20	0,78	0,8	0,2	20,5
541647	0,18	0,006	0,15	0,63	0,6	0,1	17,8
541140	0,15	0,005	0,11	0,71	0,7	0,2	21,8
541267	0,28	0,010	0,22	0,71	0,7	0,1	20,4
541408	0,28	0,011	0,24	0,72	0,72	0,07	9,9
541443	0,13	0,005	0,10	0,78	0,8	0,2	22,2
541606	0,15	0,006	0,12	0,78	0,8	0,3	34,1
541370	0,11	0,004	0,09	0,70	0,7	0,2	27,2

En el Anexo 2 A, se detalla la forma de cálculo del Factor de Enriquecimiento y sus incertidumbres.

Los errores asociados a las determinaciones del Factor de Enriquecimiento obtenido a partir de los resultados calculados en los Laboratorios de la ARN, están en un rango comprendido entre el 7,9% y 36,8%, siendo el error promedio 19,4%.

En el **párrafo 364 b)** del informe pericial se afirma que:

*“los valores del **factor de enriquecimiento** varían entre un mínimo de 0,0048 y un máximo de 0,0099, valores muy significativos en cuanto ambos se apartan marcadamente del factor de enriquecimiento del uranio natural (0,0072)”.*

Los valores citados se refieren respectivamente a las muestras **541015** y **541559** y los Factores de Enriquecimiento corresponden a los calculados por la pericia. El apartamiento mencionado se indica como muy significativo, hecho que queda sin sustento al considerar las incertidumbres asociadas. Las incertidumbres asociadas para muestra **541559** son de 35,1% (1 σ) en el

contaje del isótopo ^{235}U y la incertidumbre del Factor de Enriquecimiento es del 36,8%, y para la muestra **541015** son de 19,9% (1σ) en el contaje del isótopo ^{235}U y la incertidumbre del Factor de Enriquecimiento es del 21,3%. La magnitud de estas incertidumbres muestran que el pretendido desvío del uranio natural no es tal.

Los valores del Factor de Enriquecimiento calculados y su incertidumbre se grafican a continuación:

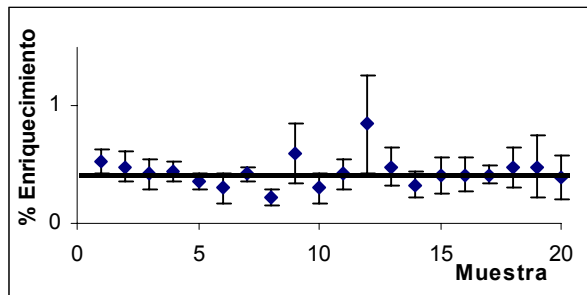


FIGURA 2 A

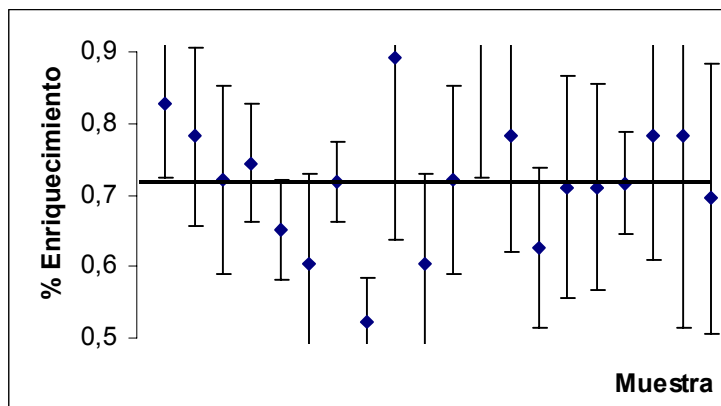


FIGURA 2 B (Figura 2 A ampliada)

La Figura 2 A muestra los resultados de porcentaje de enriquecimiento (%E, obtenidos según el cálculo de la ARN y sus incertidumbres representadas por las barras verticales). Además se incluye una línea horizontal de referencia que representa el grado de enriquecimiento del uranio natural. La Figura 2 B es una ampliación de la escala vertical de los mismos resultados.

Como se puede observar en la Figura 2 B, en 17 de los 20 resultados, las barras verticales de incertidumbre se superponen con la línea de referencia del uranio natural. Si además afectamos la incertidumbre standard por el factor estadístico de cobertura, que brinda un nivel de confianza del 95% (2σ), 19 de los 20 resultados se superponen con la línea de referencia del uranio natural, quedando fuera 1 valor (5%), lo cual es aceptable para el nivel de confianza planteado.

En el **párrafo 364 b)** al referirse a la anteriormente citada muestra **541015** también se manifiesta que:

"el Factor de Enriquecimiento mínimo (pozo 033-PUCXIII) resulta ser un 67% menor al del uranio natural".

El **cálculo realizado por la pericia es incorrecto** ya que la desviación no excede el 33,3%, valor perfectamente compatible con la incertidumbre asociada al Factor de Enriquecimiento (que fue del 36,8%). El cálculo correcto de la desviación se muestra en el Anexo 2 B.

Todo lo precedentemente expresado demuestra que no es posible concluir que el uranio presente en las muestras analizadas difiera del natural, y por lo tanto que la composición isotópica se encuentre alterada.

De tal modo, resulta que las conclusiones de la pericia en relación con el grado de enriquecimiento del uranio en las muestras analizadas son incorrectas y sin sustento científico.

2.5 Análisis de las incertidumbres en el cálculo de la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$

El **párrafo 363** del informe pericial presenta el cuadro N° 40 "Relaciones isotópicas del uranio" donde se muestra el cálculo de las relaciones A^{U-234}/A^{U-238} y el Factor de Enriquecimiento.

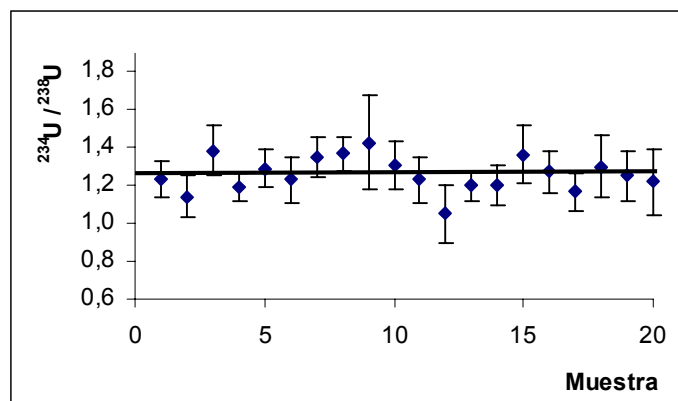
A partir de estos resultados en la pericia se realizan inferencias muy relevantes a pesar que en dicho informe pericial no se calculan y ni se tienen en cuenta las incertidumbres asociadas a esas relaciones.

Las relaciones presentadas por la pericia en el cuadro 40, pretenden tener un grado de precisión que las incertidumbres asociadas invalidan. El cálculo de las incertidumbres indica que las cifras significativas con las cuales se deben expresar dichos resultados son dos y no tres.

La comparación de los resultados de las relaciones isotópicas $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ y sus errores obtenidos por los Laboratorios de la ARN y los resultados obtenidos por la pericia se muestran en la tabla siguiente:

Muestra	$A^{234}\text{U} / A^{238}\text{U}$ calculadas por la pericia, sin redondeo	$A^{234}\text{U} / A^{238}\text{U}$ calculadas por la ARN	Incertidumbre calculada por la ARN (1σ)	Incertidumbre (1σ) %
541062	1,24	1,2	0,1	7,6
541209	1,14	1,1	0,1	9,5
541605	1,38	1,4	0,1	9,5
541399	1,19	1,2	0,1	6,2
541505	1,29	1,3	0,1	7,7
541015	1,23	1,2	0,1	9,9
541087	1,35	1,4	0,1	8,1
541095	1,37	1,4	0,1	6,5
541190	1,43	1,4	0,3	17,4
541435	1,31	1,3	0,1	9,7
541212	1,23	1,2	0,1	9,9
541559	1,05	1,1	0,2	14,5
541620	1,20	1,2	0,1	6,5
541647	1,20	1,2	0,1	8,7
541140	1,36	1,4	0,2	11,3
541267	1,27	1,3	0,1	8,5
541408	1,17	1,2	0,1	8,3
541443	1,30	1,3	0,2	12,6
541606	1,25	1,3	0,1	10,7
541370	1,22	1,2	0,2	14,4

Los valores obtenidos con los errores asociados (usando 1σ) de la relación isotópica $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ determinada en cada pozo muestreado se muestran en el gráfico siguiente.



Como se puede apreciar, las barras verticales que representan los errores asociados, se superponen en la mayoría e los casos (la línea horizontal corresponde a un promedio de todos los valores de la relación isotópica

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$). Esto permite concluir que no existen diferencias significativas entre los distintos valores de la relación calculada.

En consecuencia, la afirmación que se realiza en el informe pericial en el **párrafo 365**, donde se presenta el plano N° 4, en el cual se han trazado las isolíneas que se obtienen de los valores calculados para cada pozo, aplicando la relación isotópica $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ y a partir de la cual se considera que existen **dos grandes zonas anómalas** con valores de relación isotópica bien diferenciadas entre sí, **no tiene fundamento técnico y tal afirmación carece de validez ya que todos los valores de la relación isotópica $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ resultan similares.**

3. CONCLUSIONES

De la evaluación del Informe Pericial N° 6 en lo referente a los resultados allí informados sobre el uranio y sus isótopos, y por lo anteriormente expuesto a lo largo de este informe, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Es falsa la afirmación del informe pericial que asevera que el uranio presente en las muestras analizadas es de origen tecnológico y por lo tanto es falso también que difiera del uranio natural.
2. El Informe Pericial N° 6 posee incorrecciones que vician las conclusiones a las que se arriba como se resume a continuación:
 - Los cálculos de concentración de actividad de ^{235}U se realizaron en forma incorrecta al no contemplarse la corrección por solapamiento de picos.
 - La inferencia que se realiza sobre una supuesta contaminación por Uranio empobrecido en la zona del CAE, carece de sustento ya que no tiene en cuenta ninguno de los efectos observados por los especialistas internacionales, que dan cuenta de una enorme variabilidad en los valores de la relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ en muestras ambientales.
 - No se utiliza un análisis estadístico sino que se trazan sin sustento científico curvas de supuestas plumas de contaminación de uranio, sobre la base de muy escasos datos que no contemplan las incertidumbres asociadas. En el informe pericial no existe ninguna evidencia científica seria de una anomalía en la relación isotópica $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, ya que todos los valores de esta la relación isotópica son similares.
 - Las inferencias que se realizan no toman en cuenta el incremento de los errores relativos que existe naturalmente en las mediciones de muestras con muy bajas concentraciones de uranio, tal como es el caso de todas las muestras de agua incluidas en el programa diseñado por el peritaje.

En la pericia se afirma con ligereza que el personal de laboratorio ha falseado deliberadamente los resultados de los análisis. Dichas afirmaciones constituyen un agravio para la ARN y su personal, que desmerecen infundadamente la calidad profesional y moral de quienes han intervenido en las determinaciones analíticas.

Finalmente se rechaza categóricamente el estudio pericial debido a que no se ajusta a criterios científicos rigurosos, presenta notorias inexactitudes técnicas que conducen a falsas conclusiones, y recomendaciones inapropiadas, que produjeron injustificada alarma en la población

4. REFERENCIAS

1.- **DETERMINATION OF ISOTOPIC COMPOSITION OF URANIUM BY ALPHA SPECTROMETRY.** A.H.Khan, M.L.Aceña, Radiochimica Acta , Band 18, Helf 1, 1972.

2.- **URANIUM ISOTOPIC DETERMINATION BY ALPHA SPECTROSCOPY.** M.L.Aceña & E.Garcia Toraño, Junta de Energía Nuclear, Madrid, España, Nro.442, 1979.

3.- **DETERMINATION OF URANIUM ISOTOPES IN FOOD AND ENVIRONMENTAL SAMPLE BY DIFFERENT TECHNIQUES: A COMPARISON** M. Forte, R. Rusconi, C. Margini, G. Abbate, S. Maltese, P. Badalamenti & S. Bellizona, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 97, No. 4, pp325-328 (2001) Nuclear Technology Publishing.

4.- **DETERMINATION OF ISOTOPIC URANIUM IN FOOD AND WATER.** E. J. Barata, P. Mackill, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 248, No. 2 (2001) 473-475.

5.- **ISOTOPIC URANIUM AND PLUTONIUM ANALYSIS BY ALPHA-PARTICLE SPECTROMETRY.** M. P. Rubio Montero, A. Martín Sanchez, A. M. Carrasco Lourtau, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 213 (2004) 429-433.

6.- **AN IMPROVED METHOD FOR THE DETERMINATION OF URANIUM ISOTOPES IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY ALPHA-SPECTROMETRY.** Guogang Jia, G. Torri, P. Innocenzi, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 262, No. 2 (2004) 433-441.

7.- **DETERMINATION OF URANIUM AND RADIUM CONCENTRATION IN THE WATERS OF THE GRAND CAYON BY ALPHA SPECTROMETRY.** B. D. Steward, J. W. Mc Klveen, R. L. Glinsky, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, Vol. 123, No. 1 (1988) 121-132.

8.- **DETERMINATION OF URANIUM ISOTOPES IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY ALPHA SPECTROMETRY.** G. Jia, M. Belli, U. Samsone, S. Rosamilla, R. Ocone, S. Gaudino, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 253, No. 3 (2002) 395-406.

9.- **DETERMINATION OF URANIUM ISOTOPES IN FOOD AND ENVIRONMENTAL SAMPLE BY DIFFERENT TECHNIQUES: A COMPARISON** M. Forte, R. Rusconi, C. Margini, G. Abbate, S. Maltese, P. Badalamenti & S. Bellizona, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 97, No. 4, pp325-328 (2001) Nuclear Technology Publishing.

10.- **COMPARISON OF DIFFERENT METHODS FOR URANIUM DETERMINATION IN WATER.** Z. Tosheva, K. Stoyanova, L. Nikolchev, Ministry of Environmental and Water of Bulgaria, University Center of

Luxembourg, Luxembourg. Journal of Environmental Radioactivity 72 (2004) 47-55.

11.- **OCCURRENCE OF URANIUM IN DRINKING WATER IN THE U.S.**, C. Richard Cothorn and William L. Lappenbusch. Office of Drinking Water (WH-550), U.S. EPA, Washington. Health Physics, vol 45, No.1 (july), pp89-99,1983.

12.- **MEASUREMENT AND APPLICATIONS OF URANIUM ISOTOPES FOR HUMAN AN ENVIRONMENTAL MONITORING** S.J. Goldstein, J.M.Rodriguez, & N Lujan, Health Physics, January 1997, volume 72, No 1, pp10-18.

13.- **NATURALLY OCURRING RADIONUCLIDES IN COMUNITY WATER SUPPLIES OF NEW YORK STATE**, Michael E. Kitto and Min Sook Kim, Health Physics, March 2005, volume88, number 3.

14.- **RADIONUCLIDE AND CHEMICAL CONCENTRATIONS IN MINERAL WATERS AT SARATOGA SPRINGS**, New York, Michael E. Kitto, Pravin P. Parekh, Miguel A. Torres, Dominik Schneider, Journal of Environmental Radioactivity 80 (2005) pp. 327-339.

15.- **RADIOECOLOGICAL SURVEY AT SELECTED SITES HIT BY DEPLETED URANIUM AMMUNITIONS DURING THE 1999 KOSOVO CONFLICT**,Umberto Sansone, Pier Roberto Danesi, Sabrina Barbizzi, Maria Belli, Michael Campbel, Stefania Gaudino, Guogang Jia, Rita Ocone, Alessandra Pati, Silvia Rosamilia, Luisa Stellato. The Science of the total Environment 281 (2001) 23-35.

Agradecimientos:

Se agradece la revisión y observaciones realizadas por los Lic. Analía Canoba y Fabio López.

ANEXO 1: Tablas

Tabla 1:

Concentraciones de ^{238}U , ^{234}U and ^{235}U (en mBq.l^{-1}) en muestras de agua. Una comparación entre espectrometría α y ICP-MS [Ref.5]

Determinado por espectrometría α							Determinada por ICP-MS				
Muestra No	Rendimiento U %	^{238}U	^{234}U	^{235}U	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	^{238}U	^{234}U	^{235}U	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$
1	92.2	12.1±0.5	15.6±0.6	0.695±0.102	1.30	0.058	12.9±0.5	18.3±2.0	0.605±0.027	1.41	0.0468
2	81.4	0.66±0.12	0.95±0.12	0.064±0.033	1.44	0.097	0.96±0.04	<2.3	0.046±0.002	-----	0.0476
3	82.4	1.30±0.14	2.44±0.18	0.164±0.048	1.87	0.126	2.19±0.09	4.4±1.1	0.102±0.006	2.01	0.0464
4	90.2	1.29±0.13	1.81±0.15	0.097±0.037	1.41	0.075	1.38±0.07	<2.3	0.066±0.005	-----	0.0481
5	82.4	0.60±0.09	1.02±0.10	0.059±0.026	1.70	0.099	0.73±0.04	<2.3	0.035±0.003	-----	0.0479
6	79.3	0.33±0.06	0.41±0.06	0.012±0.023	1.24	0.036	0.27±0.03	<2.3	0.013±0.002	----	0.0468
7	77.4	4.29±0.25	5.13±0.28	0.361±0.070	1.20	0.084	5.00±0.11	7.4±1.2	0.234±0.009	1.48	0.0469
8	67.2	1.30±0.12	2.95±0.17	0.071±0.031	2.27	0.055	1.63±0.07	4.4±1.4	0.077±0.004	2.70	0.0471
9	60.4	1.52±0.21	3.48±0.30	0.072±0.056	2.29	0.047	1.46±0.06	3.9±1.11	0.069±0.003	2.70	0.0473
10	90.1	2.63±0.17	4.14±0.22	0.213±0.047	1.57	0.081	2.80±0.06	5.1±1.6	0.131±0.007	1.82	0.0469
11	78.6	0.82±0.10	1.45±0.12	0.074±0.029	1.77	0.090	1.07±0.05	2.0±1.0	0.050±0.003	1.84	0.0463
12	81.5	0.84±0.10	1.90±0.13	0.080±0.029	2.26	0.095	0.95±0.05	<1.8	0.044±0.004	-----	0.0465
Rango:		0.33-12.1	0.41-15.6	0.012-0.695			0.27-12.9	<1.8-18.3	0.013-0.605		
Media ±σ	80.3±8.8				1.69±0.39	0.079±0.025				1.99±0.49	0.047±0.001

Tabla 2:

**Concentración de Radionucleidos en el Río Colorado y sus tributarios
mBq/Litro \pm 1- σ [Ref.7]**

	Ubicación	Fecha	U-238	U-235	U-234	U-234/U-238	Ra-226
1	Colorado River @Lee s Ferry	8/85 7/86	52 \pm 8 48 \pm 5	6 \pm 2 3 \pm 1	78 \pm 8 78 \pm 7	1.50 1.63	16 \pm 4 4.0 \pm 0.4
2	Upstream of Little Colorado	8/85 7/86	59 \pm 8 67 \pm 7	7 \pm 2 12 \pm 3	85 \pm 11 140 \pm 10	1.44 2.09	8.5 \pm 2.2 13 \pm 1
3	Little Colorado (Cameron)	7/86	890 \pm 5	33 \pm 7	1150 \pm 80	1.29	366 \pm 8
4	L.Colorado at confluence with Colorado	7/86 9/86	52 \pm 5 560 \pm 40	3 \pm 1 48 \pm 8	140 \pm 10 460 \pm 30	2.69 0.82	9.6 \pm 0.8 67 \pm 2
5	Downstream of L. Colorado	8/85 9/86	85 \pm 10 96 \pm 10	6 \pm 2 <4	110 \pm 10 130 \pm 10	1.29 1.35	36 \pm 5 63 \pm 2
6	Horn Creek downstream of abandoned Cu/U mine	11/86	59 \pm 6	4 \pm 1	96 \pm 8	1.63	<3
7	Upstream of Kanab Creek	8/85	74 \pm 8	2 \pm 1	96 \pm 8	1.30	35 \pm 5
8	Kanab Creek	7/86	67 \pm 9	9 \pm 3	85 \pm 11	1.27	41 \pm 3
9	Downstream of Kanab Creek	8/85	67 \pm 8	5 \pm 2	110 \pm 10	1.64	32 \pm 5
10	Havasú Creek	8/85 7/86	56 \pm 4 59 \pm 6	5 \pm 2 <3	130 \pm 10 130 \pm 5	2.32 2.20	17 \pm 2 10 \pm 1
11	Downstream of Havasú Creek	7/86	44 \pm 4	<3	78 \pm 6	1.77	6.7 \pm 0.4

Tabla 3:

**Concentración de radionucleidos en agua subterránea del Gran Cañon
mBq/Litro $\pm 1\text{-}\sigma$ [Ref.7]**

	Ubicación	Fecha	U-238	U-235	U-234	U-234/U-238	Ra-226
12	Vaseys Paradise Springs	8/85	17 \pm 4	7 \pm 2	81 \pm 8	4.76	9.6 \pm 2.6
13	Havasus Springs	5/85	59 \pm 15	11 \pm 8	120 \pm 20	2.03	17 \pm 6
		12/85	44 \pm 2	50 \pm 0.5	110 \pm 4	2.50	9.6 \pm 1.0
		6/86	44 \pm 4	<3	130 \pm 8	2.95	7.0 \pm 1.0
14	Deer Creek	8/85	17 \pm 4	3 \pm 2	63 \pm 8	3.70	13 \pm 3
15	Indian Gardens Spring	5/85	30 \pm 8	4 \pm 2	120 \pm 15	4.00	9 \pm 4
		12/85	19 \pm 2	3 \pm 1	81 \pm 4	4.26	7 \pm 1
		6/86	19 \pm 1	<1	78 \pm 4	4.10	5.2 \pm 1.1
16	Blue Spring (Little Colo. River)	5/85	52 \pm 8	15 \pm 4	160 \pm 15	3.08	11 \pm 4
		12/85	48 \pm 4	6 \pm 1	160 \pm 10	3.33	<18
		6/86	63 \pm 2	<4	118 \pm 5	1.87	<4

Tabla 4:

Relaciones de actividad $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ [Ref.11]

	Julio 1973 Junio 1974	Julio 1974 Junio 1975	Julio 1975 Junio 1976	Julio 1976 Junio 1977	Julio-Dic. 1977
AL:Montgomery	1.4±1.2	1.1±0.4	1.0±0.5	1.1±0.7	2.0±1.1
CA:Berkeley	2.0±1.5	1.6±0.7	1.8±1.1	1.6±0.9	1.0±0.5
CA:Los Angeles	1.1±0.2	1.2±0.2	1.1±0.2	1.1±0.2	1.1±0.2
CO:Denver	1.7±0.4	1.5±0.3	1.3±0.3	1.4±0.2	1.2±0.2
FL:Miami	-----	-----	1.1±0.3	1.0±0.3	1.1±0.4
ID:Iddahoo Falls	1.9±0.4	1.8±0.2	1.9±0.2	1.8±0.4	-----
IL:Chicago	1.4±0.7	1.1±0.3	1.2±0.4	-----	1.0±0.4
ND:Bismark	-----	1.7±0.4	1.3±0.5	1.4±0.4	1.2±0.4
NM:Santa Fe	-----	2.9±0.6	-----	3.7±1.3	2.8±0.8
NV:Las Vegas	1.5±0.3	1.6±0.3	1.5±0.3	1.6±0.3	1.5±0.3
NY:Buffalo	-----	1.1±0.4	0.9±0.3	1.4±0.4	1.2±0.3
NY:New York City	-----	2.0±1.7	-----	-----	-----
OH:Cincinnati	-----	1.8±1.6	1.7±1.2	1.1±0.4	1.3±0.4
OK:Oklahoma City	-----	2.2±1.1	2.1±1.5	1.2±0.6	1.2±0.4
OR:Portland	-----	2.2±1.8	2.1±1.5	1.9±1.4	1.4±0.8
PA:Harrisburg	-----	1.2±11.0	1.8±1.2	1.0±0.7	1.4±0.8
PA:Pittsburg	-----	1.6±0.9	1.4±0.8	1.8±0.7	1.4±0.4
SC:Anderson	1.1±0.5	1.1±1.0	1.0±0.4	-----	1.3±0.6
SC:Columbia	-----	1.4±0.9	1.3±0.8	1.0±0.6	1.9±1.3
TN:Knoxville	1.3±0.8	1.3±0.4	1.9±1.0	-----	1.4±0.7
VA:Lynchburg	0.7±0.7	0.9±0.8	3.0±2.0	1.2±0.7	1.0±1.0

ANEXO 2: Cálculo del Factor de Enriquecimiento y su incertidumbre

A) La fórmula utilizada para el cálculo del enriquecimiento es:

$$E\% = \frac{A5 \cdot T5 \cdot 100}{K}$$

siendo

$$K = A4 \cdot T4 + A5 \cdot T5 + A8 \cdot T8$$

T4, T5 y T8 son los tiempos de vida media y A4, A5, A8 son las actividades, de cada uno de los tres isótopos del uranio.

