



Resultados de la participación de la ARN en el programa de garantía de calidad del EML- DOE período 1995-1999

Equillor, H.E.; Serdeiro, N.H.; Bonino, N.O.; Fernández, J.A.;
Gavini, R.M.; Grinman, A.D.R.; Lewis, E.C.; Palacios, M.A.;
Bomben, A.M. y Diodati, J.M.

A large, stylized logo for the Autoridad Reguladora Nuclear (ARN). The letters 'ARN' are rendered in a bold, white, serif font, set against a black, curved background that resembles a partial circle or a thick arc. The background is solid black, and the text is white, creating a high-contrast effect.

ARN

autoridad reguladora nuclear

**Please be aware that all of the Missing Pages in this document were
originally blank pages**

RESULTADOS DE LA PARTICIPACIÓN DE LA ARN EN EL PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD DEL EML- DOE PERÍODO 1995-1999

Equillor, H.E.; Serdeiro, N.H.; Bonino, N.O.; Fernández, J.A.; Gavini, R.M.;
Grinman, A.D.R.; Lewis, E.C.; Palacios, M.A.; Bomben, A.M. y Diodati, J.M.

Autoridad Regulatoria Nuclear
Argentina

INTRODUCCIÓN

Todo laboratorio radioquímico debe contar con técnicas analíticas optimizadas y sistemas de medición calibrados para la obtención de resultados confiables. Además de los controles internos que cada laboratorio necesita realizar (obtención de eficiencias, fondos de medición y rendimientos químicos), es indispensable que en los programas de garantía de calidad sean incluidos intercomparaciones con laboratorios calificados. La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) de la República Argentina participa desde 1995 en el Programa de Evaluación de Calidad (Quality Assessment Program - QAP) organizado por el Laboratorio de Mediciones Ambientales (Environmental Measurements Laboratory - EML) de los Estados Unidos. En este trabajo se detallan y analizan, desde diversas perspectivas, los resultados de la participación de la ARN en las diez intercomparaciones en las que ha intervenido.

DESCRIPCIÓN

Un programa de intercomparación consta normalmente de las siguientes etapas: el laboratorio organizador prepara las muestras y las envía a los laboratorios participantes; estos analizan las muestras y remiten los resultados; luego el laboratorio organizador hace una evaluación de todos los resultados recibidos y la da a conocer a los laboratorios participantes.

El Programa de Evaluación de Calidad del EML (QAP)

El Environmental Measurements Laboratory (EML) [1], es una entidad gubernamental creada en 1947 que depende del Departamento de Energía de los EE. UU. (DOE), con sede en New York.

El programa QAP [2] llevado a cabo por el EML desde 1977, tiene como objetivo la evaluación de la calidad de las mediciones reportadas por los laboratorios contratados por el DOE. También participan otras agencias gubernamentales e instituciones de otros países (que representan aproximadamente el 19% del total de los laboratorios participantes), estas son en su mayor parte organizaciones responsables de la evaluación radiológica del medio ambiente. Participan más de 130 laboratorios.

El programa implica mediciones alfa, beta y gamma, y se aplica a cuatro tipos de matrices: agua, filtro, vegetal y suelo. Para cada intercalibración se envía un total de seis muestras, conteniendo una amplia variedad de radionucleidos en concentraciones de nivel ambiental. El número de análisis que son requeridos es alrededor de 52 (25 emisores alfa, 10 emisores beta y 17 emisores gamma), siendo este número variable con cada intercalibración. Cada laboratorio reporta aquellos que son de su interés, o para los cuales esta preparado. Las muestras se envían a principios de marzo y de setiembre, y existe un plazo de tres meses para reportar los resultados obtenidos. El EML informa un rango de concentraciones orientativo para cada radionucleido y para cada matriz, el que es variable con cada ejercicio de intercomparación. En la Tabla 1 se pueden observar los tipos de muestra y los diferentes radionucleidos que se analizan, para cada matriz:

Tipo de muestra	Cantidad de radionucleidos	Radionucleido
AGUA 1	13	^3H , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{234}U , ^{238}U , U(Bq), U (μg), ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am
AGUA 2	2	Alfa Total, Beta Total
FILTRO 1	13	^{54}Mn , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{234}U , ^{238}U , U(Bq), U(μg), ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am
FILTRO 2	2	Alfa Total, Beta Total
VEGETAL	8	^{40}K , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm .
SUELO	14	^{40}K , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{228}Ac , ^{234}U , ^{238}U , U(Bq), U(μg), ^{239}Pu , ^{241}Am .

Tabla 1. Tipos de muestras y radionucleidos a analizar.