La fórmula empleada para el cálculo de la incertidumbre es:

$$\sigma E\% = \sqrt{\left[\left(\frac{T5 \cdot 100}{K} - \frac{A5 \cdot T5^2 \cdot 100}{K^2} \right) \sigma A5 \right]^2 + \left(\frac{A5 \cdot T5 \cdot T4 \cdot 100 \cdot \sigma A4}{K^2} \right)^2 + \left(\frac{A5 \cdot T5 \cdot T8 \cdot 100 \cdot \sigma A8}{K^2} \right)^2}$$

donde:

$\sigma E\%$ es la dispersión standard correspondiente al valor porcentual del enriquecimiento calculado de ^{235}U y $\sigma A4$, $\sigma A5$, $\sigma A8$ son las incertidumbres standard de la actividad de cada uno de los tres isótopos del uranio.

B) El cálculo correcto de la desviación mencionada (muestra N° **541015**) es el siguiente:

$$E\% = \frac{|F_{\text{medido}} - F_{\text{natural}}| \cdot 100}{F_{\text{natural}}}$$

F_{medido} = Factor de enriquecimiento calculado por la pericia.

F_{natural} = Factor de enriquecimiento del uranio natural (0,0072)

$$E\% = \frac{|0,0048 - 0,0072| \cdot 100}{0,0072} = 33,3\%$$

**INFORMES
DE OTROS
ORGANISMOS**

INFORMES DEL OIEA

28 de abril de 2005

13 de julio de 2005



IAEA

الوكالة الدولية للطاقة الذرية
 国际原子能机构
 International Atomic Energy Agency
 Agence Internationale de l'énergie atomique
 Международное агентство по атомной энергии
 Organismo Internacional de Energía Atómica

Atoms For Peace

Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Wien, Austria
 Phone: (+43 1) 2600 • Fax: (+43 1) 26007
 E-mail: Official.Mail@iaea.org • Internet: http://www.iaea.org

In reply please refer to: 754-J1.05

Dial directly to extension: (+43) 2600 21666

Dr. Raúl Oscar Racana
 Presidente
 Autoridad Regulatoria Nuclear
 Avenida del Libertador 8250
 1429 Buenos Aires
 Argentina

AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR	
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA	
DE LA NACIÓN	
ENTRÓ	SALIO
2 MAY 2005	RIT

28 de abril de 2005

Racana

Señor Presidente:

Desco hacer referencia a su carta de fecha 15 de abril de 2005 dirigida al Director General Adjunto, Jefe del Departamento de Seguridad Nuclear Tecnológica y Física del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Sr. Taniguchi, que me ha sido remitida para darle curso.

Me complace comunicarle que en respuesta a su solicitud, la Secretaría del OIEA dispondrá lo necesario para la aplicación de las normas internacionales de seguridad radiológica con el fin de garantizar la protección radiológica del público contra las exposiciones a las radiaciones que podrían ser atribuibles a la explotación del Centro Atómico Ezeiza. Hemos tomado nota de los dos informes que usted envió al OIEA con su solicitud, a saber.

1. un informe del geólogo profesional designado como testigo especializado (denominado en adelante *el informe del experto*); y
2. un informe de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) (denominado en adelante *el informe de la ARN*), en el que se formulan observaciones con respecto al informe del experto.

De conformidad con su solicitud, le adjunto a la presente nuestra evaluación inicial del informe de la ARN en comparación con el informe del experto. Esta evaluación se realiza en previsión de una pronta aplicación, aunque preliminar, de las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (las NBS)*, coauspiciadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud, la Organización Mundial de la Salud y el OIEA.

Según nuestra evaluación inicial, el informe de la ARN es técnicamente sólido, dados los análisis radioquímicos realizados en el medio afectado, y en él se presentan conclusiones verosímiles relacionadas con la protección radiológica del público y el medio ambiente, como se indica en las NBS.

La Secretaría examinó el informe del experto por cuanto se mencionó varias veces en el informe de la ARN, y observó las siguientes deficiencias que consideramos que ponen en entredicho las conclusiones del informe del experto;

- comparación de un número insuficiente de muestras, con respecto tanto al lugar como a la fecha, y falta de escrutinio de incertidumbres analíticas en los datos interpretados;
- examen insuficiente de la producción, distribución y variabilidad de los radionucleidos naturales en el medio ambiente;

Página 2

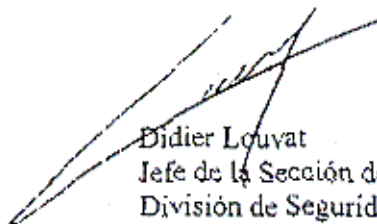
- uso de datos inadecuados para la interpretación de la geoquímica isotópica (por ejemplo, datos de espectrometría alfa para evaluar el enriquecimiento en ^{235}U ; tratamiento erróneo del desequilibrio de la cadena de U y de la relación de la actividad $^{236}\text{U}/^{235}\text{U}$), y utilización de referencias bibliográficas obsoletas;
- falta de identificación mineralógica y geoquímica de posibles fuentes primarias de contaminantes, tales como efluentes autorizados del Centro Atómico Ezeiza, suelos naturales y formaciones geológicas, otras fuentes antropógenas (precipitación mundial, fertilizantes y otros);

y la deficiencia más grave desde nuestro punto de vista,

- uso inapropiado de la metodología de evaluación de dosis para la protección radiológica y uso incorrecto de las normas internacionales de protección radiológica y las directrices sanitarias internacionales.

Si, como se indica en su carta, usted desea obtener una evaluación definitiva e independiente de una misión internacional a cargo de organizaciones internacionales competentes (por ejemplo, OMS, OPS, UNSCEAR) y expertos independientes, el OIEA estará dispuesto a participar y adoptar las disposiciones necesarias para la aplicación de las normas internacionales de seguridad radiológica.

Quedo de usted atentamente,



Didier Louvat
Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos
División de Seguridad Radiológica,
del Transporte y de los Desechos

cc.: Misión Permanente de la Argentina



IAEA

الوكالة الدولية للطاقة الذرية
国际原子能机构
International Atomic Energy Agency
Agence Internationale de l'Énergie Atomique
Международное агентство по атомной энергии
Organismo Internacional de Energía Atómica

Atoms For Peace

Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Wien, Austria
Phone: (+43 1) 2600 • Fax: (+43 1) 26007
E-mail: Official.Mail@iaea.org • Internet: <http://www.iaea.org>

In reply please refer to: 754-J9.05
Call directly to extensions (+43 1) 2600-22700

H.E. Ms. Elsa Kelly
Ambassador
Permanent Representative of Argentina to the
IAEA
Goldschmiedgasse 2/1
A-1010 Vienna

2005-07-13

Madam,

I have the honour to refer to your letter of 13 May 2005 and have the pleasure to inform you that Mr. Didier Louvat, Head of the Waste Safety Section of the Division of Radiation, Transport and Waste Safety, implemented the Fact Finding Mission requested by your Government.

I am pleased to attach the mission report prepared by Mr. Louvat. You will notice that the mission was carried out by a joint IAEA-PAHO team. I wish to emphasize some conclusions to this report as follows. The mission concluded that there are no technical indicators to support that there is a radiological risk to the population in using groundwater from wells located in the vicinity of the Ezeiza nuclear research centre, the CAE. The mission also confirmed that the Argentine National Regulatory Authority (ARN), has the necessary resources and technical experience to ascertain the situation in Argentina with regard to the protection of individuals from ionizing radiation. However, taking into consideration the recent petition for an International Expert Appraisal to your Government by the federal judiciary in charge of the lawsuit related to the possible contamination of groundwater by releases from the CAE, Mr. Louvat included in his report a possible Work Plan and cost estimate for such an appraisal.

After your Government's evaluation of the attached mission report, your Government may consider to request the IAEA to conduct the International Expert Appraisal. The Department of Nuclear Safety and Security will be prepared to arrange for such appraisal through an extrabudgetary project funded by your Government.

If requested by your Government, the International Expert Appraisal shall be undertaken subject to the privileges and immunities accorded by the Argentine Republic to the Agency, its officials and experts on mission contained in the Agreement on the Privileges and Immunities of the International Atomic Energy Agency, which was accepted by the Government on 15 October 1963.

Accept, Madam, the assurances of my highest consideration.

Tomihito Taniguchi
Deputy Director General
Head, Department of Nuclear Safety and Security

Enclosure

cc: Dr. Raúl Oscar Racana, President ARN

AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION	
ENTRÓ	SALIO
14 JUL. 2005	

Reg. N° 42.950/5

INFORME DE LA MISIÓN PARA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN RADIOACTIVA EN EL MEDIO AMBIENTE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CENTRO ATÓMICO Ezeiza

Didier LOUVAT
Organismo Internacional de Energía Atómica

Antecedentes

Dentro del marco de una causa judicial¹ el Gobierno Argentino, a través de su Embajada en Viena y a pedido de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) Argentina, solicitó al ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (OIEA) que, en cumplimiento de las funciones establecidas en el Artículo III.A.6. de su Estatuto, provea a la aplicación de la normativa de seguridad internacional para la protección radiológica del público en el área de influencia del Centro Atómico Ezeiza (CAE), ubicado en la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

En respuesta a la solicitud del Gobierno Argentino, el OIEA envió una "Fact Finding Mission" a la Argentina que se realizó entre el 1º y 3 de junio 2005.

Cabe destacar que, un informe pericial de la causa (así llamado "*Informe Pericial N° 6*") tomó estado público. Este informe declaraba que el agua bebible por la población aledaña al CAE estaba contaminada con material radiactivo antrópico y que, en particular, contenía uranio enriquecido y uranio empobrecido. Esta información tuvo una gran repercusión pública y causó gran ansiedad en la población, ocasionando centenares de consultas de miembros del público, no solo a organizaciones oficiales Argentinas y a organizaciones no-gubernamentales sino además a la oficina de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en Buenos Aires.

Ante esta situación, la ARN preparó un *contrainforme al Informe Pericial No.6* y le requirió al OIEA una evaluación de este contrainforme de la ARN con respecto al Informe Pericial No 6. Frente a este pedido formal, el OIEA emitió un informe inicial basado en las normas internacionales de seguridad radiológica, destinadas a garantizar la protección radiológica del público contra las exposiciones a la radiación (como las que podrían ser atribuibles a la operación del CAE).

La evaluación del OIEA fue inmediatamente remitida a la Justicia Argentina por la ARN y estableció que "*el informe de la ARN es técnicamente sólido ... y en él se presentan conclusiones verosímiles relacionadas con la protección radiológica del público y el medio ambiente*". Respecto del *Informe Pericial N° 6*, el OIEA indicó que contenía "*deficiencias que ... ponen en entredicho las conclusiones del informe*". Entre las deficiencias del *Informe Pericial N° 6*, el OIEA destacó como la más "*grave*" el "*uso inapropiado de la metodología de evaluación de dosis para la protección radiológica y uso incorrecto de las normas internacionales de protección radiológica y las directrices sanitarias internacionales*".

¹ La causa n° 5.452, caratulada "Actuaciones Instruidas por averiguación presunta infracción artículos 200 y 207 del Código Penal" (argentino), de trámite por ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional N° 1 de Lomas de Zamora, sito en la calle Alem 180 de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires, Argentina a cargo del Juez Federal Alberto P. Santa Marina, del registro de la Secretaría N° 1 del Dr. Gustavo F. González.

Por otra parte, vista la mención en el Informe Pericial No. 6 sobre la presencia de uranio enriquecido y empobrecido (sobre la base de mediciones incorrectamente interpretadas) y en virtud de la eventual afectación de compromisos internacionales respecto a la no-proliferación de armas nucleares, la ARN solicitó a la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC) un análisis del agua de la zona. Concretamente se solicitó a la ABACC que aportara su evaluación y conclusión indudablemente independientes sobre el Informe Pericial N° 6. Ello se hizo en razón de que el CAE está sujeto al *Sistema Común de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares* (SCCC) que aplica la ABACC desde principios de la década de los 90². La ABACC realizó un análisis isotópico de las muestras de agua que fueron tomadas para fundamentar el Informe pericial N° 6 y concluyó que "los resultados obtenidos no indican la presencia de uranio enriquecido ni empobrecido en ninguna de las muestras".

Desarrollo de la Misión

La Misión fue conducida por Didier Louvat, Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos del OIEA. También participó la Ingeniera Maria del Rosario Castro en representación de la OPS.

El 1° de junio de 2005 la misión recibió una exposición de la situación a cargo de la ARN. Durante esa presentación, la ARN comunicó a la misión del OIEA que la Argentina muy probablemente requerirá un *Peritaje Internacional*. Este requerimiento se origina en una exhortación judicial librada por la Justicia Federal Argentina al Poder Ejecutivo Nacional (el Juez a cargo de la investigación en la causa judicial hizo el pedido a la Jefatura de Gabinete de Ministros³, el que fue remitido a la ARN por la Subsecretaria y la Secretaria General de la Presidencia de la Nación). La Justicia Argentina libró también un requerimiento judicial similar directamente a la ARN.

En particular, la Justicia Federal Argentina le requiere al Gobierno Argentino que se haga lugar al ofrecimiento que fuera efectuado a la ARN por el OIEA en su informe de fecha 28 de abril de 2005, para que, en virtud de su competencia estatutaria, organice un peritaje definitivo e independiente mediante una misión internacional, con la participación de organizaciones competentes tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Comité de las Naciones Unidas para el Estudio de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR).

² La República Argentina es firmante, entre otros instrumentos internacionales, del *Tratado sobre No Proliferación de las Armas Nucleares*, y del *Tratado de Tlatelolco*. El Gobierno Argentino, el Gobierno Brasileño, la ABACC y el OIEA tienen firmado un acuerdo cuatripartito para la aplicación de las salvaguardias. Dichos instrumentos, en esencia, comprometen a la República Argentina al uso exclusivamente pacífico de los materiales e instalaciones nucleares, y la obligan a informar a los organismos internacionales de control sobre todas las actividades sensitivas que se realicen, como -por ejemplo- las de enriquecimiento de uranio. De la información contenida en el Informe Pericial 6, se podría deducir incorrectamente que la República Argentina podría haber violado esos compromisos internacionales.

³ La Jefatura de Gabinete de Ministros es el organismo que asiste directamente al Presidente de la Nación Argentina en la conducción política de la administración general del país y ejerce las atribuciones que le sean por él delegadas. Entre sus funciones están las de: articular la información proveniente de los organismos de la Administración Pública Nacional y la emanada del Poder Legislativo Nacional; supervisar el seguimiento de las actividades de gestión de las distintas áreas del Poder Ejecutivo Nacional; coordinar las relaciones entre los distintos Ministerios y Secretarías del Poder Ejecutivo Nacional; coordinar las relaciones entre el Poder Ejecutivo y Legislativo Nacionales.

La Misión fue informada de los detalles del requerimiento de la Justicia, parte de los cuales se transcriben a continuación;

El peritaje deberá determinar con la certeza que reclama el sistema valorativo vigente, las siguientes cuestiones sustanciales:

- A) Si existe contaminación, por la presencia de elementos radiactivos, en el suelo superficial, en el subsuelo, en las aguas superficiales y subterráneas, así como en el aire, de la zona abarcada por los partidos de Ezeiza, Esteban Echeverría y La Matanza de la provincia de Buenos Aires.
En su caso, deberá determinarse la entidad del peligro causado, si la contaminación puede atribuirse a las actividades que se realizaron y/o realizan en el predio del Centro Atómico Ezeiza dependiente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, son de tal modo que haya generado peligro para la salud.*
- B) Deberá comprobarse si el agua para consumo (humano y/o industrial) que se le provee a la población de las localidades anteriormente mencionadas se encontraría contaminada con elementos radiactivos y, por ello, resultaría nocivo para la salud.*
- C) En el supuesto de detectarse contaminación en las circunstancias señaladas y que no pudiere atribuirse a la actividad del mentado centro atómico, deberá determinarse el origen posible de ello.*

Por tal motivo, deberá elaborarse, a la mayor brevedad, el plan de trabajo correspondiente que comprenda las cuestiones abordadas precedentemente, con especial indicación de las actividades previstas para satisfacer dichos requerimientos probatorios, haciéndose expresa mención de los laboratorios con sede en el extranjero en donde se llevarán a cabo las determinaciones analíticas radioquímicas.

El día 2 de junio la Misión llevo a cabo una inspección de los siguientes lugares:

- Los laboratorios de la ARN;
- algunos de los sitios de muestreo de agua;
- el Área de Gestión de Residuos Radioactivos del Centro Atómico Ezeiza (CAE), y
- las instalaciones de la empresa Combustibles Argentinos Sociedad Anónima, (CONUAR), única Planta industrial del CAE donde se manipula uranio para la fabricación de combustibles.

Durante dichas inspecciones se tuvo oportunidad de discutir, directamente con los responsables directos, los aspectos técnicos de los procedimientos de monitoreo ambiental, mediciones en los laboratorios y gestión de desechos y efluentes.

La Misión también recibió una explicación detallada del sistema hidrogeológico de la región por parte del Instituto Nacional del Agua (INA), dependiente de la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Gobierno Nacional de Argentina.

El día 3 de junio se llevó a cabo un "Exit Meeting" con funcionarios de la ARN en el que se pre-acordaron los términos de referencia del peritaje internacional y se estimaron los costos financieros aproximados.

Necesidad de un Peritaje Internacional

A raíz de lo observado y evaluado durante la misión, los expertos ratificaron las conclusiones a que arribara el OIEA en su informe inicial. Por lo tanto, el OIEA considera que el Peritaje Internacional requerido no es necesario dado que no existe ninguna evidencia que la normativa internacional de protección radiológica del público se haya violado y la ARN cuenta con capacidad técnica para hacer sus propias evaluaciones de manera independiente. Sin embargo, visto el requerimiento de la Justicia Argentina y la consideración dada a este requerimiento por el Gobierno Argentino, el OIEA –dentro de sus atribuciones estatutarias– está dispuesto a organizar el peritaje requerido por el Gobierno Argentino como un proyecto extra-presupuestario.

En ese sentido, y atendiendo lo solicitado por la justicia argentina, se adjunta un Plan de Trabajo tendiente a determinar la contaminación con elementos radiactivos en el suelo superficial, en el subsuelo, en las aguas superficiales y subterráneas y en el aire de la zona abarcada por los partidos de Ezeiza, Esteban Echeverría y La Matanza en la Provincia de Buenos Aires, República Argentina y en el caso de existir, la entidad del peligro causado y el origen atribuible.

Conclusiones

A solicitud de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina y en virtud del grado de conmoción social que significó la divulgación del *Informe Pericial No. 6* relativo a la presunta contaminación radiactiva de agua potable en el zona de influencia del Centro Atómico Ezeiza, en Mayo de 2005, la OIEA produjo un informe inicial donde concluyó que la evaluación de la seguridad radiológica de la población realizada por la ARN era consistente con las técnicas y estándares internacionales en la materia, por lo que la afirmación que no existen riesgos para la población es verosímil.

Contrariamente, del análisis del *Informe Pericial No. 6* se concluye que el mismo contiene deficiencias que ponen en entredicho las conclusiones del mismo y que el autor aplicó inadecuadamente la metodología de evaluación de dosis y usó incorrectamente las normas internacionales de protección radiológica y las directrices sanitarias internacionales.

A continuación, a pedido la Argentina, se envió la "Fact Finding Mission" que se describe en este informe, durante la cual se verificó la validez de las apreciaciones técnicas del *contrainforme* preparado por la ARN y que constituyen la base para ratificar que no hay indicios técnicos que permitan sustentar que existe una riesgo para la población. Asimismo, se ratifica que la ARN cuenta con los recursos y la trayectoria técnica necesarios para definir la situación en su país respecto a la protección de personas frente a las radiaciones ionizantes.

No obstante, pese a esta conclusión reiterada, la Justicia Argentina estima necesaria una Misión Internacional y el Gobierno Nacional también la consideraría oportuna. La OIEA será la organización que dirigirá una misión de expertos de distintas agencias internacionales, como la misma OIEA, la OMS, la OPS y el UNSCEAR.

Se definió un Plan de Trabajo, que se adjunta, para dicha misión internacional de expertos el que será remitido a consideración del Gobierno de Argentina.

Plan de Trabajo

Objetivo

Determinar si existe contaminación con elementos radiactivos en el suelo superficial, en el subsuelo, en las aguas superficiales y subterráneas y en el aire de la zona abarcada por los partidos de Ezeiza, Esteban Echeverría y La Matanza en la Provincia de Buenos Aires, República Argentina, de tal modo que haya generado peligro para la salud y, en su caso, la entidad del peligro causado.

Comprobar si el agua de consumo (humano y/o industrial) que se le provee a la población de las localidades mencionadas se encontraría contaminada con elementos radiactivos y, por ello, resultaría nocivo para la salud.

Determinar si, de existir, la contaminación puede atribuirse a las actividades que se realizaron y/o realizan en el predio del Centro Atómico Ezeiza o bien otro origen posible.

Evaluar el trabajo realizado por la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina, en relación al caso en cuestión, respecto al estado de arte internacional en la materia de protección radiológica frente a los efectos de las radiaciones ionizantes y la normativa internacional de seguridad vigentes.

Marco de Referencia

El marco de referencia que gobernará la ejecución del Peritaje será la normativa internacional aplicable en materia de protección y seguridad radiológica, es decir las Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra la Exposición a las Radiaciones Ionizantes y la Seguridad de las Fuentes de Radiación (usualmente conocidas como BSS). Las BSS son co-patrocinadas por todas las organizaciones relevantes dentro del sistema de la Naciones Unidas, es decir: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el OIEA. La última edición de la BSS fue aprobada en el año 1997 por las organizaciones co-patrocinantes y se ha publicado en la Colección Seguridad con el número 115.

Dentro de los BSS, los niveles genéricos de actuación para radioactividad en alimentos son establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius (dependiente de la FAO y la OMS) y para radioactividad en agua bebible son establecidos en las Directrices Relativas a la Calidad del Agua Potable de la OMS. Los últimos valores establecidos por la OMS para definir la presencia de sustancias radioactivas en agua bebible fueron incorporados en las BSS en Septiembre de 2004 por Resolución de la Junta de Gobernadores y la Conferencia General del OIEA (Ref., documento OIEA GOV/2004/54-GC(48)78).

Para la evaluación del programa argentino de vigilancia radiológica ambiental llevado a cabo por la ARN, se utilizará como referencia la Guía internacional de Seguridad del OIEA, RS-G-1.8 "Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection".

Participación Internacional en el Peritaje

El OIEA organizará el Peritaje Internacional requerido. Se invitará a participar a expertos de las siguientes organizaciones internacionales de las Naciones Unidas: el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS)⁴ y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Se invitará también a participar a las siguientes organizaciones no-gubernamentales e independientes de Naciones Unidas, la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

La Presidencia del Peritaje Internacional será ofrecida al Presidente de la ICRP.

Muestreo ambiental

Se tendrán en cuenta los datos de muestreos anteriores y se complementarán con muestras adicionales más recientes, para verificar los niveles ya registrados y comprobar la calidad de los análisis efectuados por ARN.

Durante la estadía en Argentina la Misión Internacional realizará todo el muestreo ambiental adicional necesario para corroborar o ampliar los resultados obtenidos por la ARN.

Además de aguas, se incluirán muestras de suelo, aire y cualquier fuente eventual de uranio natural y sus descendientes, por ejemplo fertilizantes utilizados en la agricultura.

Las muestras serán analizadas aplicando las técnicas y procedimientos de screening correspondientes compatibles con los estándares y metodologías aceptadas internacionalmente tendientes a garantizar la representatividad y calidad de las mismas.

Mediciones e intercomparación analítica

En virtud de la gran cantidad de muestras que es necesario procesar y medir, con el fin de poder aplicar prontamente los criterios de protección radiológica recomendados internacionalmente, en particular para el agua por la OMS en sus más recientes guías, la ARN proveerá los resultados de las series históricas de mediciones y mediciones de las muestras recolectadas durante el período más reciente, asegurando la *traceabilidad* de los resultados, con los correspondientes procesos de garantía de calidad.

La OIEA realizará todas las mediciones de muestras necesarias para corroborar o ampliar los resultados obtenidos, en particular en aquellos casos que hayan indicado la superación de valores guías para screening, acorde a la normativa internacional.

La medición de las muestras ambientales que fueren necesarias para el Peritaje estarán a cargo del Laboratorio de referencia Internacional de Seibersdorf, Austria.

Se realizarán los correspondientes estudios analíticos de los resultados con las técnicas vigentes.

⁴ La participación de la OMS y la OPS serán solicitadas por la ARN a la oficina de la OPS en Buenos Aires.

Evaluación de dosis para protección radiológica

En todos los casos y en particular en aquellos en que los valores medidos de concentración de radionucleidos en aguas para consumo humano y/o industrial estén por encima de los valores guía internacionales, se procederá a evaluar la dosis de radiación real presumible para las personas expuestas, independientemente del origen natural y/o antrópico de dichos valores. Se aplicarán las técnicas vigentes de evaluación de dosis y se compararán los valores obtenidos con los límites y, cuando sea necesario, se aplicarán los principios de optimización teniendo en cuenta los factores económicos y sociales correspondientes.

Se compararán los valores obtenidos con las normativa internacional vigente para la protección de las personas y el ambiente frente a los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Identificación del origen de la hipotética contaminación

Se realizarán análisis de los resultados obtenidos en las mediciones, evaluaciones de las fuentes posibles naturales y/o antrópicas y, de ser necesario, validación con modelos de dispersión ambiental para identificar o descartar el origen de los contaminantes en la zona estudiada.

Información que deberá suministrar la República Argentina con anticipación a la Misión

1. Definición precisa de la región que cubrirá el Peritaje (Toda la extensión de los Partidos de Matanzas, Esteban Echeverría y Ezeiza).
2. Caracterización geográfica y geológica de la región definida.
3. Demografía de la región definida, incluyendo la identificación de los grupos de población críticos desde el punto de vista radiológico.
4. Hidrogeología de la región definida, incluyendo recursos y uso del agua, la caracterización de los pozos de toma de agua, etc.
5. Descripción completa del Centro Atómico Ezeiza y de las actividades que se desarrollan en el mismo, incluyendo los niveles históricos de descargas de materiales radioactivos al ambiente.
6. Localización precisa de todos los puntos de toma de muestra de agua existentes en la región.
7. Información disponible sobre análisis de radionucleidos en muestras ambientales
8. Los informes existentes sobre evaluación radiológica ambiental de la región definida.
9. Listado de los equipos de muestreo, equipos analíticos y de los expertos Argentinos que se pondrían a disposición del Peritaje.

La Argentina deberá además designar un oficial de enlace con amplios poderes para facilitar el desarrollo del Peritaje.

Desarrollo del Peritaje

El Peritaje se desarrollará, luego de la pre-evaluación de la información, como una Misión de "appraisal" durante una semana.

La metodología de la evaluación ambiental incluirá:

- El método de evaluación de la presencia de contaminantes radioactivos en el agua de beber establecida por la OMS
- Una estrategia de muestreo estadístico de manera de optimizar el estudio y evitar tomar muestras en cada una de las miles de tomas de agua existentes en la región
- Audiencia de expertos Argentinos relevantes
- Una estrategia analítica

El Peritaje también llevará a cabo una evaluación del programa de vigilancia ambiental de la ARN, incluyendo un "appraisal" de:

- El programa
- El muestreo ambiental
- La capacidad analítica de los laboratorios
- El nivel profesional de los expertos responsables

El Peritaje tomara muestras ambientales para corroboración que serán medidas e interpretadas en el Laboratorio Internacional de Seisbersdorf, Austria.

La coordinación de la interacción de la Misión internacional con las instituciones argentinas involucradas estarán a cargo del Oficial de Enlace designado por la ARN.

El Peritaje desarrollará un informe preliminar durante la misión, el que será entregado a la ARN.

El Peritaje, una vez que disponga de los resultados de las muestras ambientales, desarrollará un "Appraisal Report". Este informe será discutido en una segunda reunión del grupo, la que tendrá lugar en Viena.

El Informe Final del Peritaje internacional será entregado al Gobierno de Argentina .y, con el acuerdo del Gobierno, será publicado en la Serie "Radiological Assessment".

Aspectos Financieros

El costo final del Peritaje dependerá fundamentalmente del numero de muestras analizadas y de los análisis requeridos para cada una de ellas. Se ha estimado provisoriamente que ese costo será de alrededor de los 100.000 dólares de los Estados Unidos de América.

INFORME DE LA ABACC

3 de mayo de 2005



ABACC

AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA
DE CONTABILIDADE E CONTROLE DE
MATERIAIS NUCLEARES

AGENCIA BRASILEÑO-ARGENTINA
DE CONTABILIDAD Y CONTROL DE
MATERIALES NUCLEARES

C-0598 /2005

Río de Janeiro, 03 de Mayo de 2005

Dr. Raúl Oscar Racana
Presidente del Directorio de la
Autoridad Regulatoria Nuclear
S/D.

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con relación al análisis isotópico de muestras de agua subterránea solicitado en la carta ARN 823/05 del 22 de Abril de 2005.

En el espíritu de colaboración que siempre orientó las relaciones entre ABACC y la Autoridad Regulatoria Nuclear, esta Agencia realizó en uno de sus laboratorios acreditados los análisis solicitados. Los resultados obtenidos no indican la presencia de uranio enriquecido ni empobrecido en ninguna de las muestras.

En relación con las posibles implicancias de dichos resultados en el ámbito del SCC, cabe aclarar que en el actual sistema de salvaguardias vigente en Argentina y Brasil, la ABACC solo está autorizada a verificar las instalaciones y los materiales nucleares declarados por los países, dado que el Acuerdo Bilateral no concede autoridad a esta Agencia para actuar en circunstancias similares a las descritas en la carta ARN 823/05.

También es necesario aclarar que está fuera del mandato de ABACC intervenir en asuntos judiciales de naturaleza ambiental en cualquiera de los estados parte.

Esta Secretaria se encuentra a su disposición para las aclaraciones que considere necesarias en el ámbito de las buenas relaciones que siempre han existido entre la Autoridad Regulatoria Nuclear y ABACC.

Sin otro particular, saludo a usted atentamente:

RIT SRN Racana

AUTORIDAD REGULATÓRIA NUCLEAR	
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA	
DE LA REPÚBLICA	
ENTRÓ	SALIO
- 5 MAYO 2005	41474/5

Dr. José Mauro Esteves dos Santos
Secretario de ABACC



ABACC

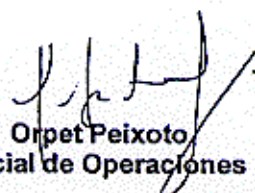
AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA
DE CONTABILIDADE E CONTROLE DE
MATERIAIS NUCLEARES

AGENCIA BRASILEÑO-ARGENTINA
DE CONTABILIDAD Y CONTROL DE
MATERIALES NUCLEARES

ANEXO NOTA C-0598/2005-05-05

Ubicación de los pozos donde se tomaron las muestras de agua subterráneas del Centro Atómico Ezeiza y sus alrededores, analizadas por espectrometría de masa.

<u>Ubicación</u>	<u>Coordenadas geográficas (GPS)</u>	<u>Fecha de muestreo</u>
CONUAR-1, dentro del predio de la empresa, en el denominado internamente pozo N° 1.	Latitud S 34° 49' 59,1" Longitud O 58° 34' 14,9"	22/04/2005
Barrio Privado LA CELIA, calle Río Paraná 16, Finca Tío Coco	Latitud S 34° 49' 21,1" Longitud O 58° 35' 15,7"	26/04/2005
Sindicato Empleados de Comercio	Latitud S 34° 49' 44,7" Longitud O 58° 34' 54,3"	26/04/2005


Orpet Peixoto
Oficial de Operaciones

**INFORME DE LA ACADEMIA
NACIONAL DE MEDICINA**

31 de marzo de 2005



ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA
(BUENOS AIRES)

Señor Juez
Dr. Alberto P. Santa Marina
Juzgado Federal de Primera Instancia
en lo Criminal y Correccional N° 1 de
Lomas de Zamora
Alem 180- -
1832 - Lomas de Zamora - Prov. de Bs. As.

Buenos Aires, marzo 31 de 2005

De nuestra consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a V. S. en respuesta al oficio librado a esta H. Academia Nacional de Medicina en la causa N° 5452 caratulada: "ACTUACIONES INSTRUIDAS POR AVERIGUACIÓN PRESUNTA INFRACCIÓN ARTICULOS 200 Y 207 DEL CODIGO PENAL", que tramitan ante ese Juzgado. se adjunta copia del oficio.

De acuerdo al informe especializado que esta Academia hace suyo, cumplimos en informar:

Pregunta: Informar a este Tribunal respecto a los efectos nocivos para la salud que podrían derivarse de la presencia, ya sea en el agua, suelo y/o ambiente de elementos radiactivos tales como estroncio, cobalto, cesio, radio, uranio total, isótopos del uranio, alfa total, beta total, radón y tritio, así como de nitratos (berilio y telurio) y, en su caso, se informe pormenorizadamente sobre los órganos que se verían afectados.

Respuesta: Previamente a cualquier comentario sobre el tema es necesario conocer que la radiación en el ambiente en nuestro planeta es producida naturalmente por isótopos radiactivos que están en la naturaleza y están universalmente distribuidos (p.e. en el aire, en la tierra, en el agua, en las construcciones, edificios, especialmente de paredes de cemento) en los animales, en los vegetales y en nuestro mismo cuerpo.

Por lo arriba expuesto la radiación total que un ser humano recibe normalmente se debe:

- 1) Radiación ambiental, arriba explicitada.
- 2) Radiación por atención médica (radiografías y otros métodos de diagnóstico, incluso con isótopos).
- 3) Industria nuclear, la dosis es muy pequeña con respecto a las primeras y se debe a un rígido control en la mayoría de los países por las regulaciones OIEA (Organización Internacional de Energía Atómica).

Con relación a la actual preocupación pública de contaminación de napas.

Esto suele ser debido no a la radiactividad que se puede medir rutinariamente, sino a otros compuestos tóxicos como es habitual en áreas cercanas a sectores industriales (p.e. Riachuelo).


Con respecto al uranio, recordamos que el uranio natural (en donde predomina el uranio 238) es difundido por toda la tierra y es prácticamente imposible encontrar un sector de terreno sin alguna concentración de uranio. También vale la pena recordar que si bien tiene una baja radiación, el efecto del uranio en altas concentraciones es de "acción química" como el mercurio y demás metales pesados, siendo el órgano más dañado el riñón.


Con respecto al efecto de las radiaciones naturales imposibles de evitar en nuestro planeta, podemos suponer que a largo plazo y en dosis ambientales solo producirán cambios genéticos de algún tipo.


Hemos tratado de condensar la respuesta dada la urgencia de la solicitud, pero nos ponemos a su disposición para cualquier información adicional, ya sea técnica o bibliográfica.

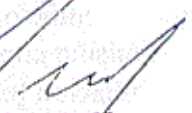
Se deja constancia que esta H. Academia es ajena al caso particular que origina el litigio, siendo la información que suministra de carácter abstracto y al solo fin de colaborar con la Justicia.

Saludamos a V. S. con nuestra mayor consideración.


ACAD. JUAN MANUEL GHIRLANDA
Secretario General


Acad. RÓMULO L. CABRINI
Presidente

Recibado en Secretaría Hoy 
siendo las 12:05 hs.-


GUSTAVO E. GONZALEZ
SECRETARIO FEDERAL

**INFORME DE
LA GENDARMERÍA
NACIONAL**

22 de marzo de 2005

ACTA DE REUNIÓN

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, a los veintidós días del mes de marzo de dos mil cinco, siendo las doce y treinta horas, en la División Medio Ambiente del Departamento Químico de la Dirección de Policía Científica de Gendarmería Nacional, el funcionario que suscribe **COMANDANTE D GUILLERMO ANTONIO MEZA (coordinador)**, en conjunto con los integrantes del equipo interdisciplinario propuesto por la Gendarmería Nacional, **COMANDANTE PRINCIPAL JUAN JOSÉ FERNÁNDEZ**, Licenciado **ALEJANDRO AMADEO LA PASTA** (del Ministerio de Salud y Ambiente), proceden a labrar la presente Acta, a los fines de dejar constancia de las actividades realizadas en el marco de la **causa 5452**, caratulada: **"ACTUACIONES INSTRUIDAS PÓR AVERIGUACIÓN PRESUNTA INFRACCIÓN ARTÍCULOS 200 Y 207 DEL CÓDIGO PENAL"**, que se tramita por ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Nro 1 de Lomas de Zamora a cargo del Dr. **ALBERTO P. SANTA MARINA**, Secretaria Nro 1 a cargo del Dr. **GUSTAVO GONZALEZ**.-----

Actividades Realizadas:

Continuando con las actividades que se desprenden de la lo ordenado por S.S., se propone:

1. Solicitar los protocolos de los últimos monitoreos efectuados por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) en y en proximidades del Centro Atómico Ezeiza (CAE).
2. Solicitar, en particular, los protocolos que se relacionan con los siguientes pozos de monitoreos que se detallan, más abajo, en razón de constar en el Informe Pericial efectuado por el hidrogeólogo, valores superiores al valor de screening, en tal sentido se requieren datos de:
 - ✓ El Pozo denominado 075-VDM-P1 para alfa total (R1).
 - ✓ El Pozo denominado 067-BPLC-4 para alfa total (R1)
 - ✓ El Pozo denominado 006-AA-EZ41 para beta total (R2)
 - ✓ El Pozo denominado 075-VDM-P1 para beta total (R2)
 - ✓ El Pozo denominado 072-CAE-I-1 para tritio (R3)
 - ✓ El Pozo denominado 079-CONUAR-1 para Estroncio 90 (R5)
 - ✓ El Pozo denominado 075-VDM-P1 para Masa Total Uranio (R7)
 - ✓ El Pozo denominado 079-CONUAR-1 para Masa Total Uranio (R7)
 - ✓ El Pozo denominado 061-BPLC-1 para Masa Total Uranio (R7)
3. En base a lo expuesto en 2., se sugiere a S.S. que personal de la ARN y medios de la ARN, bajo la supervisión de este equipo, proceda a la extracción, acondicionamiento y análisis de nuevas muestras (conforme a las técnicas previstas en el Manual de Uso por la Autoridad de Aplicación), en los pozos antes mencionados, como así también la obtención de blancos a establecer oportunamente, estos últimos con la finalidad de corroborar la presencia o no de radionucleídos en dichas muestras. Estos blancos se circunscribirán a la provincia de Buenos Aires.
4. En un primer y rápido análisis del Informe Pericial, obrante a fs 2012 surge en el punto 451 (CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES), donde dice, por ejemplo "...La existencia de una contaminación de radionucleídos emisores beta de carácter difusa y extensiva que alcanza o supera el nivel se screening ...", se tomó para el tipo de muestra beta total, el Informe de la Tabla que obra a fojas 1929, que dice que el pozo denominado 006-AA-EZ41, el cual posee el mayor, siendo 1,3 bq/l con un error

[Handwritten signature]

especificado +/- 0,2 y dado que el nivel guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la actividad beta total es de 1 bq/l y en dicha muestra, si bien esta se supera solamente en un 30%, ese valor conforme se expresa en el párrafo 269 (fojas 1970) "...si cualquiera de los niveles de screening es excedido deben identificarse los radionucleidos específicos y medirse su concentración de actividad individual, a los fines de estimar la dosis efectiva comprometida para cada radionucleido y determinar la suma de estas dosis, también dice en el párrafo 266 que los criterios recomendados por la OMS se basan en un nivel de dosis recomendado de 0,1 mSv (miliSievert) para la contaminación de agua de bebida de una año, es que en base a los datos de las distintas tablas de isótopos emisores beta muestreados, para dicho pozo se observó los valores de concentración de actividad individual sugiendo:

Para Tritio (Tabla fs. 1932) indica resultado menor a 0,4 bq/l.

Para Estroncio 90 (tabla fs. 1935) indica resultado menor a 0,01 bq/l.

Para Cesio 137 (tabla fs. 1937) indica resultado menor a 0,2 bq/l.

Para Cobalto 60 (tabla fs. 1937) indica resultado menor a 0,3 bq/l.

Y aplicando a los fines de calcular la dosis efectiva comprometida de incorporación para la ingestión para miembros del público la Tabla 3 de la norma AR 10.1.1 y considerando esta estimación para el caso de personas mayores a 17 años, con un consumo de dos litros de agua durante 365 días del año, dicha norma indica la aplicación de los siguientes factores dosimétricos:

Para agua tritiada $1,8 \times 10^{-11}$ Sv/bq

Para Estroncio 90 $2,8 \times 10^{-8}$ Sv/bq

Para Cesio 137 $1,3 \times 10^{-8}$ Sv/bq

Para Cobalto 60 $3,4 \times 10^{-9}$ Sv/bq

De la sumatoria de los productos de los coeficientes dosimétricos antes mencionados, por las actividades totales para cada uno de estos isótopos durante 365 días al año, nos permite estimar una dosis efectiva de aproximadamente $2,899 \times 10^{-3}$ mSv; es decir 2,89 microSv, que comparados con los 0,1 mSv (100 microSv) de valor de recomendación expresado más arriba, surge que dicha dosis es 34 veces menor

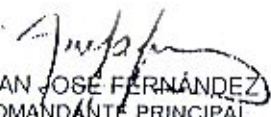
Visto este ejemplo y a los fines de contemplar los riesgos a la salud por efectos biológicos estocásticos (a largo plazo) y dado que las recomendaciones internacionales (ICRP 60), establecen las relaciones entre dosis y efecto o bien entre dosis y probabilidad de efecto. Por tal razón entendemos que sería apropiado evaluar no solo las actividades (como hizo el Hidrogeólogo) sino las dosis efectivas que implican en la población, dado que los efectos están vinculados a estas dosis.

Esta última recomendación es aplicable a todos los radionucleidos no solo a los emisores beta, entendiendo que esto debería evaluarse por parte de la Autoridad Competente (ARN.)

No siendo para mas se da por finalizado el presente acto, firmando los intervinientes TRES (3) copias del mismo tenor ante mi CONSTE.-----


ALEJANDRO AMADEO LA PASTA
LICENCIADO
MINISTERIO DE SALUD


GUILLERMO ANTONIO MEZA
COMANDANTE
DIRECCIÓN DE POLICIA CIENTIFICA


JUAN JOSÉ FERNÁNDEZ
COMANDANTE PRINCIPAL
DIRECCIÓN DE POLICIA CIENTIFICA

**INFORMES DE LA SOCIEDAD
ARGENTINA DE
RADIOPROTECCIÓN**

26 de abril de 2005

11 de mayo de 2005

Buenos Aires, 26 de Abril del 2005

VISTO que los que abajo suscriben, profesionales de protección radiológica y miembros de la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR), respondiendo a una convocatoria de la Comisión Directiva de la SAR, se reunieron como un *Grupo ad-hoc de asesoramiento de la Comisión Directiva de la SAR* (de aquí en mas denominado el Grupo) sobre asuntos de la Causa judicial No.5.452, caratulada “*Actuaciones Instruidas por Averiguación Presunta Infracción Artículos 200 y 207 del Código Penal*” (de aquí en mas denominada ‘la causa’), que se tramita ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional No.1 de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires; y

TENIENDO EN CUENTA,

(a) que la denuncia original que da curso a la causa aparentemente incluía una denuncia de existencia de contaminación radiactiva en el medio ambiente publico y que la misma perjudicaría la protección radiológica del público;

(b) que la protección radiológica es la disciplina científica que tiene por objetivo específico la protección de las personas de los efectos sanitarios detrimentales atribuibles a la exposición a la radiaciones ionizantes,

(c) que los profesionales de la protección radiológica tienen especial interés en la causa, desde el punto de vista profesional, científico y académico, en cuanto la misma se habría presumiblemente iniciado ante la conjetura de una violación de las normas de protección radiológica legalmente establecidas;

(d) que, desde su fundación, hace más de un cuarto de siglo, la SAR es la única asociación profesional argentina que agrupa específicamente a los profesionales argentinos de la protección radiológica;

(e) que su personería jurídica, como asociación civil sin fines de lucro, fue legalmente establecida por Resolución 645 de la Inspección General de Justicia de la Nación datada el 30/10/85;

(f) que es la única asociación civil profesional argentina que representa internacionalmente a los profesionales de la protección radiológica de la Argentina, para lo cual:

- es Miembro de la Federación de Sociedades de Protección Radiológica de América Latina y el Caribe (FRALC), que representa a los profesionales de la protección radiológica latinoamericanos y caribeños,
- es Miembro del Grupo Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica (GRIAPRA), que representa a los profesionales de la protección radiológica iberoamericanos, y
- es Miembro de la International Radiation Protection Association (IRPA), que representa a los profesionales de la protección radiológica de todo el mundo; y

(f) que es la sociedad profesional nacional de protección radiológica, entre todas las sociedades del mundo, que fue elegida como organizadora del próximo Congreso

Internacional de Protección Radiológica (IRPA 12) a llevarse a cabo en Buenos Aires, en octubre de 2008.

(g) que los propósitos de la SAR incluyen...*'promover el intercambio de conocimientos en materia de protección radiológica y temas conexos con esa especialidad...[y]...el conocimiento de los criterios de radioprotección en lo que hace a la existencia y al empleo de sustancias radioactivas y fisionables y a fuentes de instalaciones generadoras de radiaciones'*...;

ADVIRTIENDO que información relacionada con la causa ha sido ampliamente difundida por los medios de difusión (televisión, prensa oral y escrita);

EXAMINANDO los aspectos de la causa que han sido hechos públicos, en particular el documento titulado *'Informe Pericial No. 6'*, así como un documento facilitado a la SAR por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) cuyo título es: *'Informe de la ARN-Análisis del Informe Pericial No.6'*;

SEÑALANDO que la difusión mediática de aspectos parciales de la causa relacionados con la protección radiológica del público aparentemente ha creado angustia ansiedad, inquietud, intranquilidad y zozobra en la población ante la posibilidad de no estar adecuadamente protegida desde el punto de vista radiológico, y la consiguiente situación general de alarma y aprehensión pública que ha movilizado a autoridades municipales, provinciales y nacionales inclusive;

SUBRAYANDO que si estos hechos fueran aparentes se afectaría *interalia* la credibilidad de la profesión de la protección radiológica en general y de los profesionales argentinos de esta disciplina en particular.