Criterio de evaluación

El EML analiza cada una de las muestras y sus resultados son los valores de referencia. Asimismo realiza una completa evaluación de la dispersión de los resultados enviados por todos los laboratorios participantes tomando en cuenta los datos históricos. Para ello mantiene actualizada, una base de datos con los resultados que reportan los laboratorios que participan en el programa. Con esos datos calcula una distribución generalizada de frecuencias a partir de todas las mediciones reportadas en los últimos diez años, relativas al valor del EML, para cada radionucleido y matriz. Luego, tomando como base esta distribución, se eligen límites de control dentro de un rango de percentiles, delimitando así tres categorías: A, W y N [2]. Los resultados informados por los laboratorios participantes se clasifican dentro de estas categorías:

- **Clase A o aceptados (error bajo):** son los resultados que se encuentran comprendidos entre el 15avo y el 85avo percentil de la distribución acumulativa normalizada, lo que equivale aproximadamente al 70% de las mediciones históricas.
- **Clase W o aceptados con reservas (error medio):** son aquellos resultados que se ubican entre el 5avo y el 15avo percentil y entre el 85avo y el 95avo percentil. Esta área representa alrededor del 20% de los resultados.
- **Clase N o no aceptados (error alto):** son los resultados ubicados por debajo del 5avo percentil y por arriba del 95avo percentil, es decir aproximadamente el 10%

Estos límites varían de acuerdo con el par radionucleido-matriz.

Cuando los datos históricos no son suficientes, se usan límites de $\pm 20\%$ y $\pm 50\%$ de error respecto del resultado informado por el EML.

Participación de la ARN en el programa QAP

En el campo del monitoreo ambiental, la ARN posee una experiencia de larga data. Desde hace muchos años lleva a cabo un programa de mediciones ambientales, directas e indirectas, para emisores gamma, en muestras de distinta naturaleza (aguas, filtros, suelos, vegetales, y otras matrices). También desde hace mucho tiempo viene aplicando técnicas para la

determinación de actínidos y otros emisores alfa como ^{226}Ra y ^{222}Rn . Asimismo posee una amplia experiencia en la medición de ^{90}Sr y ^3H (en forma directa o por enriquecimiento electrolítico).

Con el objetivo de validar sus resultados, la ARN participa periódicamente en diversas intercalibraciones. Esta participación constituye una evidencia significativa de la capacidad del laboratorio de producir resultados confiables. Estos ejercicios pueden también proveer información útil para la detección de posibles fuentes de error en las técnicas radioquímicas o en los sistemas de medición.

La ARN participa desde 1995, en los dos ejercicios anuales que organiza el EML, habiendo participado hasta el momento en diez ocasiones.

La participación en este programa implica la realización de mediciones de variadas características: espectrometría gamma, espectrometría alfa, centelleo líquido, detectores de ZnS, contador proporcional y fluorimetría para la determinación de masa de U.

METODOLOGÍA

Para el tratamiento radioquímico de las muestras [3-11] se procesan como mínimo dos alícuotas de cada muestra, aunque en la mayor parte de los casos se trabaja con tres o más. Estas se procesan independientemente, con el fin de prevenir posibles errores de proceso. La medición de los actínidos consume un tiempo considerable por lo que cada una de las alícuotas de las muestras, debe seguir un cronograma de trabajo adecuado, que además debe coordinarse con la medición gamma.

Todas las técnicas utilizadas en el programa de intercalibración, están constituidas por tres etapas esenciales:

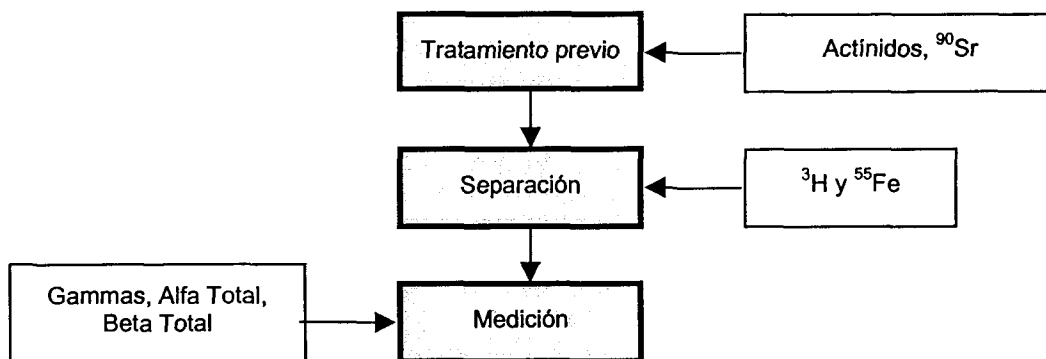


Figura 1. Esquema general de tratamiento de las muestras.

Tratamiento previo

El tratamiento previo comprende todos aquellos procesos que se realizan con el fin de preparar la muestra para la etapa posterior de separación. Consiste en la destrucción de materia orgánica, eliminación de sílice y solubilización de la muestra, que se lleva a cabo mediante el uso de procedimientos de digestión con ácidos fuertes, o bomba de digestión a presión.

Se aplica a las determinaciones de ^{90}Sr y actínidos.