IGNORANDO las razones por las que no se requirió, con la urgencia que el caso podía haber ameritado, la intervención técnica de la ARN, considerando la función que por Ley incumbe tal organismo, en su carácter de autoridad federal competente en la materia, y teniendo en cuenta que dicho organismo cuenta entre su personal con un elevado número de especialistas en protección radiológica;

LAMENTANDO que, de haber sido necesario, por cualquier motivo, un peritaje profesional independiente, no se haya recabado el asesoramiento correspondiente a la SAR, única asociación civil con personería jurídica de los profesionales argentinos especializados en la materia de la denuncia que dio lugar a la causa, dado que en tal caso la SAR podría haber puesto a disposición de la Justicia los nombres de todos los profesionales especializados en protección radiológica (alrededor de 300 en Argentina, 1000 en Latinoamérica y más de 20.000 en todo el mundo)

ENTENDIENDO que no se ha incluido al Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires en las consultas universitarias de práctica, y que esa exclusión ha contribuido a privar a la causa de asesoramiento universitario competente teniendo en cuenta que dicho Departamento es el único centro de estudios de la Argentina que ha desarrollado todos los años desde hace más de un cuarto de siglo un Curso Internacional de Post-Grado en Protección Radiológica en el que se han graduado cientos de especialistas, no solo de la Argentina sino además de decenas de países del mundo;

DEPLORANDO que para llevar a cabo un peritaje sobre un problema de protección radiológica, se haya designado como único perito principal de la causa, a un profesional geólogo de quien la SAR, luego de una búsqueda de antecedentes profesionales, no ha encontrado que registre ningún antecedente en la profesión de protección radiológica;

NOTANDO que, posiblemente como resultado de lo antedicho, el perito designado ordenó llevar a cabo un monitoreo radiológico ambiental que contiene errores metodológicos los que *interalia* incluye lo siguiente: no se llevó a cabo un monitoreo ambiental integrado sino uno dicotómico, en el cual:

-por una parte, el perito recogió muestras ambientales sin tener ni la competencia profesional para medirlas ni – a juzgar por los errores cometidos – interpretar los resultados de las mediciones hechas por otros y,

-por otra parte profesionales especializados de la ARN se vieron obligados, bajo instrucción judicial, a medir en sus laboratorios las muestras que se les eran provistas sin saber ni bajo que condiciones habían sido recogidas ni con que objetivo final se llevaban a cabo las mediciones;

VERIFICANDO que, a pesar de los errores metodológicos antedichos, ni los resultados de las mediciones realizadas ni ninguna otra información objetiva del *‘Informe Pericial No. 6’* permiten colegir que exista un problema de protección radiológica del público;

ADVIRTIENDO que el *‘Informe Pericial No. 6’* afirma, sin fundamento evidente ni justificación alguna, que: *“Las determinaciones de isótopos de uranio [realizados por personal de la ARN, de probidad profesional reconocida] evidencian una falencia significativa en el cálculo de la Actividad de U235, que presenta características de modificaciones efectuadas en forma manual y consciente”* [sic], y haciendo notar que tal afirmación resulta ser improcedente.

EL GRUPO CONCLUYE EN

- (1) **DECLARAR** que del análisis de la información de la causa disponible, realizado por el Grupo, no resulta evidencia alguna de la existencia de violaciones a las normas nacionales ni internacionales de protección radiológica del público;
- (2) **MANIFESTAR** que ha constatado que el *‘Informe Pericial No. 6’* – cuya difusión pública aparentemente ha sido la causa de la situación arriba enunciada – contiene errores técnicos y metodológicos básicos en lo relativo a la evaluación del nivel de protección radiológica de la población afectada,
- (3) **HACER NOTAR** que muchos de esos errores han sido subrayados en el *‘Informe de la ARN-Análisis del Informe Pericial No.6’*;
- (4) **OBJETAR**, por lo tanto, las conclusiones radiológicas del *‘Informe Pericial No. 6’* por las razones antedichas;

(5) **ADVERTIR** que el contenido y conclusiones radiológicas del *‘Informe Pericial No. 6’* demuestran claramente que el autor de ese informe no es idóneo en la profesión de la protección radiológica;

(6) **REFUTAR**, en particular, la afirmación del *‘Informe Pericial No. 6’* que dice que: *“La determinación de isótopos de uranio [que fueran realizados por personal de la ARN de probidad profesional reconocida] evidencian una falencia significativa en el calculo de la Actividad de U235, que presenta características de modificaciones efectuadas en forma manual y consciente”*; y,

(7) RECOMENDAR A LA COMISIÓN DIRECTIVA DE LA SAR

(a) **Que informe** a la Justicia que la SAR se encuentra a su disposición en general y, en particular, a disposición del Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional No.1 de Lomas de Zamora, a efectos de brindar asesoramiento profesional competente en materia de protección radiológica para la causa.

(b) **Que desarrolle** de inmediato un programa de difusión pública con el propósito de ilustrar al público en general sobre aspectos fundamentales de protección radiológica relacionados con la causa, a fin de evitar que la población sea intranquilizada sin motivos objetivos;

(c) **Que se solidarice** con los profesionales de la protección radiológica que pudieren haber sido injusta e indebidamente afectados por la causa.

(d) **Que comuniqué** lo acaecido a los miembros de la SAR así como a la FRALC, a la GRIAPRA y al IRPA.

Grupo *ad hoc* integrado por:

Ing. César Arias

Asesor de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Asesor de la Agencia Internacional de Protección Radiológica.

Profesor de Posgrado en Protección Radiológica de la Universidad de Buenos Aires.

Ex Director Nacional de Saneamiento Ambiental y Calidad ambiental (Ministerio de Salud).

Ex Presidente del Consejo Asesor en Aplicación de Radioisótopos.

Ex Miembro de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

Ex Presidente de la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR) y de la Federación de Sociedades de Protección Radiológica de América Latina y el Caribe (FRALC).

Ing. Elías Palacios

Secretario Ejecutivo de la Agencia Brasileño Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC).

Experto en Protección Radiológica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en más de 20 países y en la mayor parte de los países de América Latina.

Ex Presidente de la Sociedad Argentina de Radioprotección.

Lic. Gerardo Quintana

Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería (UBA).

Director del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería (Universidad de Buenos Aires).

Ex Secretario Académico y Secretario de Investigación de la Facultad de Ingeniería (Universidad de Buenos Aires).

Ex Miembro del Consejo Superior de la Universidad de Buenos Aires.

Director, por la Universidad de Buenos Aires, de los Cursos de Posgrado "Protección Radiológica y Uso Seguro de Fuentes de Radiación" y "Seguridad Nuclear".

Dr. Tomás Watanabe

Doctor en Medicina, especialista en Medicina Nuclear.

Ex Presidente de la Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear (AABymN).

Ex Director del Centro Oncológico de Medicina Nuclear de Instituto Roffo (UBA).

Miembro del Consejo Asesor en Aplicación de Radioisótopos.

Grupo *ad hoc* coordinado por el

Ing. Abel Julio González

Premio Sievert (máxima distinción internacional en protección radiológica) otorgado por la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) durante el Congreso Internacional IRPA 11 en Madrid, 2004.

Premio de la Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA) por su trabajo en el Proyecto Internacional Chernobyl.

Premio Morgan otorgado por la Health Physics Society de EE.UU. por su contribución a la ciencia de la protección radiológica.

Miembro del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Efectos de las Radiaciones Atómicas.

Comisionado en la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y Presidente de varios grupos de trabajo de la ICRP.

Vicepresidente de la Asociación Internacional de Protección Radiológica.

Ex Director de la División de Radiación y Seguridad de la OIEA en Viena, donde fue responsable de varios proyectos internacionales de restauración radiológica del medio ambiente, entre ellos: el Proyecto Internacional de Chernobyl; la evaluación de la situación radiológica del atolón de Bikini en las Islas Marshall; la evaluación internacional de la situación radiológica en los atolones de Muroroa y Fangataufa en la Polinesia Francesa y la evaluación internacional del Polígono de Semipalatinsk en Kazahstan, entre otros importantes proyectos.



SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCION

Afiliada a la International Radiation Protection Association (IRPA)
Miembro de la Federación de Sociedades de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC)
Miembro del Grupo Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica (GRIAPRA)
Personería Jurídica N° 645

1(una)

26/45

Buenos Aires, 11 de mayo de 2005

Evaluación realizada por la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR)

ANÁLISIS DE LA IMPLICANCIA RADIOLÓGICA EN EL PÚBLICO DE LA CONCENTRACIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA EN LOS ALREDEDORES DEL CENTRO ATÓMICO EZEIZA

INTRODUCCIÓN:

En el presente informe se realiza una evaluación de los resultados de las mediciones de radionucleidos en las muestras de aguas subterráneas contenidos en el Informe Pericial No.6 (IP No.6), realizados en el marco de la N° 5452, caratulada "ACTUACIONES INSTRUIDAS POR AVERIGUACIÓN PRESUNTA INFRACCION ARTS. 200 Y 207 DEL C.P." cuyo trámite se lleva a cabo ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 de Lomas de Zamora, a cargo del JUEZ FEDERAL, Dr. ALBERTO SANTAMARINA, Secretaría N° 1 a su cargo.

CONSIDERACIONES RADIOLÓGICAS:

Los valores de concentración de actividad informados en IP No.6 de todos los radionucleidos analizados (tritio, Cs-137, Co-60, Sr-90, U-234, U-235, U-238, Ra-226 y Rn-222) resultaron en su totalidad menores a los valores guía recomendados por la OMS en su capítulo 9 de las Guías para Calidad de Agua Potable⁽¹⁾. Dicho capítulo se adjunta como Anexo.

Para realizar una evaluación dosimétrica se aplican los siguientes supuestos:

- Para los casos donde más de una de las determinaciones resultó superior al límite de detección se considera el valor máximo de concentración obtenido como el promedio anual,
- Para los casos de los radionucleidos cuyas determinaciones resultaron todas inferiores al límite de detección se considera a este valor como la concentración promedio anual,
- Se aplican los factores dosimétricos recomendados en el ICRP 72⁽²⁾ y
- Se considera un consumo anual de agua de 730 Litros (2 L/día), adoptando de esta manera un criterio conservativo⁽¹⁾.

AMR



SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCION

Afiliada a la International Radiation Protection Association (IRPA)
Miembro de la Federación de Sociedades de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC)
Miembro del Grupo Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica (GRIAPRA)
Personería Jurídica N° 645

2(Dos)

24/16

Para esta evaluación se tomará como nivel de referencia de dosis efectiva comprometida para aguas de bebida el valor de 0,1 mSv/año⁽¹⁾. Este nivel de referencia de dosis representa menos del 5% de la dosis efectiva anual promedio proveniente del fondo natural de radiación, que es de 2,4 mSv/año⁽³⁾, debido a lo cual representa un insignificante riesgo a la salud humana.

Se considera que por debajo de estos niveles de dosis efectiva el agua de bebida es aceptable para el consumo humano y no son necesarias tomar acciones para reducir los niveles de radiactividad.

Radón-222:

Para el gas radón se considera como valor de concentración límite recomendado 100 Bq/L⁽¹⁾.

CONCLUSIONES

Del análisis radiológico de los resultados informados en el IP No.6 se puede concluir que los niveles de radiactividad detectados en las muestras de aguas subterráneas analizadas no representan riesgo radiológico alguno para la población. El valor estimado para la dosis total para los radionucleidos medidos es inferior al valor a 0,1 mSv/año. La dosis calculada según las consideraciones explicadas en este informe resultó ser 0,05 mSv/año. Esta dosis representa menos del 2,6% de la dosis media anual a la población mundial debida a fuentes naturales de radiación, estimada en 2,4 mSv/año.

Los resultados de concentración de actividad de radionucleidos en las aguas subterráneas contenidos en el IP No.6 cumplen con la legislación vigente.

REFERENCIAS

- (1) Guidelines for drinking water quality, WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) 3th edition, Vienna (2004).
- (2) Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) Publication 72. Annals of the ICRP 26(1), Oxford (1996).
- (3) Report to the General Assembly, with scientific annexes, NACIONES UNIDAS, SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), New York (2000)


ANA MARIA BOMBEN
PRESIDENTE

2

AM3

**INFORME DEL INGEIS
UBA/CONICET**

24 de mayo de 2005

Buenos Aires, 24 de Mayo de 2005

Sr. Presidente
Agencia Regulatoria Nuclear
Dr. Raúl O. Recana
Av. del Libertador 8250
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

De nuestra mayor consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a Usted con referencia a la nota elevada el pasado 5 de Mayo, vinculada a las actuaciones llevadas a cabo por la ARN referentes a la presencia de uranio en las aguas subterráneas de la zona de Ezeiza. Al respecto, cumplimos en señalar que de acuerdo a nuestro criterio, el informe de la ARN está realizado de acuerdo a las normas internacionales para ese tipo de estudios; no existen evidencias de adulteración de los datos y las conclusiones están basadas en resultados objetivos.

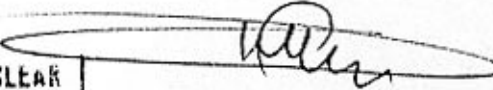
Por otra parte, entendemos que los estudios de este tipo deben ser realizados por especialistas en el tema, los que deben considerar la localización, especiación y variabilidad presente en la naturaleza de los isótopos radiactivos. Es requisito imprescindible contar con un número apropiado de muestras, tener en cuenta las incertidumbres analíticas en la interpretación de los resultados y evaluar con rigurosidad las posibles fuentes. Asimismo, esta interpretación debe ajustarse a las normas internacionales de protección radiológica.


Dado que la ARN ha sido creada explícitamente como órgano de contralor; consideramos que el mismo tiene personal capacitado y laboratorios certificados internacionalmente aptos para resolver problemas de esta naturaleza con total imparcialidad y objetividad.

Sin otro particular, saludamos a Usted.

Atentamente,

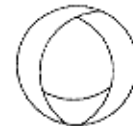
AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION	
ENTRÓ 26 MAYO 2005	SALIÓ 41798/5


Dr. Héctor Panarello
Director
INGEIS


Dr. Héctor A. Ostera
Subdirector
INGEIS

**INFORME DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CUYO**

17 de mayo de 2005



EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL INFORME ARN SOBRE PRESUNTA CONTAMINACIÓN DE AGUAS DE CONSUMO EN EZEIZA

Autor: Jorge Barón
Mendoza, 17 de Mayo de 2005

Introducción:

El presente informe constituye una evaluación preliminar del Informe preparado por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) en respuesta al informe del perito judicial referido a la causa por la presunta contribución de la operación del Centro Atómico Ezeiza (CAE) a la contaminación de aguas de consumo en la zona. Está relacionado con la causa 5452 ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional No. 1 de Lomas de Zamora.

El presente informe ha sido elaborado por solicitud de la ARN según nota ARN 824/05 de fecha 22 de Abril de 2005, firmado por el Presidente de su Directorio, Dr. Raúl Oscar Racanna.

El contenido del presente informe y las opiniones técnicas que en él se vierten corresponden a la experiencia del autor, la cual se indica en la sección titulada "antecedentes del autor".

Antecedentes del Autor:

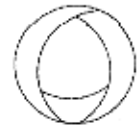
El Dr. Ing. Jorge Barón es ingeniero nuclear (Instituto Balseiro, 1981), Doctor Ingeniero Industrial (Universidad Politécnica de Madrid, 1990) y Doctor en Ingeniería Nuclear (Instituto Balseiro, 2003).

El Dr. Barón es al presente Profesor Titular Efectivo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, y realiza varias actividades de docencia, investigación, transferencia y gestión. Actualmente se desempeña como Secretario de Ciencia y Técnica de la citada Facultad.

En el aspecto docente, se desempeña como docente de grado en Ingeniería, y como profesor de postgrado en la Maestría en Ingeniería Ambiental y en el Doctorado en Ingeniería.

La disciplina principal de investigación y desarrollo es la Seguridad Radiológica y Nuclear, y más específicamente, el Análisis de Riesgos, percepción del Riesgo y temas afines. En estas disciplinas ha realizado numerosas contribuciones de diverso tipo, incluyendo libros, artículos y trabajos de transferencia.

Ha participado como experto en diversos organismos nacionales e internacionales, entre los que se incluyen la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) de Estados Unidos, la Unión Europea, el



Organismo para el Desarrollo Económico de Europa (OECD) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), dependiente de Naciones Unidas.

Contexto del informe de la ARN analizado:

El Informe de la ARN constituye un Análisis del Informe Pericial No. 6 y consta de un cuerpo principal y dos Anexos. En el Anexo I se evalúan los resultados de las mediciones realizadas que constan en el Informe Pericial No. 6 y en el Anexo II se indica el Monitoreo Ambiental que realiza la ARN.

También se ha analizado el Informe Pericial No. 6, titulado "Estudio del Agua Subterránea empleada para Consumo Humano en el Centro Atómico Ezeiza y su Area Circundante", según figura en la causa de referencia de folio 1881 a folio 2026 de la citada causa.

Análisis del informe de la ARN

El informe de la ARN describe inicialmente las tareas regulatorias y las competencias de la ARN. En este aspecto, la capacidad e idoneidad de la ARN resultan evidentes, y este hecho es corroborado por referentes nacionales e internacionales de la máxima relevancia.

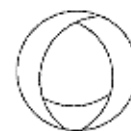
El informe de la ARN a continuación analiza el informe pericial No. 6 de referencia, con un exhaustivo grado de detalle, evaluando y contestando a cada uno de los puntos en discusión del informe pericial, argumentando fundadamente cada respuesta. El texto se ampara en los ensayos reportados en el Anexo I del informe de la ARN.

El informe de la ARN se considera correcto y exhaustivo en su contenido, y en el presente informe no se informará en detalle sobre todos los aspectos del mismo, sino solamente sobre algunos aspectos relevantes a la situación bajo análisis.

1) Sobre el muestreo de aguas

El muestreo de aguas no ha sido realizado por la ARN, y es importante destacar que un buen programa de muestreo debería contemplar la toma de muestras reiteradas en el mismo punto y en distintos momentos, de modo de poder estimar la "variabilidad natural" del parámetro que se desee medir. En la sección siguiente se discutirá sobre la validez estadística y su relación con la variabilidad natural.

Además de la toma de muestras reiteradas, un buen programa de muestreo debería contemplar la toma de muestras en puntos suficientemente alejados de la supuesta fuente de contaminación, de modo de tener contrastación con valores "blanco" o valores "de fondo" para poder comparar los valores obtenidos en aquellos puntos sospechados de contaminación.



Ninguna de estas dos prácticas del “buen arte” han sido seguidas por el perito, presumiblemente por ignorancia. El no haber tomado en cuenta estas necesidades para un buen muestreo es causal de que a posteriori realice una evaluación de las mediciones obtenidas que lo lleva a conclusiones erróneas. Este hecho se cita en el informe de la ARN y es evidente para cualquier experto en monitoreo de variables ambientales.

El informe de la ARN (principalmente en su Anexo II) sustenta este problema de la “variabilidad natural” en base a las mediciones realizadas en diversos puntos del país, incluyendo la vecindad del Centro Atómico Ezeiza.

Es importante destacar la conclusión de que todos los valores medidos en el peritaje se encuentran dentro de lo esperable para esta “variabilidad natural”, y por lo tanto indican que **NO EXISTE EVIDENCIA DE CONTAMINACIÓN** radiactiva en ninguna de las muestras.

2) Sobre la interpretación estadística

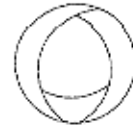
Toda medición de parámetros ambientales se encuentra afectada por varios tipos de incertidumbres. Entre ellas discutiremos en detalle dos de ellas: una es el “error de medición” y otra es la “variabilidad natural”. El autor considera necesario explicar, en palabras sencillas, lo que esto implica.

Como ejemplo, supongamos que necesitamos medir la altura de una población humana. Para ello utilizo una regla milimetrada. El error de medición está asociado a la mínima diferencia capaz de percibir por el método de medición (en este caso, 1 milímetro). Por lo tanto, la altura de Juan Pérez será $1.683\text{m} \pm 0.001\text{m}$.

Para estimar la “variabilidad natural” yo debo tomar una población de personas y medirlas, y representando estadísticamente los valores medidos, puedo obtener, por ejemplo, una media de altura para los hombres de 1.70m con una dispersión (sigma) de 0.12m . Esto quiere decir que la mayoría en esa población estará entre los valores de 1.58m y 1.82m . Se ve claramente que la “variabilidad natural” es **MUY SUPERIOR** al “error de medición”. En este caso, aproximadamente 120 veces más grande.

Para estimar si esa población presenta alguna anomalía, yo debo compararla con poblaciones similares, de otros lugares, y para ello necesito repetir el muestreo en otras poblaciones, que consideraremos “de referencia”.

Si, por ejemplo, yo encontrase que existe una población de hombres cuya altura media es de 1.40m y su dispersión es de 0.10m , podría concluir que esa población presenta una anomalía y podría relacionar esa anomalía con algún efecto sobre la salud (en este caso, enanismo). Profundizando los estudios podría finalmente encontrar la causa de esa anomalía, por ejemplo, un déficit alimentario determinado en determinada época de la vida.



En caso de que, estudiando una cierta población, se encuentra que una persona mide 17.00m, se *puede claramente interpretar que ese valor es un "outlier"*, que está fuera de la distribución estadística, y que casi con seguridad se debe a un error de otro tipo (por ejemplo, que la persona que volcó los datos a la planilla se equivocó al teclear el punto).

En resumen, las reglas del buen arte imponen, para un estudio estadístico, la determinación del error de medición y de la variabilidad natural. En caso de que el analista encuentre una distribución estadística razonable, y algún "outlier", *normalmente deberá descartarlo para la caracterización del parámetro de interés* (como la altura), o bien remedir el caso particular.

Asimismo, si observa que todos los valores analizados (salvo los "outliers") caen dentro del rango aceptable de variabilidad natural, concluirá que no existe evidencia de ninguna anomalía.

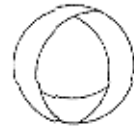
Estas reglas básicas del análisis estadístico no han sido seguidas por el perito según su informe, y por lo tanto el mismo carece de la más elemental rigurosidad estadística. En contrapartida, el informe de la ARN evalúa los datos con rigurosidad y por lo tanto saca conclusiones correctas.

3) Sobre la interpretación dosimétrica y la necesidad de estudios epidemiológicos

La interpretación dosimétrica de bajas dosis (como este caso) también es una disciplina en la cual la ARN tiene gran experiencia y capacidad. En este aspecto también daremos un ejemplo sencillo:

Según estudios "alarmantes" publicados hace unos años en nuestro país, la sacarina produce cáncer. De dónde sale esta alarma? Fundamentalmente de estudios hechos inyectando dosis elevadas de sacarina en roedores, observando la aparición de cánceres, y "extrapolando" hacia dosis más bajas y hacia otros grupos de animales expuestos, como los humanos. Esta extrapolación asume que cualquier dosis, por baja que sea, tiene un efecto nocivo, o sea, no tiene "umbral". Además asume que no existe ningún mecanismo de reparación o defensa natural, lo cual también es erróneo. De todos modos, la autoridad de aplicación podría decir, por ejemplo, que considera que niveles de sacarina en alimentos, en caso de ser 100 veces inferiores a los que produjeron los cánceres en ratones, serían razonablemente "seguros" para la población. Y esto es exactamente así como se hace, para la sacarina y para una enorme cantidad de sustancias y otros elementos ambientales, que tienen el potencial de causar daños a las personas.

En el tema radiológico, las bajas dosis siguen la misma regla, y sólo existe evidencia experimental *de producción de cánceres para dosis altas* (fundamentalmente víctimas de las bombas atómicas). Extrapolando de esas dosis altas, se llega a los principios que fundamentan la normativa radiológica mundial y la argentina. Con el mismo principio que para la sacarina, se obtienen límites de dosis tales que se está seguro que no aparecerán efectos sobre la salud. Aún más, se establecen valores aún más bajos, llamados de "screening" o de referencia, por encima de los cuales se recomienda hacer estudios más detallados, sin que ello implique que existe un riesgo para la población.



Finalmente, un estudio epidemiológico se justifica solamente cuando las mediciones realizadas permiten estimar que habrá un efecto detectable **por encima de la variabilidad natural**, ya que de otro modo, se gastarían enormes recursos para buscar un efecto que no existe.

En conjunto, las mediciones y análisis efectuados en el informe de la ARN, demuestran sin lugar a dudas de que no existen mediciones de contaminantes radiactivos en agua por encima de los valores naturales, considerando la variabilidad natural, y por lo tanto, no se justifica de ninguna manera la realización de un estudio epidemiológico basado en esas causas.

Por otro lado, el informe del perito concluye en la necesidad de ese estudio epidemiológico, basándose en un deficiente método de muestreo, una equivocada interpretación estadística y una equivocada interpretación radiológica de los conceptos de límites y valores de referencia.

4) Sobre la comunicación a la población

Un aspecto muy importante analizado en el informe de la ARN y en el informe del perito se refiere a la estimación del riesgo asociado para la población de la región.

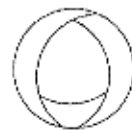
El perito concluye que existe un "proceso de contaminación y un elevado riesgo para la salud", lo cual es absolutamente falso. Ese tipo de afirmaciones, conjugadas con consideraciones agraviantes para la autoridad de aplicación (ARN) que tienden a desacreditarla, no es casual sino que obedece claramente a una intencionalidad de causar alarma y mediatizar una problemática técnica.

Por su parte, los análisis y estudios realizados por la ARN, idónea en la temática, demuestran sin lugar a dudas de que el agua de la zona es potable desde el punto de vista radiológico y de que no se ha detectado contaminación radiactiva de ese agua. Por lo tanto, no implica ningún riesgo para la salud de la población.

Es importante destacar que el hecho de realizar anuncios alarmantes infundados, causa un perjuicio de gran magnitud en la población (efectos psicológicos, stress, perjuicio económico) y un perjuicio económico en el estado, quien debe financiar con los impuestos de la población estudios innecesarios, procesos legales y mediáticos. Todo esto hace responsable de estos perjuicios al emisor de esos anuncios alarmantes, y debería ser penalizado en nuestra legislación.

Conclusión

Se ha analizado en detalle el informe de la ARN y el informe del perito al que se refiere, y se concluye que la ARN es el organismo idóneo para realizar este tipo de estudios, y que las conclusiones de su informe tienen fundamentos técnicos sólidos, y acordes con la normativa argentina e internacional.



Por el contrario, el informe del perito tiene varios errores y metodologías equivocadas, que lo llevan a conclusiones equivocadas. Se considera que las conclusiones alarmantes del perito son deliberadas y sus agravios a la actuación de la ARN inaceptables.

Dr. JORGE HORACIO BARON
SECRETARIO CIENCIA Y TECNICA

**NOTA REFERIDA
A URANIO EMPOBRECIDO
Y ENRIQUECIDO**

24 de mayo de 2005

Buenos Aires, 24 de mayo de 2005

Al Señor Juez Federal Alberto P. Santa Marina
Juzgado Federal Criminal y Correccional No 1 Lomas de Zamora
S / D

Me dirijo a usted con relación a la causa No 5.452 caratulada "Actuaciones Instruidas por averiguación presunta infracción artículos 200 y 207 del Código Penal" de trámite en ese Juzgado Federal, en carácter de integrante del Equipo Interdisciplinario conformado en el ámbito de la División Medio Ambiente del Departamento Químico de la Dirección de Policía Científica de Gendarmería Nacional.

Deseo referirme, en particular, a la conclusión a que llega el Perito Fernando Máximo Díaz en el Informe Pericial No 6, foja 2012, sobre la presencia de uranio empobrecido en las aguas subterráneas, aseveración ratificada en la Ampliación Declaración Testimonial hecha ante S.S., fojas 2368 a 2370, adjunta al Informe Pericial No 7.

El mineral de uranio se encuentra ampliamente disperso en la corteza terrestre y es frecuente detectar su presencia en aguas subterráneas. Este uranio se lo conoce como uranio natural y esta constituido por el isótopo U238 con 0,712 % de U235. Uranio con concentraciones de U235 por encima o por debajo del valor correspondiente al uranio natural, se lo conoce como uranio enriquecido o empobrecido, respectivamente.

Para que ocurra una contaminación con uranio empobrecido de las aguas subterráneas en los alrededores de Centro Atómico Ezeiza, CAE, como señala el Perito, es estrictamente necesario que en la zona se haya trabajado, o se trabaje actualmente, con cantidades importantes de ese material. Sin embargo, la Comisión Nacional de Energía Atómica nunca declaró en el pasado la presencia de uranio empobrecido a granel en el CAE. Tampoco lo hizo el país cuando se intercambiaron los inventarios de material nuclear como consecuencia de la puesta en vigor del Sistema Común de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares entre Argentina y Brasil, en 1991, ni lo hizo cuando se puso en vigor el Acuerdo Cuatripartito entre el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC), Brasil y Argentina, en 1994. Consecuentemente, la única posibilidad que justifique lo denunciado por el Perito, sería que en el área haya operado, o se encuentre operando, una instalación de enriquecimiento de uranio clandestina, con la intención de producir uranio enriquecido fuera del sistema de salvaguardias internacionales, para alimentar un programa de armas nucleares secreto.

No escapa al conocimiento del Sr. Juez que la aseveración del Perito, denunciando la presencia de uranio enriquecido y uranio empobrecido en las aguas subterráneas del CAE y sus alrededores, de ser cierta, es de extrema gravedad, no por sus implicancias radiológicas pero sí por sus connotaciones internacionales relativas a la proliferación nuclear. En efecto, el país habría estado violando al menos cuatro importantes acuerdos internacionales sobre no proliferación nuclear durante un tiempo más que suficiente para producir un arsenal atómico. Dichos Acuerdos, cuyas copias se adjuntan, son:

- “Acuerdo entre la República Argentina y la República Federativa del Brasil para el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear” (Acuerdo Bilateral);
- “Acuerdo entre la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares y el Organismo Internacional de Energía Atómica (Acuerdo Cuatripartito);
- “Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares” (NPT); y
- “Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina y el Caribe” (Tratado de Tlatelolco).

Para su tranquilidad y la de todos nosotros, debo informarle también que de los resultados de las muestras de agua analizadas por el Perito y obrantes en el Informe Pericial No 6, sólo se detectó uranio natural. La conclusión a que llega el Perito a partir de las mediciones de uranio por espectrometría alfa, de la presencia de uranio empobrecido y uranio enriquecido, es incorrecta tal como lo demuestra la Autoridad Regulatoria Nuclear, ARN, en su informe y lo corroboran las mediciones independientes realizadas por ABACC a pedido de dicha Autoridad.

Sin otro particular, me despido de S.S. con distinguida consideración.



Elías Palacios
Sociedad Argentina de Radioprotección

**ACTA DE REUNIÓN
DEL GRUPO
INTERDISCIPLINARIO**

18 de mayo de 2005

25/5



ACTA DE REUNIÓN

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, a los dieciocho días del mes de mayo de dos mil cinco, siendo las diez horas, en la División Medio Ambiente del Departamento Químico de la Dirección de Policía Científica de Gendarmería Nacional, el funcionario que suscribe **COMANDANTE D GUILLERMO ANTONIO MEZA (coordinador)**, en conjunto con los integrantes del equipo interdisciplinario propuesto por la Gendarmería Nacional, **CABO PRIMERO DANIELA ISABEL VALLONE**, Licenciado **ALEJANDRO AMADEO LA PASTA** (del Ministerio de Salud y Ambiente), Ingenieros **CESAR ARIAS**, y **ELIAS PALACIOS** de la Sociedad Argentina de Radioproteccion; Licenciado **OSCAR CORIALE**, Doctor **ADRIAN SILVA**, e Ingeniero **OSCAR LLANOS** (por el INA), proceden a labrar la presente Acta, a los fines de dejar constancia de las actividades realizadas en el marco de la **causa 5452**, caratulada: **“ACTUACIONES INSTRUIDAS PÓR AVERIGUACIÓN PRESUNTA INFRACCIÓN ARTÍCULOS 200 Y 207 DEL CÓDIGO PENAL”**, que se tramita por ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Nro 1 de Lomas de Zamora a cargo del **Dr. ALBERTO P. SANTA MARINA**, Secretaria Nro 1 a cargo del **Dr. GUSTAVO GONZALEZ**.-----

Actividades Realizadas:


Analizado el Oficio de fecha once de mayo, con relación a las actividades y tareas que deben ejecutarse en el marco de la investigación ambiental consideramos:

1. Elevar a S.S., para su conocimiento y consideración, lo informado por los integrantes del Instituto Nacional del Agua (INA), quienes indican que el Organismo al cual pertenecen, celebró un convenio marco de trabajo con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), con alcance hidrogeológico similar al solicitado desde la Causa Judicial, .
2. Del análisis de la documentación, obrante para su estudio, no surge que se hallan detectado niveles de radiactividad en el agua subterránea que excedan las normas nacionales e internacionales para la protección radiológica del público.
3. A los fines de contar con valores de referencia de la radiactividad natural en los acuíferos bajo estudio, el equipo propone tomar muestras representativas de los acuíferos involucrados (Freático, Pampeano y Puelches) e incluir los niveles de aporte del Post Pámpano e incluso los Acuíferos de la Sección Hipopuelches en zonas alejadas del área de la CNEA y alrededores; previo a todo diseño de un "Plan de Monitoreo".
4. Para los análisis de Laboratorio, no obstante que los mismos pueden ser realizados por laboratorios nacionales en forma totalmente confiable, siguiendo el criterio de S.S., dada la repercusión de la Causa en la opinión pública, esta Comisión recomienda que sean ejecutados con el concurso de un Organismo Supranacional. En este sentido, recomendamos que se acepte el ofrecimiento realizado por la IAEA, formulado en su nota a la ARN, obrante en la Causa en el folio 2430/2432, cuya Sede Central se halla en Viena (Austria), no solo sobre los análisis, sino abarcando el total de la problemática.
5. El Ingeniero Elías Palacios de la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR), quiere dejar constancia que la aseveración del Perito Oficial, sobre la presencia de Uranio empobrecido, figurante en el Informe Pericial Nro. 6 y 7, de ser cierta implicaría la


violación de al menos cuatro acuerdos internacionales firmados por el país sobre "no proliferación nuclear", para lo cual se compromete a hacerle llegar por intermedio del coordinador del Equipo un informe detallado.

6. En el caso de continuar el INA, perteneciendo al Equipo interdisciplinario, colaborará en el diseño de un plan de monitoreo que incluiría también los aspectos económicos con el objeto de satisfacer la requisitoria de S.S.
7. Por ultimo, se deja constancia que se acuerda como una próxima fecha de reunión para el día 31 de mayo de 2005, a las catorce horas, en la Dirección de Policía Científica de Gendarmería Nacional, sito en Avenida Antártida Argentina Nro 1480, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.


No siendo para mas se da por finalizado el presente acto, siendo las catorce horas y treinta minutos, firmando los intervinientes DOS (2) copias del mismo tenor ante mi. CONSTE.-----




ALEJANDRO AMADEO LA PASTA
LICENCIADO
MINISTERIO DE SALUD



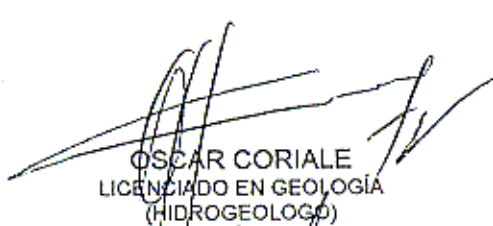
DANIEL ISABEL VALLONE
CABO PRIMERO
DIRECCIÓN DE POLICIA CIENTIFICA



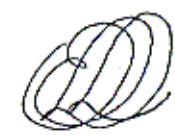
CESAR ARIAS
INGENIERO ELECTROMECANICO




ELIAS PALACIOS
INGENIERO MECANICO




OSCAR CORIALE
LICENCIADO EN GEOLOGIA
(HIDROGEOLOGO)



OSCAR LLANOS
INGENIERO SANITARIO



ADRIAN SILVA
DR. EN GEOLOGIA
ESP. EN HIDROGEOLOGIA



GUILLERMO ANTONIO MEZA
COMANDANTE
DIRECCIÓN DE POLICIA CIENTIFICA
COORDINADOR

**INFORME DE
LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SUR**

14 de junio de 2005



Universidad Nacional del Sur

Avda. Colón 80 - 2º Piso

8000 - Bahía Blanca

Argentina



Rectorado

BAHIA BLANCA, 14 de Junio de 2005

SEÑOR PRESIDENTE DEL DIRECTORIO
DE LA AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR
DOCTOR RAUL OSCAR RACANA
AVDA. DEL LIBERTADOR 8250
(1429) BUENOS AIRES

Tengo el agrado de dirigirme a usted con referencia a su reciente solicitud de evaluación preliminar del Informe Técnico preparado por la ARN en respuesta al Informe del Perito Judicial Comisionado en la Causa 5.452 ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional N° 1: (Presunta contaminación de las aguas de consumo en la zona del Centro Atómico Ezeiza).

Acompaño el Informe Técnico que ha elaborado la Cátedra de Radioquímica del Departamento de Química de nuestra Universidad.

Sin otro particular, saludo a usted muy atentamente.

Dr. LUIS MARIA FERNANDEZ
RECTOR

cc

4242115

Racana
Dominguez
Schmesky

21-bros
Terigi

EVALUACION DEL INFORME TECNICO DE LA ARN SOBRE
MEDICION DE MUESTRAS DE AGUA DE LOS ALREDEDORES
DEL CENTRO ATOMICO EZEIZA

- i) El informe elaborado por la ARN presenta el más alto rigor científico. En el mismo se han usados de manera rigurosa tanto las herramientas estadísticas como las metodologías radioanalíticas inherentes al nivel de trazas.
- ii) En el informe de la ARN se han descrito en forma clara y sencilla los conocimientos que actualmente se poseen, a nivel internacional, sobre la presencia de radionucleídos que se encuentran en el medio ambiente sin ser consecuencia de actividades humanas. Estimamos este aspecto muy importante ya que al no ser el mismo de dominio público, la descripción de referencia puede constituirse en una herramienta útil con fines de difusión en la población.
- iii) Con respecto a la presencia de elementos radiactivos antropogénicos en el material bajo estudio las conclusiones expuestas en el informe de la ARN son acordes con las evidencias presentadas.
- iv) Es correcto lo expuesto por la ARN en cuanto a que no es de esperar la ocurrencia tanto de efectos determinísticos como de estocásticos en la población atribuibles al consumo del agua del referencia. Ya que el valor de dosis efectiva comprometida resultante está muy por debajo de las recomendadas internacionalmente.
- v) Finalmente la afirmación por parte de la ARN en cuanto a que las muestras de aguas analizadas son potables desde el punto de vista radiológico merece ser respaldada sin reservas.



Dra. Clara A. CROCI
Prof. Asociada
Radioquímica

**INFORME DE LA ORGANIZACIÓN
PANAMERICANA DE
LA SALUD/ORGANIZACIÓN
MUNDIAL DE LA SALUD**

7 de junio de 2005



Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

AGENCIA: THS/EV/RAD/ARG (72-05)

7 de junio de 2005

Dr. Raúl Oscar Recana
Presidente
Agencia Regulatoria Nuclear
Ave. Del Libertador 8250
1429 Buenos Aires, Argentina

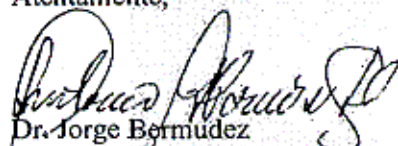
Estimado Dr. Recana:

El Programa Regional de Salud Radiológica, Unidad de Medicamentos Esenciales, Vacunas y Tecnologías en Salud de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) ha tenido oportunidad de revisar el Informe "Evaluación de los Resultados de las Mediciones realizadas para el Juzgado de Lomas de Zamora" (en lo adelante Informe de la ARN) en el que se describe el análisis de las muestras de agua subterráneas en la región de Ezeiza.

Del análisis de este informe, consideramos que los procedimientos de medición descritos coinciden con los de la guía de la OMS "Guidelines for Drinking-Water Quality". Asimismo, los resultados de las mediciones realizadas a las muestras de agua suministradas indican que ésta no representa riesgos por motivos radiológicos inaceptables, ya que todos los resultados están por debajo de los valores mínimos recomendados en la guía de la OMS.

Nos mantendremos colaborando con el Organismo Internacional de Energía Atómica para participar en la misión internacional que ejecutará la evaluación independiente.

Atentamente,



Dr. Jorge Bermúdez
Jefe de Unidad Medicamentos Esenciales
Vacunas y Tecnología en Salud

**INFORME DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CÓRDOBA/FACULTAD
DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES**

14 de junio de 2005



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

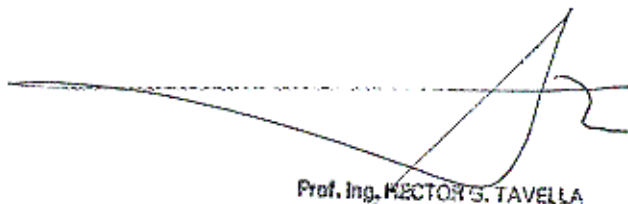
Córdoba, 14 de Junio de 2005

Sr. Presidente del Directorio
Autoridad Regulatoria Nuclear
DR. RAÚL OSCAR RACANA

Tengo el agrado de dirigirme a usted en respuesta a su nota por la que solicita la colaboración de esta facultad para la evaluación del informe técnico referido a la medición de muestras de agua provenientes de los alrededores del Centro Atómico Ezeiza.

En satisfacción a la misma, adjunto a la presente el informe elaborado por el Ing. Héctor Malano, Jefe del Reactor Nuclear RA-0 a sus efectos.


Sin otro particular, saludo a usted con distinguida consideración.


Prof. Ing. HÉCTOR S. TAVELLA
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

cc

4242215

bocons
Dominguez
Solmesky

21-6-05
Tenggi.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
REACTOR NUCLEAR RA-0



Este documento representa la evaluación obtenida a partir de un análisis preliminar del informe realizado por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) como respuesta al informe pericial n° 6 relacionado con la causa 5452 tramitada ante el juzgado federal de primer instancia en lo criminal y correccional, N° 1 de Lomas de Zamora, tal lo solicitado por la ARN según nota ARN 824/05 de fecha 26/04/05, firmada por el presidente de su directorio Dr. Raúl Oscar Racana.

Las opiniones técnicas contenidas en este informe, surgen del análisis realizado por profesionales de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (F.C.E.F. y N.) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) que integran el grupo de trabajo del Reactor Nuclear RA-0, dirigido por el Prof. Ing. Héctor A. Malano, cuyos antecedentes resumimos a continuación:

- Ingeniero Electricista egresado de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba en 1970.
- Diplomado en Ingeniería Nuclear, en el Instituto de Estudios Nucleares dependiente de la Junta de Energía Nuclear de España – Madrid 1972.
- Integrante del Grupo de Trabajo del Reactor Nuclear RA-0 dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, desde 1977 a 2005.
- Especialista en Docencia Universitaria, postgrado realizado en la Facultad Regional Córdoba - Universidad Tecnológica Nacional en 2000.
- Docente en la Maestría en Ingeniería Ambiental, a cargo del Módulo "Radiaciones ionizantes y no ionizantes", que se dicta en la Facultad Regional Córdoba - Universidad Tecnológica Nacional.

El análisis del informe preparado por la ARN muestra un minucioso grado de detalles respecto a cada uno de los puntos incluidos en el informe pericial, evaluando, contestando y argumentando cada una de sus respuestas. Los mismos se apoyan en la amplia gama de resultados obtenidos en las mediciones realizadas, que se incorporan como anexos I y II en el mencionado informe.

Del estudio de ambos documento, podemos extraer a priori algunas conclusiones:

1. Se observa como insuficiente la cantidad de muestras extraídas teniendo en cuenta las variables espacio y tiempo, no permitiendo ello determinar la "variabilidad natural", ni analizar las incertidumbres analíticas en los datos que se requieren ser interpretados.
2. No existen muestras referidas a puntos alejados de la supuesta fuente de contaminación, cuyos resultados pudieran utilizarse como valores de fondo, a efectos de comparación.

Consideramos que estas dos deficiencias conducen necesariamente a conclusiones erróneas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
REACTOR NUCLEAR RA-0

5

Como contraposición a lo expresado por el Perito Judicial, de las mediciones incluidas en el informe de la ARN cuyas muestras fueron tomadas en diversos puntos del país, surge claramente la sustentación del concepto de "variabilidad natural", destacando que los valores medidos en el muestreo del peritaje, aun con las deficiencias anotadas, se encuentran dentro de lo esperable en ese concepto.

En base a ello puede concluirse en que no existe evidencia de contaminación radiactiva en ninguna de las muestras.

Conceptualmente, cuando se trata de evaluar parámetros ambientales, es necesario tener en cuenta entre otras incertidumbres, las relacionadas con "Errores de Medición" y "Variabilidad Natural", reglas básicas del análisis estadístico que no han sido tenidas en cuenta por el perito y por lo tanto su informe adolece de rigurosidad estadística.

Por otro lado, la especificidad del tema analizado y la falta de formación reconocida por el profesional que firmó dicho informe pericial, consideramos fue el motivo que lo llevó a:

- a) Aplicación inadecuada de los datos para la interpretación de la geoquímica isotópica
- b) Utilización de referencias bibliográficas ya superadas.
- c) Inapropiada metodología de evaluación de dosis para la protección radiológica, y de las normas internacionales de protección radiológica como así también de las directrices sanitarias internacionales.
- d) Solicitar la necesidad de un estudio epidemiológico en base a un deficiente método de muestreo, una equivocada interpretación estadística y un desconocimiento en cuanto a los conceptos de límites y valores de referencia para la protección radiológica.

Conclusiones

Habiendo analizado el informe pericial y la respuesta de la ARN, se concluye que este último documento es técnicamente sólido y coherente con las normativas nacionales e internacionales vigentes, mientras que el primero adolece de errores y deficiencias metodológicas que lo llevan a conclusiones equivocadas.

Por otro lado, consideramos necesario destacar la reconocida probidad profesional de los integrantes de la ARN y por ello nos parecen infundadas las expresiones del perito cuando supone la existencia de "modificaciones" efectuadas en forma manual y consiente respecto del cálculo del U235.

Ing. Héctor Málano
Jefe Reactor Nuclear RA-0

**INFORME DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE SAN LUIS/CONSEJO
NACIONAL DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
(UNSL/CONICET)**

27 de junio de 2005

Raca
50
RIT

San Luis, 27 de Junio de 2005

Sr. Presidente del Directorio
Agencia Regulatoria Nuclear
Dr. Raúl Oscar RACANA
Av. Del libertador 8250
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

De mi mayor consideración

Me dirijo a Ud. con referencia al requerimiento efectuado mediante nota ARN N° 1185/05 con fecha 8 de Junio de 2005, dónde se solicita una **evaluación preliminar** del informe preparado por la ARN en repuesta al informe del perito judicial, en la causa originada por la presunta contaminación de aguas subterráneas en zonas circundantes al Centro Atómico Ezeiza.

En relación con el informe técnico elaborado por el perito designado en la causa (Lic. Fernando Díaz), mi opinión es la siguiente:

- a. De la simple lectura del informe, se desprende que el mismo **no ha sido elaborado por un especialista en radioprotección ni en radiactividad ambiental.**
- b. El procedimiento utilizado para la toma de muestras (diseño experimental y metodología) es **erróneo** y no satisface los requisitos mínimos exigibles para el problema que pretende estudiarse.
- c. Como consecuencia de lo expresado en el punto anterior, **resultan erróneas varias de las conclusiones a las que se arriba.** Las mismas surgen de los errores formales y de procedimiento iniciales.
- d. Un ejemplo por demás elocuente de los desaciertos, son las conclusiones en relación a la presencia de **uranio enriquecido o empobrecido** en algunas de las muestras de agua (punto 4.2.10, Informe pericial N6, a fojas 1946). Conocimientos mínimo de teoría de errores hubieran posibilitado al perito no caer en errores tan evidentes, como los que se encuentran adecuadamente resaltados en el informe de la ARN.
- e. Un segundo punto de notoria inconsistencia, es el referido a las consecuencias en términos **dosimétricos** que generan los niveles de actividad detectados sobre la población y al uso **incorrecto de las normas internacionales de protección radiológica.**

En relación con el informe elaborado por la ARN, se concluye:

- a. Se trata de un informe elaborado con solvencia por profesionales idóneos en el tema.
- b. La capacidad técnica de los laboratorios de la ARN, tanto por el equipamiento disponible como por el entrenamiento del personal que interviene, **es garantía de la solidez científica y técnica de los análisis llevados a cabo.**



grupo de estudios ambientales
Instituto de matemática aplicada san luis
unsl/conicet

c. Las conclusiones elaboradas son verosímiles y formuladas en forma clara y correcta.

Finalmente, se desea resaltar que la Autoridad Regulatoria Nuclear, organismo nacional creado por Ley, tiene como uno de sus fines fundamentales efectuar las tareas de contralor de la totalidad de las actividades nucleares que se desarrollan en el País. La misma debe someterse a los requerimientos que surgen de los compromisos adquiridos por la Argentina ante la comunidad internacional, particularmente ante la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). **Pocas actividades científicas y de desarrollo tecnológico en el mundo están sometidas a tan estricto control y seguimiento como las derivadas de la tecnología nuclear.** En consecuencia, la ARN constituye la referencia nacional de mayor idoneidad y a quien debería necesariamente consultarse para efectuar las tareas que motivaron las actuaciones judiciales señaladas.

Del mismo modo, y de considerarse necesaria una opinión internacional sobre la problemática planteada, la OIEA es el organismo de referencia adecuado.

Sin otro particular, saludo a Ud. muy atentamente


Dr. Hugo Velasco



grupo de estudios ambientales
Instituto de matemática aplicada san luis
unsl/conicet

Antecedentes del Autor

- Profesor Titular Exclusivo de la Universidad Nacional de San Luis.
- Miembro de la Carrera del investigador Científico de Conicet.
- Director del grupo de investigaciones radioecológicas del Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL), dependiente de la Universidad nacional de San Luis y del Consejo nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- Responsable del Grupo de Estudios Ambientales (Gea-IMASL).
- Miembro de la Unión Internacional de Radioecología.
- Posee numerosas publicaciones internacionales en revistas destinadas a radiactividad ambiental y radioecología.
- Ha participado de programas internacionales dedicados a investigar las consecuencias ambientales del accidente de Chernobyl en territorio europeo.
- Participa en calidad de experto internacional en programas de investigación de la OIEA.

**INFORME DE LA UNIVERSIDAD
DE BUENOS AIRES/FACULTAD
DE INGENIERÍA**

25 de julio de 2005



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Buenos Aires, 25 de julio de 2005.-

Dr. Raúl RACANA
Presidente del Directorio de la
Autoridad Regulatoria Nuclear
PRESENTE


De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted en relación a su atenta nota de fecha 30 de junio, según la cual se solicita una evaluación sobre un informe preparado por la Autoridad Regulatoria Nuclear en respuesta al informe del perito judicial que actúa en la causa 5452 del Juzgado Federal de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires.

En atención a su pedido he girado la documentación por ustedes enviada a quienes considero que están capacitados para opinar sobre el informe en cuestión. Efectivamente el Departamento de Física tiene una larga trayectoria en relación a cuestiones vinculadas con la protección radiológica tanto desde el aspecto de la formación de recursos humanos como de la investigación en el tema

Por tal motivo tengo el agrado de enviar a ustedes, en nota adjunta, la opinión que han solicitado; esperando que la misma sea de utilidad y contribuya a aclarar la situación creada en torno a una supuesta contaminación de las aguas de consumo de la zona cercana al Centro Atómico Ezeiza.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludar a usted muy atentamente



Ing. FRANCISCO J. GRASSO
Vicedecano a cargo del Decanato
Facultad de Ingeniería - U.B.A.

Autoridad Regulatoria Nuclear Dependiente de la Presidencia de la Nación		
Entró	Salió	
27 JUL. 2005		
Nro. ERC	Ingresó al Sistema	Nro. SRC
43.257/S	Advi	



Sr Vicedecano a cargo del Decanato
de la Facultad de Ingeniería

Bs. As. 25 de julio de 2005

Ing. Francisco José Grasso

S / D

Tengo el agrado de elevar a Ud. lo que oportunamente me solicitó a fin de que lo haga llegar a la Autoridad Regulatoria Nuclear.

El presente análisis es una evaluación preliminar del informe que ha presentado la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) en respuesta del informe Pericial N°6.

El mencionado informe pericial se refiere a la Causa N° 5452 caratulada "Actuaciones Instruidas por Averiguación Presunta Infracción Arts. 200 y 2007 del Código Penal" en trámite ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Federal N° 1 de Lomas de Zamora a cargo del Juez Federal Dr. Alberto Santa Marina, Secretaría N° 1.

Del análisis técnico que he realizado del Informe Pericial N° 6 se concluye:

- 1) Se han detectado serias deficiencias en el muestreo;
- 2) El Perito no toma en cuenta el incremento de errores relativos que se da en la medición de muestras con muy bajas concentraciones de elementos radioactivos;
- 3) Cálculos erróneos llevan a afirmar falsamente la presencia de uranio enriquecido y empobrecido;
- 4) Tratamiento bibliográfico inadecuado basado en bibliografía obsoleta;

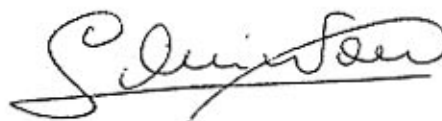
- 5) Falta de conocimientos en Protección Radiológica que da lugar a comentarios, apreciaciones y conclusiones sin ningún sustento técnico;
- 6) Incorrecta evaluación de dosis en Protección Radiológica;
- 7) Mal uso de las directrices sanitarias internacionales.

Del análisis técnico del informe de la ARN se concluye:

- 1) El citado informe está realizado con seriedad profesional y por equipos multidisciplinarios de gran solvencia científica y es técnicamente sólido.
- 2) Los laboratorios de la ARN están capacitados y tienen el equipamiento necesario para efectuar los análisis radioquímicos necesarios para efectuar las evaluaciones técnicas.

Por todo lo expuesto, concluyo que las evaluaciones y conclusiones de la ARN sobre la protección radiológica del público y el medio ambiente son correctas y demostrables científicamente.

Sin otro particular lo saludo muy Atte.



Gerardo Quintana
Profesor Titular
Director del Departamento de Física
Director del curso de posgrado : "Protección
Radiológica y Uso Seguro de Fuentes de Radiación"

**INFORME DE LA ACADEMIA
ARGENTINA DE CIENCIAS
DEL AMBIENTE**

14 de julio de 2005



Buenos Aires, 14 de Julio de 2005.-

Dr. Raúl Oscar Racana
Presidente de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN)
Buenos Aires

Ref: Medición y Evaluación del agua potable en Ezeiza.

Señor Presidente:

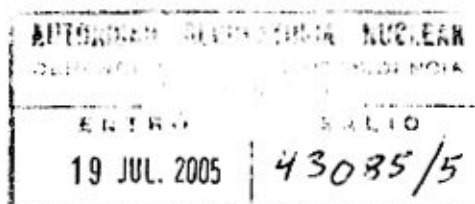
Tengo el agrado de dirigirme a Usted en respuesta a su nota ARN Nro. 1150/05, del 6 de junio ppto. por la que tiene a bien solicitar a esta Academia Argentina de Ciencias del Ambiente una evaluación preliminar sobre el Informe preparado por la ARN en respuesta al Informe del Perito Judicial incluido en la Causa 5.452 ante el Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Nro. 1 de Lomas de Zamora.

Hemos recibido y analizado la documentación facilitada que incluye el Informe del Perito, la opinión de los profesionales de la ARN y comentarios al respecto de instituciones de interés para formarnos opinión, que figuran en el Anexo que se acompaña.

Cabe destacar que precisamente, la solicitud de la Autoridad efectuada al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para disponer su opinión al respecto cubriría tal requerimiento y la nota de fecha 28 de abril de 2005 del Sr. Didier Louvat, Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos, Dirección de Seguridad Radiológica del Transporte y de los Desechos de la OIEA, contiene la evaluación inicial del informe de la ARN en comparación con el trabajo del Perito.

En tal documento se señala que el informe de la ARN es técnicamente sólido, al tiempo que se indican las razones que se consideran para poner en entredicho las conclusiones del Informe del Perito donde se menciona una diferencia metodológica más grave.

Frente a este análisis de la OIEA, y dada la jerarquía internacional y científica del mismo, esta Academia estima que su opinión coincide en principio con lo manifestado por la OIEA, pero considera su deber aportar una evaluación de aspectos específicos con un enfoque multidisciplinario.





Debe señalarse que la técnica de muestreo es requisito de base para obtener resultados correctos. Cada tipo y finalidad de análisis de aguas requiere una técnica de muestreo, en número, ubicación, recipiente y precauciones especiales adecuadas a cada tipo y/o finalidad (que se llaman especificaciones del muestreo), ya que influyen en el análisis y en la interpretación de los resultados y que deben ser acordadas con el Laboratorio que efectuará el análisis.

Para muestreos de aguas o suelos en zonas específicas o cuencas, debe cuidarse lograr una representatividad ponderada de las mismas, aguas arriba, aguas abajo o isobatimétricas. Para compensar posibles desviaciones estacionales de concentración se deben efectuar al menos dos muestreos separados en el tiempo.

Por otra parte, es conveniente obtener muestras en zonas de la misma cuenca, alejadas de los puntos en estudio para que sirvan de patrones de comparación, en virtud de la conocida variabilidad de muestras ambientales. Este punto es relevante para mediciones de uranio, ya que hay una gran variación en sus concentraciones en el suelo en zonas relativamente cercanas. No pareciera que estas normas se hayan seguido en el caso presente.

Debemos hacer además algunas consideraciones sobre la parte analítica del Informe Nro. 6 del Perito.

En las aguas se hallan en cantidades apreciables metales livianos como sodio, potasio, magnesio y calcio, en cantidades del orden de miligramos por litro. En cambio, los metales pesados se hallan en microcantidades (del orden de microgramos). En ellos las incertidumbres del análisis aumentan, y pueden llegar en algunos casos a errores relativos de 40%. Este factor enfatiza la conveniencia y necesidad del análisis de muestras duplicadas y de muestras de referencia alejadas del sitio en estudio, especialmente en análisis ambientales dado las grandes variabilidades que introducen en ellos los factores ya mencionados.

Dichas normas mejoran la calidad de la valoración estadística y la correcta interpretación de los resultados. El no haberlas aplicado invalidaría las conclusiones que el Perito ha informado al Sr. Juez Federal.



Respecto de las determinaciones de isótopos del uranio por medición de su actividad alfa, en el Informe Nro. 6 se han introducido modificaciones en el cálculo del isótopo 235, que muestran un desconocimiento de los principios en que se basan las mediciones.

Para el uranio 235, la fórmula de cálculo está afectada de un factor de corrección cercano a 0,85 debido al solapamiento de algunas líneas de espectro alfa que afectan la medición. No tener en cuenta este efecto de solapamiento espectral ha llevado a cometer un error con serias consecuencias en las conclusiones posteriores, y a formular infundadas acusaciones de falta de ética hacia técnicos del Laboratorio de la Autoridad Regulatoria Nuclear.

Además se ha informado una supuesta presencia de uranio enriquecido y empobrecido, que no se sustenta en hecho experimental alguno.

La presencia de uranio empobrecido o enriquecido en un suelo, es índice de la existencia de una instalación nuclear dedicada al enriquecimiento en uranio 235. Tales instalaciones son de denuncia obligatoria por los países signatarios de acuerdos de salvaguardias con la OIEA.

El informe pericial habla de dos tipos de riesgo para el uranio, el carcinogénico y el toxicológico.

A este respecto puede decirse que no hay coincidencias en los valores recomendados para la concentración de uranio en aguas. La legislación argentina indica un valor de 100ug/l que debería ser actualizado. La OMS recomienda 15ug/l y la EPA de EE.UU, 30 ug/l.

Debe tenerse en cuenta que la dosis de referencia para la ingesta de uranio por el hombre es de 0,6 ug/kg de peso corporal.

El valor de 15ug y aún el de 30ug, es sobrepasado por el agua potable de muchas regiones del mundo y también en nuestro país, como zonas de Córdoba, Entre Ríos, San Luis, Santiago del Estero, sin que en sus vecindades existan instalaciones nucleares. No



debe asombrar entonces que de las 52 muestras de agua de la pericia sólo dos tengan valores mayores de 30 ug/l.

No se tiene conocimiento que en esas regiones de nuestro país o de otros, se hayan registrado patologías neoplásicas o tóxicas que puedan ser atribuidas a la ingestión de las concentraciones indicadas de uranio o radionucleicos derivados.

El cáncer radioinducido, no muestra diferencias con las neoplasias espontáneas humanas, por lo que la cuantificación del riesgo de cáncer sólo puede hacerse por estudios de epidemiología estadística comparando poblaciones expuestas y no expuestas.

No es suficiente presentar datos sobre estudios experimentales en animales que no están avalados por estadísticas humanas en concentraciones similares a las informadas por el Perito en las aguas subterráneas.

Cabe señalar que las concentraciones de radiosótopos en las muestras son compatibles con muestras ambientales de diversos lugares del país.

En cuanto al efecto genético de las concentraciones halladas, no existen publicaciones científicas que avalen un posible efecto.

Es de notar que en los informes periciales no se mencionan efectos biológicos en la población o en el ecosistema, a pesar de que el agua utilizada en el área proviene de los acuíferos en cuestión.

La toxicidad que debiera tenerse en cuenta cuando se trata de bajos niveles como los presentes, es la toxicidad química del uranio como metal.

Está establecido que el principal efecto tóxico del uranio se produce sobre el riñón tanto en animales como humanos, si bien no está bien establecido si existe un umbral para sus efectos.

Por otra parte las aguas obtenidas de perforaciones domiciliarias en el Gran Buenos Aires (GBA), presentan una serie de deficiencias que de no tomarse medidas de



higiene pública, pueden aún empeorar por carencias de sistemas municipales de evacuación de las aguas servidas y por el crecimiento de vertidos indiscriminados y otras formas inadecuadas de disposición final de desechos.

Consecuencia de estos hechos, es el aumento en los valores de nitratos en aguas que puede observarse en muchas localidades del GBA.

Esta es independiente de la zona y no guarda relación alguna con la presencia de las instalaciones del Centro Atómico Ezeiza.

Esta Academia considera que el informe pericial presenta fallas metodológicas en el muestreo, inadecuada interpretación de los resultados analíticos hallados e imprecisa aplicación de los principios biológicos involucrados.

Quedando a disposición de la Autoridad en lo que es competencia de esta Academia, aprovecho la oportunidad para saludar al Sr. Presidente con distinguida consideración.

Prof. Zunilda González van Domselaar
Secretaría General

Emb. Lic. V. Guillermo Arnaud
Presidente



ANEXO

COMUNICADO DE PRENSA –ARN

16 de marzo de 2005

ANÁLISIS DEL INFORME PERICIAL Nro. 6 – Informe de la ARN

Causa Judicial Nro. 5452/Informe Pericial Nro.6 Juzgado Federal de Primera Instancia en lo Criminal y Correccional Nro.1 de Lomas de Zamora.

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS QUE CONSTAN EN EL INFORME PERICIAL NRO. 6

Informe de la ARN – ANEXO 1-

MONITOREO AMBIENTAL REALIZADO POR LA ARN

Informe de la ARN – ANEXO 2-

INFORME DE LA OIEA

28 de abril de 2005

INFORME DE LA ABACC

3 de mayo de 2005

INFORME DE LA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA

31 de marzo de 2005

INFORME DE LA GENDARMERIA NACIONAL

22 de marzo de 2005

INFORME DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCION

26 de abril de 2005

INFORME DEL INGEIS (CONICET/UBA)

24 de mayo de 2005

INFORME DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE CUYO

17 de mayo de 2005

NOTA REFERIDA AL URANIO EMPOBRECIDO Y ENRIQUECIDO

24 de mayo de 2005



INFORME SOBRE LA FALSA PRESENCIA DE URANIO ENRIQUECIDO Y EMPOBRECIDO EN MUESTRAS DE AGUA POTABLE EN LOS ALREDEDORES DEL CENTRO ATOMICO EZEIZA.

MEDICIONES Y EVALUACIÓN EN BARRIOS, ESCUELAS Y EMPRESAS DE LA ZONA.

MEDICIONES EFECTUADAS EN CANADA.

MEDICIONES DEL CONTENIDO DE URANIO EN EL RESTO DEL PAIS.

**MEDICIONES Y
EVALUACIONES
EFECTUADAS
POR LA ARN
EN BARRIOS,
ESCUELAS
Y EMPRESAS
DE LA ZONA**



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN – 570/05

BUENOS AIRES, 23 MAR 2005

SEÑOR PRESIDENTE

Me dirijo a usted a fin de poner en su conocimiento que en el día de la fecha hemos informado a la empresa Aeropuertos Argentina 2000 de los resultados del análisis de las aguas de captación en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza. Adjunto a la presente la transcripción de dichos resultados:

"El día 18/03/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal de la empresa Aeropuertos 2000 y en los puntos que fueron indicados por los mismos. Las muestras fueron tomadas de dos pozos, uno denominado "Pozo Nro. 1" (playa de estacionamiento principal) y el otro "Pozo Nro. 2" (EDCADASA). Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Pozo Nro. 1 Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,1 Bq / L

Pozo Nro. 2 Cs-137 < 0,2 bq / L Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : 0,2 ± 0,1 Bq / L (para ambos pozos)

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L , (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Pozo Nro. 1: 0,4 ± 0,2 Bq / L

Pozo Nro. 2: 0,5 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L, (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 8 ± 3 µg / L de uranio (para ambos pozos)


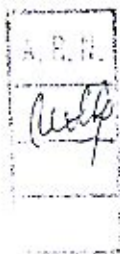


Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada en los diferentes pozos muestreados es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano)".

Sin otro particular saludo a usted atentamente.



Dr. Raúl Oscar RAGANA
Presidente del Directorio

SEÑOR PRESIDENTE DEL ORGANISMO REGULADOR DEL SISTEMA
NACIONAL DE AEROPUERTOS (ORSNA)
BRIGADIER MAYOR (R.) LICENCIADO HORACIO A. OREFICE
S / D.



Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN -- 576/05

BUENOS AIRES, 28 de marzo de 2005

Señor Presidente
Instituto Nacional del Agua
Ing. OSCAR VALENTÍN LICO
S / D

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a lo solicitado en su Nota INA Nro. 130/05, solicitando el análisis de la presencia de material radiactivo en agua de captación utilizada en el Instituto Nacional del Agua. En razón de ello, el día 21/03/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal del mencionado organismo y en los puntos que nos fueron indicados. Las mismas fueron tomadas de tres pozos, uno denominado Agua Industrial, otro "Pozo Nro. 1" y el tercero "Pozo Nro. 2".

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Agua Industrial	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
Pozo Nro. 1	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,1 Bq / L
Pozo Nro. 2	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : (0,2 ± 0,1) Bq / L (para los tres pozos)

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L , (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Agua industrial: (0,6 ± 0,2) Bq / L

Pozo Nro. 1: (0,4 ± 0,2) Bq / L

Pozo Nro. 2: (0,3 ± 0,2) Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L, (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.



Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 576/05

Determinación de uranio por fluorimetría:

Agua industrial: $9 \pm 3 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

Pozo Nro. 1: $8 \pm 3 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

Pozo Nro.2: $< 5 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada en los diferentes pozos muestreados es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental (valor guía: $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos (valor guía: $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano).

ARN
106

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
MESA DE ENFERMEDADES Y ACCIDENTES
ENTG. BALIO
28 MAR 2005
[Handwritten signature]



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN – 778/05

BUENOS AIRES, 18 de abril de 2005

Sra. REPRESENTANTE LEGAL
Colegio PARISH ROBERTSON
Sra. MARÍA SUSANA GREEN
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 01-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en agua de consumo utilizada en el Colegio PARISH ROBERTSON y en su campo de deportes de la localidad de Monte Grande, provincia de Buenos Aires. En razón de ello el día 05/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal del Colegio.

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Colegio Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,2 Bq / L

Campo de deportes Cs-137 < 0,3 Bq / L Co-60 < 0,3 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : $0,3 \pm 0,1$ Bq / L (para ambas muestras)

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Colegio $0,4 \pm 0,2$ Bq / L

Campo de Deportes < 0,3 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría:

Colegio 5 ± 3 μg / L de uranio

Campo de Deportes 6 ± 3 μg / L de uranio



Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada en ambas muestras es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, saluda muy atentamente,

ARN
<i>[Handwritten Signature]</i>

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TÉCNICO

Recibí

[Handwritten Signature]
M. S. GREEN
REPRESENTANTE LEGAL

19/4/05

INSTITUTO ENSEÑANZA PRIVADA
INGORPORADO A LA ENSEÑANZA OFICIAL
PARISH ROBERTSON
DIPREGEP 4187
PARISH ROBERTSON 159 - MTE. GRANDE
☎ 4206-4446



Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN – 776/05

BUENOS AIRES, 18 de abril de 2005

REPRESENTANTE LEGAL
COLEGIO PRIVADO "EL JAGÜEL"
Sra. MAGDALENA de BARROS LIMA e COSTA
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su solicitud sobre la determinación de material radiactivo en el agua de consumo del Colegio Privado "EL Jagüel" sito en la calle Tilcara 451 y en la calle La Calandria 448, EL Jagüel. En razón de ello, el día 06/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal del referido Colegio.

Los resultados de las mismas se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,3 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : 0,2 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

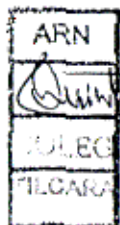
Determinación Beta Total: 0,3 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 7 ± 3 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, saluda muy atentamente



Recibido
19/4/05

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO

COLEGIO PRIVADO EL JAGÜEL
TILCARA 451 ESTEBAN ECHEVERRIA
DIEGEP N° 3679

MAGDALENA de BARROS LIMA e COSTA
REPRESENTANTE LEGAL



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN – 777/05

BUENOS AIRES, 18 de abril de 2005

ADMINISTRACIÓN
Barrio Privado "EL RODAL"
Sra. FABIANA ABALLAY
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su solicitud sobre la determinación de uranio en el agua de consumo del Barrio Privado "El Rodal" ubicado en la Av. Pedro Dreyer 3539 de Monte Grande. En razón de ello, el día 05/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal de la guardia de dicho Barrio, ante la ausencia de personal de la Administración.

Los resultados de las mismas se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : 0,3 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

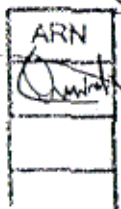
Determinación Beta Total: 0,4 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 6 ± 3 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, saluda muy atentamente,



Recibido 19/4/05

[Handwritten signature]
2867854

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



BUENOS AIRES, 18 de abril de 2005

Sra. DIRECTORA
COLEGIO BADEN POWELL – JARDÍN DE INFANTES "LA CONEJOLA"
Sra. LAURA B. PROIETTI
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su solicitud sobre la determinación de material radiactivo en el agua de consumo del Colegio BADEN POWELL, sito en la calle Dr. Rotta 2820, y del Jardín de Infantes "LA FAMILIA CONEJOLA" sito en la calle El Ceibo 431, ambos de la localidad de El Jagüel. En razón de ello, el día 06/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal de los referidos Colegios.

Los resultados de las mismas se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

"Baden Powell"	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
"La Conejola"	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,3 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : $0,3 \pm 0,1$ Bq / L (para ambas muestras)

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: $0,3 \pm 0,2$ Bq / L (para ambas muestras)

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría:

"BADEN POWELL"	5 ± 3 µg / L de uranio
"LA CONEJOLA"	< 4 µg / L de uranio

Recibido
Laura B. Proietti. Lorena Castro.
F: 19/04/05.

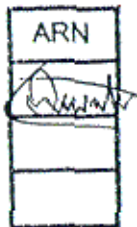


Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 μg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 μg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, saluda muy atentamente,



Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



Autoridad Regulatoria Nuclear

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 774/05

BUENOS AIRES, 18 de abril de 2005

Sr. SECRETARIO
COOPERATIVA DE URBANIZACIÓN Y CONSUMO "Barrio Torretanque Ltda."
Sr. OSVALDO PASSERINO
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su solicitud sobre la determinación de material radiactivo en el agua de consumo en la Cooperativa de urbanización y Consumo "Barrio Torretanque Ltda." sito en la calle Miguel Cané 2748, Villa Luzuriaga, San Justo. En razón de ello, el día 07/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal de la referida Cooperativa.

Los resultados de las mismas se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total : $0,3 \pm 0,1$ Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: $0,5 \pm 0,2$ Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 8 ± 4 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

ARN
<i>[Signature]</i>

Sin otro particular, saluda muy atentamente,

Recibido 21-4-05

[Signature]
OSVALDO J. PASSERINO
SECRETARIO

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 884/05

BUENOS AIRES, 29 de abril de 2005

ATILIO ETHELAR S.A.
FABRICA DE AGUAS SODA IVESS.
AT: SR. JOSE LUIS SOSA
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 19-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de extracción en la *Planta Elaboradora y Envasadora ubicada en J. M. de Rosas 21028, Virrey del Pino*. En razón de ello el día 21/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal de la empresa.

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L

Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: 0,2 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

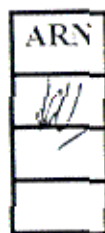
Determinación Beta Total: 0,6 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 9 ± 3 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Recibido
Jose Luis Sosa.
02-05-2005.

JOSE LUIS SOSA

Lic. EDUARDO E. QUINTANA
SUBGERENTE
CONTROL AMBIENTAL

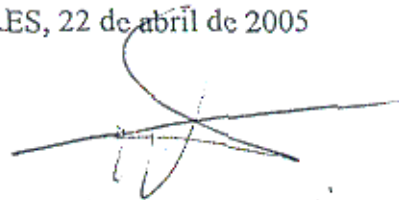


Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 826/05

BUENOS AIRES, 22 de abril de 2005

Sr. APODERADO LEGAL
BARRIO PRIVADO EL CENTAURO
Sr. RICARDO SAMPÓ
S. / D.


MEANIZABAL
25/04/05

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 07-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en agua de consumo utilizada en el BARRIO PRIVADO EL CENTAURO de la localidad de Canning, provincia de Buenos Aires. En razón de ello el día 08/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal del Barrio.

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Pozo zona pañol	Cs-137 < 0,3 Bq / L	Co-60 < 0,3 Bq / L
Pozo zona cerco	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total:

Pozo zona pañol	0,1 ± 0,1 Bq / L
Pozo zona cerco	0,2 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Pozo zona pañol	0,3 ± 0,2 Bq / L
Pozo zona cerco	0,5 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 826/05

Determinación de uranio por fluorimetría:

Pozo zona pañol	< 4 µg / L de uranio
Pozo zona cerco	6 ± 2 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada en ambas muestras es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TÉCNICO



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 825/05

BUENOS AIRES, 22 de abril de 2005

Sr. GERENTE DE CAMPO
COUNTRY MI REFUGIO
Sr. DIEGO CRISEL
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su fax del 06-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en agua de consumo utilizada en el COUNTRY MI REFUGIO de la localidad de Canning, provincia de Buenos Aires. En razón de ello el día 08/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal del Country.

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Pozo zona house	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,3 Bq / L
Pozo zona golf	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total:

Pozo zona house	0,3 ± 0,1 Bq / L
Pozo zona golf	0,2 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Pozo zona house	0,4 ± 0,2 Bq / L
Pozo zona golf	0,4 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 825/05

Determinación de uranio por fluorimetría:

Pozo zona house	$6 \pm 2 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio
Pozo zona golf	$6 \pm 3 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada en ambas muestras es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal los Residuos Peligrosos" (valor guía: $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TÉCNICO

25/04/05
GERENTE



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 855/05

BUENOS AIRES, 25 de abril de 2005

CENTRO EDUCATIVO TERAPEUTICO "DESPERTARES"
Sra. SILVINA LAMEIRO
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su E-mail del 04-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en agua de consumo utilizada en el CENTRO de referencia ubicado en la calle RACEDO Nro. 188, Ezeiza. En razón de ello el día 11/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal del Centro.

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: 0,5 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

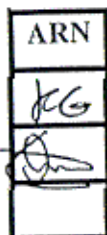
Determinación Beta Total: 0,7 ± 0,3 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 11 ± 3 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Recibido 26/4/05

[Handwritten Signature]
Liliana Gallo

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



BUENOS AIRES, 25 de abril de 2005

JARDÍN MATERNAL Y DE INFANTES "NUBEBLANCA"
Sra. PATRICIA MARTÍNEZ
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su E-mail del 01-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en agua de consumo utilizada en el JARDÍN de referencia ubicado en la calle LAS HERAS Nro. 68, Monte Grande. En razón de ello el día 11/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal del Jardín.

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: 0,4 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: 0,5 ± 0,3 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 5 ± 3 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

ARN
HG
<i>[Signature]</i>

[Signature]
Silvia Saperi
26/04/05

[Signature]
Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TÉCNICO



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 867/05

BUENOS AIRES, 27 de abril de 2005

GERENTE ADMINISTRATIVO
"AGUAS QUASAR", KARRA S.A.
LIC. MARCOS GUALAZZI
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 06-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de proceso de extracción en la Planta Elaboradora y Envasadora ubicada en Perito Moreno 273 (entre Las Lilas y Ñandubay), La Unión., partido de Ezeiza. En razón de ello el día 11/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal de la empresa.

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,3 Bq / L

Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: 0,4 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: < 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 8 ± 3 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Marcos Gualazzi
28/04/05

Lic. EDUARDO E. QUINTANA
SUBGERENTE
CONTROL AMBIENTAL



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 880/05

BUENOS AIRES, 29 de abril de 2005

DIRECTOR EJECUTIVO
CAMPO DEPORTIVO CLUB SOCIAL ISRAELITA SEFARADÍ
LIC. ALEJANDRO FRENKIEL
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 05-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de consumo utilizada en el CAMPO DEPORTIVO Y RECREATIVO del CSIS ubicado en la calle AZUL Nro. 298, Monte Grande. En razón de ello el día 11/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal del Country.

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,3 Bq / L Co-60 < 0,3 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: < 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: 0,4 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: < 4 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

ARN
1101

Lic. EDUARDO E. QUINTANA
SUBGERENTE
CONTROL AMBIENTAL



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 882/05

BUENOS AIRES, 29 de abril de 2005

PLANTA EMBOTELLADORA IVESS - LLAVALLOL.

AT: Sr. Hernán Belizo.

S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 11-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de extracción y de red en la Planta Elaboradora y Envasadora ubicada en Piedrabuena 233, Llavallol. En razón de ello el día 14/04/2005 fueron tomadas muestras de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal de la empresa.

Determinación por Espectrometría Gamma:

Agua de red	Cs-137 < 0,3 Bq / L	Co-60 < 0,3 Bq / L
Agua de pozo	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total:

Agua de red:	0,3 ± 0,1 Bq / L
Agua de pozo:	0,4 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Agua de red:	0,5 ± 0,3 Bq / L
Agua de pozo:	1 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 9 ± 3 µg / L de uranio

Agua de red:	6 ± 2 µg / L de uranio
Agua de pozo:	20 ± 4 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

ARN
12

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

2/5/05

Lic. EDUARDO E. QUINTANA
SUBGERENTE



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 883/05

BUENOS AIRES, 29 de abril de 2005

DIONICIO FORGIONE E HIJOS S.A.
PLANTA ELABORADORA IVESS.
AT: Sr. Miguel Baroni.
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su mail del 11-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de la Planta Elaboradora y Envasadora ubicada en Molina Arrotea 959, Lomas de Zamora. En razón de ello el día 18/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal de la empresa.

Determinación por Espectrometría Gamma:

Cs-137 < 0,2 Bq / L

Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: < 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: 0,6 ± 0,3 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: < 4 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



[Handwritten signature]
2.5.05

[Handwritten signature]

LIC. EDUARDO E. QUINTANA
SUBGERENTE
CONTROL AMBIENTAL



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN – 889/05

BUENOS AIRES, 2 de mayo de 2005

SR. PRESIDENTE
CÁMARA INDUSTRIAL DE SODA EN SIFONES
SR. JUAN CARLOS ALETTA
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su nota del 06-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua utilizada en la fabricación de los diferentes productos, en las siguientes plantas: a) Soda Natalio Figoli y Salvador Aletta S.A., Ezeiza 6169, Gregorio de Laferrere; b) Soda Ciudad General Belgrano, Migueles 2564, Ciudad Evita y c) Soda Aiello e hijos S.A., Marconi 3508, Isidro Casanova. En razón de ello, el día 13/04/2005 fueron tomadas por parte de personal de ésta ARN y en presencia de personal de las empresas las siguientes muestras: una muestra de agua en Soda Figoli, dos muestras de agua en Soda General Belgrano (pozo y procesada) y una muestra de agua en Soda Aiello e hijos.

Determinación por Espectrometría Gamma:

Soda FIGOLI-ALETTA	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
Soda C.G. BELGRANO (Pozo)	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
Soda C.G. BELGRANO (Procesada)	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
Soda AIELO E HIJOS	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total:

Soda FIGOLI-ALETTA	0,2 ± 0,1 Bq / L
Soda C.G. BELGRANO (Pozo)	0,3 ± 0,1 Bq / L
Soda C.G. BELGRANO (Procesada)	< 0,1 Bq / L
Soda AIELO E HIJOS	< 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Soda FIGOLI-ALETTA	0,4 ± 0,3 Bq / L
Soda C.G. BELGRANO (Pozo)	0,8 ± 0,3 Bq / L
Soda C.G. BELGRANO (Procesada)	0,6 ± 0,3 Bq / L
Soda AIELO E HIJOS	0,4 ± 0,3 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 889/05

Determinación de uranio por fluorimetría:

Soda FIGOLI-ALETTA	$6 \pm 4 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio
Soda C.G. BELGRANO (Pozo)	$< 4 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio
Soda C.G. BELGRANO (Procesada)	$< 4 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio
Soda AJELO E HIJOS	$< 4 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Recibido
2-5-05

Ing. JUAN CARLOS FERRER
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 916/05

BUENOS AIRES, 03 de mayo de 2005

SRA. DIRECTORA
INSTITUTO "GRILLI"
AT: SRA. OFELIA ROPKE
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su MAIL del 13-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de consumo del INSTITUTO "GRILLI", ubicado en la calle Vicente López 244/246 de Monte Grande. En razón de ello el día 18/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia de personal del mencionado Instituto. Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma: Cs-137 < 0,3 Bq / L; Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: $0,2 \pm 0,1$ Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: $0,2 \pm 0,2$ Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: 10 ± 2 µg / L de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

ARN
10/05/05
306

Recibido
[Firma]
OFELIA ROPKE
04/05/05

[Firma]
Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 917/05

BUENOS AIRES, 03 de mayo de 2005

SRA. LAURA SCALOBRONI de CONESA
GÜIRALDES 90, BARRIO UNO - EZEIZA
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su MAIL del 27-03-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de consumo de la vivienda ubicada en la calle GÜIRALDES 90 Barrio Nro. 1 de Ezeiza. En razón de ello el día 18/04/2005 fue tomada una muestra de agua por personal de ésta ARN en presencia del Sr. Pablo Conesa. Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma: Cs-137 < 0,2 Bq / L; Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total: < 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total: < 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría: $8 \pm 2 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 $\mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 $\mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

ARN
INJU
REG

RECIBIDO
04/MAYO/2005

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO



BUENOS AIRES, 09 de mayo de 2005

SR. ENCARGADO
Barrio "ASOCIACIÓN CIVIL CLUB DE CAMPO"
SR. MARIO DI NICOLA
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su Mail del 14-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en el agua de consumo del El Barrio ASOCIACIÓN CIVIL CLUB DE CAMPO, ubicado en la calle Sargento Cabral 4885, Canning. En razón de ello, el día 28/04/2005 fueron tomadas tres muestras por parte de personal de ésta ARN y en presencia de personal del mencionado Barrio. Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

ADMINISTRACIÓN	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
PLAZA	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L
FINCA "LOS AMIGOS"	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total:

ADMINISTRACIÓN	< 0,1 Bq / L
PLAZA	0,2 ± 0,1 Bq / L
FINCA "LOS AMIGOS"	< 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa > 0,5 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

ADMINISTRACIÓN	0,7 ± 0,2 Bq / L
PLAZA	0,6 ± 0,2 Bq / L
FINCA "LOS AMIGOS"	0,6 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta > 1,0 Bq / L (OMS-2004). Si el valor es igual o está por debajo de éste valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.

Determinación de uranio por fluorimetría:

ADMINISTRACIÓN	6 ± 4 µg / L de uranio
PLAZA	6 ± 4 µg / L de uranio
FINCA "LOS AMIGOS"	6 ± 4 µg / L de uranio



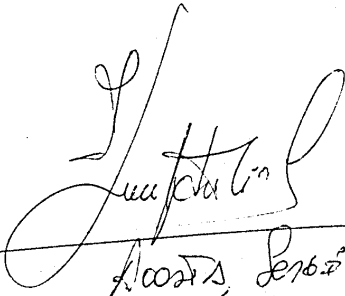
Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN – 972/05

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal de los Residuos Peligrosos" (valor guía: 100 µg / L de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

ARN
114
J.C.G.


Juan Carlos Ferreri
Gerente
APOYO CIENTIFICO TECNICO

Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TECNICO

**MEDICIONES
EFECTUADAS
EN CANADÁ**



Mi REFUGIO INFORMA

ESTADO DEL AGUA EN EL COUNTRY

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS

Se realizaron tomas en las dos perforaciones generales del country (zonas House y Golf respectivamente). Se remitieron al laboratorio "SRC Analytica Laboratories" del Canadá, solicitándose la medida de Actividad alfa total, Actividad beta total y concentración de Uranio. Los resultados se recibieron por e-mail con los siguientes valores:

Actividad Alfa Total

Zona House	0.22 Bq/L	Normal
Zona Golf	0.22 Bq/L	Normal
Nivel Guía OMS	Hasta 0.5 Bq/L	

Actividad Beta Total

Zona House	0.34 Bq/L	Normal
Zona Golf	0.39 Bq/L	Normal
Nivel Guía OMS	Hasta 1.0 Bq/L	

Concentración de Uranio (método ICP-MS)

Zona House	9.0 ug/L	Normal
Zona Golf	6.9 ug/L	Normal
Nivel Guía OMS	Hasta 15 ug/L	

Todos los resultados indican potabilidad del agua para los elementos ensayados, descartándose que en nuestra zona existan influencias contaminantes como las indicadas en el informe pericial que ha sido de público conocimiento.

CLUB DE CAMPO ECHEVERRIA DEL LAGO

Estimados vecinos:

Hace algunas semanas, nos dirigimos a Ustedes para alertarlos acerca de POSIBLES problemas con la calidad del agua potable en el barrio. Incluso les habíamos recomendado “SUSPENDER EN FORMA INMEDIATA, TOTAL Y HASTA NUEVO AVISO EL CONSUMO DE AGUA POTABLE DE LA RED Y REEMPLAZARLO POR AGUA ENVASADA DE MARACAS O PROVEEDORES CONFIABLES”.

Hoy tenemos el agrado de volver a comunicarnos con Ustedes para compartir muy buenas noticias: LA CALIDAD DEL AGUA EN ECHEVERRIA DEL LAGO ES APTA PARA EL CONSUMO HUMANO.

El susto pasó. Las averiguaciones que hicimos, siguieron dos cursos:

- a) Por un lado se solicitó a un laboratorio de la zona la toma de muestras y la realización de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en distintos puntos de la red de agua potable de nuestro barrio, siendo los resultados muy alentadores y confirmándose que todos los parámetros medidos para determinar potabilidad se encuentran por debajo de los límites definidos por la Organización Mundial de la Salud y los entes argentinos competentes.
- b) Por otra parte y en relación a las denuncias de posible contaminación radioactiva, algunos miembros de nuestra Comisión Directiva se contactaron con los responsables de otros Countries de la zona, que estaban sufriendo la misma incertidumbre, y recibieron un fuerte e incondicional apoyo, por lo que les quedamos sumamente agradecidos. Gracias a esta gestión, ayer nos han acercado copias de los informes que recibieron los vecinos del barrio Mi Refugio y los resultados son nuevamente satisfactorios. Los niveles de radiación detectados en las muestras son muy inferiores a los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud y los entes argentinos competentes. Los estudios fueron realizados en dos lugares distintos, el laboratorio privado SRC Analytical Laboratories de Canadá y el laboratorio de Apoyo Científico y Técnico de la Autoridad Regulatoria Nuclear, dependiente de la Presidencia de la Nación.

Como ya hemos recibido algunas consultas al respecto, queremos aclarar que, según dicen los especialistas, independientemente de que los resultados estén bien por debajo de los valores de referencia, son distintos de 0 (cero), porque la propia naturaleza de los suelos le otorga características particulares a las aguas que en ellos existen, sin que esto represente necesariamente una evidencia de contaminación insipiente.

Quienes deseen información más detallada al respecto pueden acercarse a la Administración, para ver el informe o solicitar una copia. Así mismo, estamos

evaluando, en este momento, la manera más eficiente de difundir un video, filmado también en el Country Mi Refugio, que registra la reunión donde se trataron estos temas con especialistas en la materia.

Sin más, aprovechamos la oportunidad para saludarlos cordialmente y manifestarles que como parte de nuestro compromiso de velar por el bienestar el barrio, continuaremos con la realización de controles regulares, (aproximadamente cada 6 meses), de la calidad del agua, para asegurarnos de que se mantiene cumpliendo con los estándares vigentes.

Comisión de Seguridad – Comisión Directiva

CLUB DE CAMPO “LOS ROSALES”

INFORME SOBRE LA SUPUESTA CONTAMINACIÓN RADIATIVA DEL AGUA

Sres. Socios:

A efectos que nuestros asociados tomen conocimiento pasamos a informarles sobre las actuaciones requeridas a partir de los primeros días del mes de marzo de 2005, donde tomó carácter público la información sobre la presunta contaminación del Acuífero Puelches, el cual según se divulgó alcanzaría en su recorrido a nuestra zona.

Al respecto, a partir de múltiples reuniones de esta Comisión Directiva con los Barrios aledaños y otros a nivel institucional, surgió la necesidad de solicitar diferentes controles a distintos organismos con muestras de distintas Asociaciones de la zona y de nuestro Barrio (de tres lugares distintos y a distinta profundidad).

De dichos monitoreos les informamos que los análisis de Determinación por Espectrometría Gamma, Determinación Alfa Total, Determinación Beta Total y Determinación de Uranio por Fluorimetría que efectuó la Autoridad Regulatoria Nuclear en nuestro Barrio, los valores dieron muy por debajo de lo permitido por la Organización Mundial de la Salud. En base a los resultados obtenidos se concluyó que el agua es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1., Norma Básica de Seguridad Radiológica.

Los mismos resultados dieron en los análisis efectuados en el Country Mi Refugio, que fueron enviados al Laboratorio “SCR Analytical Laboratories” del Canadá.

También se habló con el responsable de seguridad sanitaria de Gatorade Argentina y confirmó que el agua que usa la compañía en su planta de Monte Grande es extraída de pozos y la trata para hacer sus productos, que además exporta a Chile, Paraguay y Uruguay. Apenas se conocieron las denuncias sobre contaminación, se analizaron en laboratorios de EE.UU. muestras del agua de pozo y de la que ha sido tratada en planta: Ambos estudios determinaron una cantidad de uranio menor al tope que recomienda la Organización Mundial de la Salud.

Se encuentra en la Administración a la entera disposición de los vecinos, toda la información referida a lo anteriormente dicho.

Comisión Directiva

SRC ANALYTICAL

422 Downey Road
Saskatoon, Saskatchewan, S7N 4N1
(306) 933-6932 or 1-800-240-8808
Fax: (306) 933-7922

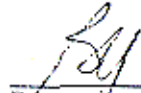
Country Mi Refugio
Sgto Cabral 2600
(1842) Canning, Argentina
Attn: Adolfo Galanternik

Date Samples Received: Apr-11-2005 Client P.O.:

Analysis has been reviewed by:



Dave Chorney
Radiochemistry and SLOWPOKE II Supervisor



Brenda Stanek
Inorganics Supervisor

- * Test methods and data are validated by the laboratory's Quality Assurance Program. SRC Analytical is accredited by the Canadian Association for Environmental Analytical Laboratories (CAEAL) for specific tests listed in the scope of accreditation approved by CAEAL.
- * Routine methods follow recognized procedures from sources such as
 - * Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA AWWA WEF
 - * Environment Canada
 - * US EPA
 - * CANMET
- * Samples will be kept for 30 working days after the final report is sent. Please contact the lab if you have any special requirements.

SRC ANALYTICAL

422 Downey Road
 Saskatoon, Saskatchewan S7N 4N1
 (306) 933-6932 1-800-240-8808

Country Mi Refugio
 Sgto Cabral 2600
 (1842) Canning, Argentina
 Attn: Adolfo Galanternik

Apr-19-2005

Date Samples Received: Apr-11-2005 Client P.O.:

SAMPLE	CLIENT DESCRIPTION
6179	4/6/2005 SAMPLE G1 DRINKING WATER FROM WELL NAME "GOLF" *WATER*
6180	4/6/2005 SAMPLE H1 DRINKING WATER FROM WELL NAME "HOUSE" *WATER*

ANALYTE	UNITS	6179	6180
INORGANIC CHEMISTRY			
Uranium	ug/L	6.9	9.0
RADIO CHEMISTRY			
Gross alpha	Bq/L	<0.22	<0.22
Gross beta	Bq/L	0.39±0.08	0.34±0.07

"<": not detected at level stated above



BUENOS AIRES, 22 de abril de 2005

Sr. GERENTE DE CAMPO
COUNTRY MI REFUGIO
Sr. DIEGO CRISEL
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en respuesta a su fax del 06-04-05, solicitando el análisis de material radiactivo en agua de consumo utilizada en el COUNTRY MI REFUGIO de la localidad de Canning, provincia de Buenos Aires. En razón de ello el día 08/04/2005 fueron tomadas muestras por personal de ésta ARN en presencia de personal del Country.

Los resultados de las mediciones se enumeran a continuación:

Determinación por Espectrometría Gamma:

Pozo zona house	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,3 Bq / L
Pozo zona golf	Cs-137 < 0,2 Bq / L	Co-60 < 0,2 Bq / L

Valores Guía : para Cs-137 = 10 Bq / L, para Co-60 = 100 Bq / L (OMS-2004)

Determinación Alfa Total:

Pozo zona house	0,3 ± 0,1 Bq / L
Pozo zona golf	0,2 ± 0,1 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores alfa = 0,5 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores alfa.

Determinación Beta Total:

Pozo zona house	0,4 ± 0,2 Bq / L
Pozo zona golf	0,4 ± 0,2 Bq / L

Valor de "screening" para decidir la determinación específica de emisores beta = 1,0 Bq / L (OMS-2004). Por debajo de este valor no es necesario realizar la determinación específica de emisores beta.



Autoridad Regulatoria Nuclear
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ARN - 825/05

Determinación de uranio por fluorimetría:

Pozo zona house	$6 \pm 2 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio
Pozo zona golf	$6 \pm 3 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio

En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada en ambas muestras es apta para el consumo humano, desde el punto de vista radiológico, cumpliendo con la Norma ARN 10.1.1, Norma Básica de Seguridad Radiológica. Asimismo, cumple con lo especificado por la Ley Nro. 24.585, "Actividad Minera-Impacto Ambiental" (valor guía $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano) y la Ley Nro. 24.051 "Régimen Legal los Residuos Peligrosos" (valor guía: $100 \mu\text{g} / \text{L}$ de uranio para agua de consumo humano).

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,



Ing. JUAN CARLOS FERRERI
GERENTE
APOYO CIENTIFICO TÉCNICO

25/04/05
GERENTE

**MEDICIONES
DEL CONTENIDO
DE URANIO
EN EL RESTO
DEL PAÍS**

Uranio natural y ^{226}Ra en aguas potables y minerales embotelladas de Argentina

Bomben, A.M. y Palacios, M.A.

URANIO NATURAL Y ^{226}Ra EN AGUAS POTABLES Y MINERALES EMBOTELLADAS DE ARGENTINA

Bomben, A.M. y Palacios, M.A.

Autoridad Regulatoria Nuclear
Argentina

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la medición de las concentraciones de uranio natural y ^{226}Ra en aguas potables y minerales embotelladas de Argentina. Fueron analizadas 345 muestras de agua potable provenientes de todas las provincias, recolectadas de las redes de distribución domiciliaria y de pozos privados. Además, fueron analizadas 6 muestras de agua mineral embotellada seleccionadas entre las marcas de mayor consumo. La concentración de uranio natural se determinó por fluorimetría. La determinación de la concentración de ^{226}Ra se llevó a cabo por la técnica de emanación de ^{222}Rn y medición por centelleo líquido. El rango de valores de concentración de uranio natural medido fue de 0,03 a 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ y concentraciones de hasta 22 mBq L^{-1} de ^{226}Ra fueron medidas en las aguas potables analizadas. En las aguas minerales embotelladas la concentración de uranio natural varió de 0,04 a 3,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ y fueron medidas concentraciones de ^{226}Ra de hasta 2,4 mBq L^{-1} . Para los habitantes de la Ciudad de Buenos Aires, teniendo en cuenta la concentración de los radionucleidos analizados y el consumo de agua, fue estimada una dosis efectiva comprometida promedio de 0,34 $\mu\text{Sv a}^{-1}$ y una dosis colectiva anual de 1,1 Sv hombre.

ABSTRACT

This paper presents the results obtained of the measurement of the natural uranium and ^{226}Ra concentrations carried out on 345 drinking water samples coming from different provinces of Argentina. The samples were collected from tap water systems and private wells. Six bottled mineral waters samples, selected from those most extensively consumed, were also analyzed. The natural uranium concentration was determined by a fluorimetric procedure and ^{226}Ra by the ^{222}Rn emanation technique and liquid scintillation counting. Values ranging from 0,03 to 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ of natural uranium and concentrations up to 22 mBq L^{-1} were found in the drinking water samples analyzed. Natural uranium concentrations from 0,04 to 3,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ and ^{226}Ra concentrations up to 2,4 mBq L^{-1} were measured in the bottled mineral waters samples. Based on the water intake rate and the measured concentrations of both radionuclides analyzed, an annual collective effective dose of 1,1 man Sv and an average committed effective dose of 0,34 $\mu\text{Sv a}^{-1}$, were calculated for the City of Buenos Aires inhabitants.

Key Words: natural uranium, radium 226, drinking water, radiation doses.

I. INTRODUCCIÓN

La dosis efectiva anual promedio de la población mundial debida a fuentes naturales de radiación es de 2,4 mSv, siendo ésta la suma de varias componentes [1]. La exposición externa debida a rayos cósmicos y rayos gamma terrestres aporta 0,39 y 0,48 mSv, respectivamente. Mientras que la exposición interna por vía de la inhalación, principalmente de gas radón, y de la ingestión de radionucleidos naturales contribuye con 1,26 y 0,29 mSv, respectivamente. Estos valores promedio pueden variar en forma significativa si se consideran casos particulares, es por ello que resulta importante el análisis de las diferentes contribuciones a la dosis efectiva debida a fuentes naturales de radiación en los diferentes países.

En el caso de la dosis efectiva resultante de la ingestión de radionucleidos naturales de período largo, la dosis puede ser estimada a partir de valores de concentración medidos en los alimentos y bebidas.

En el caso particular de las aguas potables, existe información publicada sobre la concentración de radionucleidos naturales en aguas superficiales, profundas y minerales [1-3], observándose un amplio rango de valores medidos que dependen, fundamentalmente, de las características geológicas de los suelos y de los procesos con que son tratadas las aguas potables o embotelladas.

Teniendo en cuenta que el agua potable es una importante vía para la incorporación de uranio natural y ^{226}Ra , se llevó a cabo la determinación de las concentraciones de estos radionucleidos de origen natural en aguas potables y minerales embotelladas provenientes de diferentes localidades de Argentina y la estimación de las dosis debidas a su ingestión.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de agua potable fueron directamente recolectadas de las redes de distribución domiciliaria o de pozos privados y remitidas al laboratorio para su análisis, sin tratamiento previo. Las muestras de agua mineral embotellada fueron obtenidas en puntos de venta.

Los volúmenes de agua procesados variaron desde 530 a 3000 mL, de acuerdo a la disponibilidad. Todas las muestras que superaban un volumen de 800 mL fueron evaporadas sobre plancha calefactora hasta alcanzar ese volumen.

La determinación de la concentración de ^{226}Ra fue llevada a cabo por una técnica cuyo primer paso consistió en la coprecipitación del radionucleido de interés, con BaSO_4 y la posterior disolución del precipitado con solución alcalina de EDTA. La solución resultante fue transferida a un vial de centelleo y se le agregó solución centelladora con tolueno como solvente, para formar un sistema bifásico. El vial fue sellado con un sellador plástico [4]. Luego de un período mínimo de 20 días, para permitir que el ^{226}Ra y sus productos de decaimiento alcancen el equilibrio, las fases acuosa y orgánica fueron separadas, para evitar una posible contribución de la fase acuosa en la medición. El vial de centelleo fue nuevamente sellado y la fase orgánica, con el ^{222}Rn disuelto, fue medida. La medición se inició luego de 30 minutos de producida la separación para permitir el decaimiento del ^{220}Rn , si es que estuviera presente.

La medición por centelleo líquido se llevó a cabo en un equipo Packard 2550TR/AB, con corrección automática de luminiscencia, utilizando un sistema de discriminación alfa/beta por forma de pulso y con optimización de los niveles de discriminación y las ventanas de contaje. Los tiempos de medición variaron de 100 a 1900 minutos. Se llevaron a cabo correcciones por el decaimiento del ^{222}Rn durante el tiempo de medición y por el tiempo transcurrido entre la separación de fases y el comienzo de la medición.

La determinación de la concentración de uranio natural se realizó en el sobrenadante de la coprecipitación del ^{226}Ra . Se llevó a cabo una coprecipitación utilizando como carrier CaHPO_4 . El precipitado fue disuelto en medio ácido y la concentración de uranio fue medida por la técnica de fluorimetría en 3 alícuotas de 600 μL cada una, en un fluorímetro Jarrell-Ash [4].

Considerando las técnicas descriptas y sus factores de calibración, los límites de detección estimados, para un 95% de confianza, para muestras de 1500 mL fueron: 0,3 mBq L^{-1} , para ^{226}Ra (1000 minutos de contaje) y 0,01 $\mu\text{g L}^{-1}$, para uranio natural.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del programa de evaluación de la radiactividad ambiental de origen natural, fueron analizadas 345 muestras de agua potable. El 62% de las muestras analizadas provino de redes de distribución domiciliaria, que incluían aguas superficiales y profundas, dependiendo de la disponibilidad de las fuentes y la época del año. El resto de las muestras analizadas fueron recolectadas de pozos privados, excavados o perforados, y fueron consideradas representativas del acuífero del cual provenían.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados teniendo en cuenta las ciudades con mayor población y sus alrededores. También, se analizaron muestras provenientes de los alrededores de los complejos minero fabriles de uranio. En la Fig. 1, se muestra la localización de los puntos de muestreo de 22 provincias de Argentina.

En la Fig. 2, se muestra la localización de los puntos de muestreo correspondientes a la provincia de Buenos Aires, el Gran Buenos Aires y la Ciudad de Buenos Aires, donde reside el 48% de la población de Argentina.

Uranio natural. La concentración de uranio natural fue mayor que el límite de detección en todas las muestras de agua potable analizadas.

El rango de valores medidos fueron de 0,03 a 24 $\mu\text{g L}^{-1}$ y de 0,06 a 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ para muestras recolectadas de redes de distribución domiciliaria y pozos privados, respectivamente.

En la Tabla 2, se presentan los rangos de valores de concentración de uranio natural medidos y las medias geométricas calculadas para las muestras recolectadas en diferentes provincias de Argentina.

En la Fig. 3 (A), se muestra la distribución de frecuencias de concentración de uranio natural medida en aguas potables provenientes de redes de distribución domiciliaria. En la distribución, se observa la presencia de dos subpoblaciones, ya que en este tipo de muestras se incluyen aguas superficiales y profundas.



Figura 1. Puntos de muestreo de las diferentes provincias de Argentina.
Muestras de agua potable de:
(●) redes de distribución domiciliaria y (▼) pozos privados.

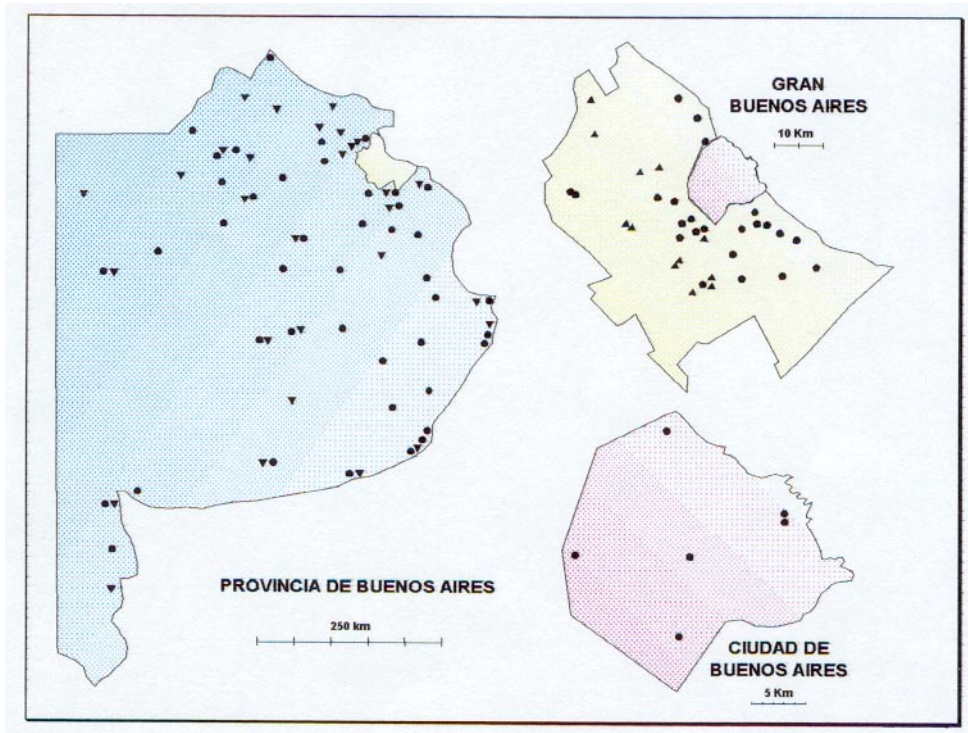


Figura 2. Puntos de muestreo de la Provincia de Buenos Aires, Gran Buenos Aires y Ciudad de Buenos Aires. Muestras de agua potable de: (●) redes de distribución domiciliaria y (▼) pozos privados.

Tabla 2. Concentraciones de uranio natural y ^{226}Ra medidas en aguas potables de Argentina.

Provincia o Área geográfica	(A)	(B)	Uranio natural ($\mu\text{g.l}^{-1}$)		^{226}Ra (mBq.l^{-1})	
			Rango de Concentración ^a	Media Geométrica	Rango de Concentración ^a	Media Geométrica
Ciudad Buenos Aires	R	6	0,10 – 0,30	0,19	1,0 – 2,4	1,6
Gran Buenos Aires	R	25	0,12 – 4,6	0,57	0,7 – 13	1,6
	P	21	2,7 – 11	4,5	0,7 – 6,1	1,8
Buenos Aires	R	50	0,10 – 8,9	2,7	<0,3 – 15	1,1
	P	34	0,10 – 50	2,8	<0,3 – 11	1,1
Catamarca	R	1	1,6 ± 0,2	–	1,5 ± 0,2	–
	P	4	0,8 – 20	3,1	0,7 – 2,1	1,0
Chaco	R	2	0,03 – 0,12	0,06	1,0 – 1,9	1,4
	P	2	4,4 – 9	6,3	3,2 – 5,0	4,0
Chubut	R	9	0,06 – 2,3	0,44	<0,2 – 0,7	0,6
	P	5	0,09 – 6,1	0,54	<0,3 – 0,9	0,7
Córdoba	R	28	0,09 – 20	1,2	0,2 – 11	1,3
	P	7	1,0 – 29	5,4	<0,4 – 2,5	1,2
Corrientes	R	4	0,10 – 1,1	0,24	0,8 – 1,7	1,1
Entre Ríos	R	6	0,17 – 8,7	0,65	0,4 – 1,3	0,7
	P	4	0,23 – 24	2,1	5 – 22	10
Formosa	R	1	0,10 ± 0,05	–	<1,0	–
Jujuy	R	3	0,12 – 1,0	0,37	0,6 – 2,4	1,1
La Pampa	R	14	1,1 – 20	5,4	<0,3 – 1,6	0,9
	P	15	0,7 – 42	5,6	0,4 – 3,4	0,9
La Rioja	R	3	2,0 – 21	7,7	1,3 – 5,9	2,2
	P	1	1,6 ± 0,1	–	0,6 ± 0,2	–
Mendoza	R	6	0,20 – 2,0	0,7	0,7 – 1,8	1,2
	P	4	0,17 – 2,3	0,5	0,6 – 2,6	1,2
Misiones	R	3	0,078 – 0,10	0,09	<0,7 – 4,5	1,8
	P	2	0,06 – 0,17	0,10	<0,4	–
Neuquén	R	8	0,07 – 0,6	0,16	<0,3 – 1,7	0,6
	P	1	2,6 ± 0,2	–	1,8 ± 0,3	–
Río Negro	R	12	0,03 – 1,1	0,22	<0,3 – 0,9	0,6
	P	3	0,09 – 0,9	0,25	<0,2 – 2,3	2,3 ± 0,2 ^a
Salta	R	9	0,17 – 1,9	0,55	0,5 – 4,0	1,5
	P	3	3,6 – 8,1	5,5	1,0 – 6,9	2,8
San Juan	R	1	1,4 ± 0,1	–	1,7 ± 0,3	–
	P	2	0,7 – 5,4	1,9	2,3 – 4,8	3,3
San Luis	R	3	0,21 – 3,0	0,72	0,6 – 1,8	0,9
	P	6	4,0 – 25	9,0	1,0 – 3,6	2,0
Santa Cruz	R	3	0,10 – 0,30	0,17	0,5 – 1,4	0,9
Santa Fe	R	7	0,2 – 14	2,1	0,6 – 4,3	1,2
	P	9	2,9 – 14	8,0	0,6 – 5,1	1,6
Santiago del Estero	R	7	0,22 – 4,1	1,7	0,9 – 3,0	1,6
	P	3	1,1 – 48	4,6	0,4 – 1,2	0,7
Tierra del Fuego	R	2	0,15 – 0,26	0,20	0,4 – 0,9	0,6
Tucumán	R	3	0,4 – 24	2,9	0,8 – 1,7	1,3
	P	3	0,7 – 2,3	1,3	1,1 – 1,6	1,3

(A) Tipo de muestra: R = agua potable proveniente de red de distribución domiciliar
P = agua potable proveniente de pozo privado

(B) Número de muestras analizadas

a En el caso de que una sola muestra fue analizada o una sola muestra presentó valores de concentración significativamente diferentes del límite de detección, se informa el valor medido $\pm \sigma$.

En la Fig. 3 (B), se muestra la distribución de frecuencias de concentración de uranio natural correspondiente a muestras de aguas profundas, provenientes de pozos privados. Los valores medidos en este tipo de muestras, y para la mayor parte de las provincias, son más elevados comparados con los valores medidos en muestras provenientes de redes de distribución domiciliaria.

Radio. La concentración de ^{226}Ra fue mayor que el límite de detección en el 93 % de las muestras de agua potable analizadas.

En la Tabla 2, se presentan los rangos de valores de concentración de ^{226}Ra y las medias geométricas calculadas para las muestras de agua analizadas.

Concentraciones de ^{226}Ra de hasta 15 mBq L^{-1} y 22 mBq L^{-1} fueron medidas en las muestras recolectadas de redes de distribución domiciliaria y pozos privados, respectivamente.

En la Figura 4 (A), se presenta la distribución de frecuencias de concentración de ^{226}Ra medida en muestras provenientes de redes de distribución domiciliaria y en la Fig. 4 (B), la correspondiente a muestras recolectadas de pozos privados. Aunque se observa una similar distribución de frecuencias de concentración en los dos tipos de muestras analizadas, los valores más elevados corresponden a las muestras provenientes de pozos privados.

Aguas minerales embotelladas. Fueron analizadas 6 muestras de aguas minerales embotelladas, seleccionadas entre las marcas de mayor consumo. Cuatro muestras provienen de la provincia de Buenos Aires y las dos restantes de la provincia de Mendoza.

El rango de valores de concentración de uranio natural medidos fue de $0,04$ a $3,8 \mu\text{g L}^{-1}$, con una media geométrica de $0,58 \mu\text{g L}^{-1}$.

Concentraciones de ^{226}Ra de hasta $2,4 \text{ mBq L}^{-1}$, fueron halladas en las muestras analizadas, siendo la media geométrica de $1,3 \text{ mBq L}^{-1}$.

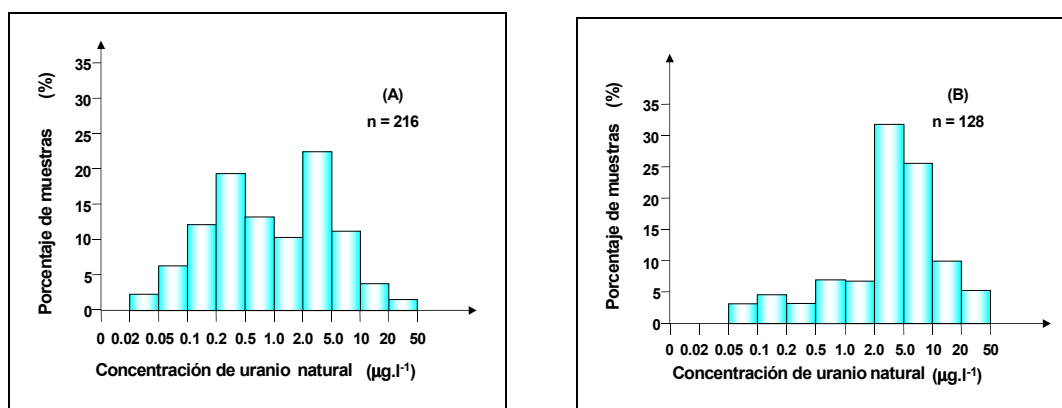


Figura 3. Distribución de frecuencias de concentración de uranio natural en aguas potables de Argentina. Muestras provenientes de: (A) redes de distribución domiciliaria, (B) pozos privados.

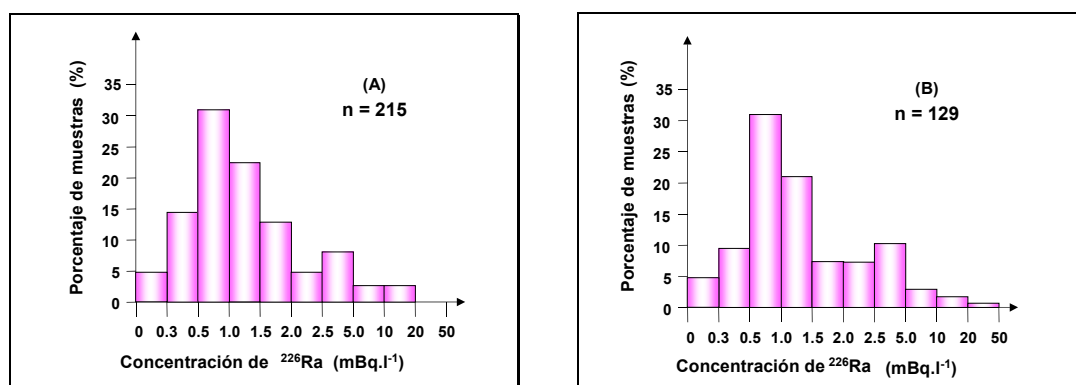


Figura 4. Distribución de frecuencias de concentración de ^{226}Ra en aguas potables de Argentina. Muestras provenientes de: (A) redes de distribución domiciliaria, (B) pozos privados.

Evaluación de la dosis. Con el propósito de evaluar la contribución de los radionucleidos analizados a la dosis de radiación que recibe la población, se calcularon las dosis anuales efectivas comprometidas promedio y colectivas para los habitantes de las diferentes provincias de Argentina. La dosimetría se basó en las medias geométricas de las concentraciones de uranio natural y ^{226}Ra y los factores dosimétricos correspondientes [5].

A modo de ejemplo, se presenta la dosis que reciben los habitantes de la Ciudad de Buenos Aires. Considerando una ingesta diaria de agua potable de 1,4 L para adultos y 0,4 L para niños menores de 1 año [1], se estimaron dosis efectivas comprometidas de 0,34 y 1,4 $\mu\text{Sv a}^{-1}$, respectivamente.

Teniendo en cuenta la distribución por edades de los residentes de la Ciudad de Buenos Aires, se estimó una dosis efectiva colectiva anual de 1,1 Sv.persona, debida a la ingesta de agua potable conteniendo los radionucleidos naturales analizados.

La más alta dosis efectiva comprometida calculada, para personas adultas, que consumen agua potable proveniente de red de distribución domiciliaria, corresponde a los residentes de una localidad de la provincia de Córdoba y fue estimada en 12 $\mu\text{Sv a}^{-1}$. Mientras que la dosis efectiva comprometida, para residentes de la localidad de Médanos, en la provincia de Buenos Aires, que consumen agua de pozo con la más alta concentración de uranio natural medida, fue estimada en 29 $\mu\text{Sv a}^{-1}$.

Como resultado de este monitoreo radiológico ambiental, se evaluó la concentración de uranio natural y ^{226}Ra en el agua potable que consumen más de 19 millones de personas, lo que representa el 60% de la población de Argentina.

Todos los valores de concentración medidos fueron menores que los valores de referencia derivados para agua potable (100 $\mu\text{g L}^{-1}$, para uranio natural y 180 mBq L^{-1} , para ^{226}Ra) y las dosis estimadas a partir de su consumo resultan insignificantes comparadas con otras fuentes naturales de radiación.

REFERENCIAS

- [1] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly, New York: United Nations; 2000.
- [2] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly, New York: United Nations; 1993.
- [3] Bomben, A. M.; Equillor, H. E.; Oliveira, A. A. ^{226}Ra and Natural Uranium in Argentinean Bottled Mineral Waters. Radiation Protection Dosimetry, 67(3): 221-224: 1996.
- [4] Bomben, A. M.; Canoba, A. C. A Simple Method for the Determination of Natural Uranium and ^{226}Ra in Waters and Soils. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters, 212(3): 209-219: 1996.
- [5] International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5. Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 72; Ann. ICRP 26(1): 1996.