El tratamiento previo presenta diversas características según el tipo de matriz a procesar:

- **Agua:** la muestra de agua se procesa directamente dado que se trata de una matriz muy simple y no requiere tratamiento previo.
- **Filtro:** se disuelve completamente tratando la muestra con ácidos nítrico y fluorhídrico.
- **Vegetal:** una alícuota de aproximadamente 10 g de vegetal se mufla a través de varias etapas de temperatura para eliminar en su totalidad la materia orgánica. Luego se lleva a cabo la disolución de las cenizas mediante tratamiento ácido.
- **Suelo:** esta es sin duda la matriz más compleja y requiere un tratamiento mas prolongado para lograr su disolución. Se emplean técnicas que involucran el uso de ácidos fuertes como nítrico, clorhídrico y fluorhídrico, agentes complejantes como ácido bórico y el proceso se completa en varios días.

Generalmente es necesario realizar un análisis previo, de características más simples, usando una alícuota pequeña de la muestra, con el objetivo de obtener un resultado aproximado. Esto determina la cantidad de trazador que se deberá agregar antes de comenzar el análisis.

Recordemos que en el caso de los actínidos, el trazador es un radionucleido emisor alfa e isótopo del radionucleido a analizar (de comportamiento químico similar), pero de energía bien diferenciada, lo que permite su evaluación independiente (^{242}Pu para ^{238}Pu y ^{239}Pu , ^{243}Am para ^{241}Am y ^{244}Cm , y ^{232}U para U). Este es un testigo fiel del comportamiento del radionucleido de interés, y permite una adecuada cuantificación de las pérdidas sufridas a través de todo el proceso radioquímico, cualesquiera sean las etapas.

Separación

Está compuesta por todos aquellos procesos que tienden a la separación de cada uno de los radionucleidos, tanto de la matriz, constituida por el conjunto de los elementos inactivos que conforman la casi totalidad de la muestra, como de otros radionucleidos capaces de interferir en la medición. Todas las muestras requieren procesos separativos, siendo los más complejos los que se refieren a vegetal y suelo.

Se aplica a las determinaciones de ^{90}Sr , actínidos, ^{55}Fe y ^3H .

- El ^{90}Sr se determina por intermedio de una técnica analítica de separación de su producto de decaimiento en equilibrio, el ^{90}Y . El proceso incluye dos extracciones con HDEHP (ácido bis 2 etil hexil fosfórico) 10% en tolueno, reextracción en medio nítrico diluido, y posterior precipitación del $\text{Y}(\text{OH})_3$ mediante agregado previo de Y inactivo como portador, para lograr una mejor separación de los posibles interferentes. El precipitado se disuelve y la muestra queda lista para su medición.
- La determinación de ^3H se lleva a cabo sobre la muestra de agua. El análisis no es directo y requiere una técnica que permita separar los emisores beta/gamma, que interfieren en la medición. La separación se realiza por medio de destilación. Sin embargo este proceso no puede efectuarse en forma directa puesto que la muestra se recibe acidificada con ácido clorhídrico. El hierro forma un compuesto volátil en presencia de los iones cloruro, por lo que es necesario neutralizar con hidróxido de sodio, para fijar el ^{55}Fe y evitar su pasaje al destilado, ya que debido a su baja energía (5 keV), se mide en la misma región que el ^3H y por lo tanto su presencia incrementaría el resultado final. La técnica de destilación fue optimizada fijando las condiciones para el punto final y el posterior ajuste de la acidez con nitrato de plomo. Los análisis se llevan a cabo sobre 2 alícuotas de 50 mL cada una.
- El ^{55}Fe se analiza en agua y requiere también la utilización de técnicas de separación radioquímica, basadas en extracción con TBP (tributil fosfato). El ^{55}Fe se extrae en medio de HCl 6 M y se reextrae con agua.

- Los *actínidos* requieren la mayor cantidad de tiempo de procesamiento, puesto que es indispensable una purificación extrema de los mismos, antes de ser medidos. Se analizan a través de una marcha que permite separar cada uno de ellos, con el fin de medirlos individualmente. Esto es indispensable debido a que algunos poseen casi la misma energía (^{238}Pu y ^{241}Am) y es imposible evaluarlos por espectrometría alfa cuando se hallan juntos. Las técnicas incluyen una purificación inicial de los actínidos en grupo, por medio de coprecipitación con oxalato de calcio e hidróxido férrico. Luego, los actínidos se separan entre sí por intermedio de columnas de resina de intercambio aniónico. La fracción de *plutonio* generalmente se evapora, se mineraliza y se electrodeposita, con lo que queda lista para su medición. La fracción de uranio es necesario purificarla aún más, debido a la presencia de hierro, que es un fuerte interferente en la electrodeposición. El *uranio* se separa del hierro por medio de extracción con TBP (tributil fosfato) en medio nítrico 5 M y luego se electrodeposita cuidando de que su masa no exceda de 20 μg . El *americio* y el *curio* requieren un proceso más laborioso y esto se debe a que con ellos avanza la mayor parte de la matriz (inactiva), así como también radionucleidos naturales como el torio (el ^{228}Th interfiere directamente en la medición de americio). El proceso que se usa para la fracción de americio y curio incluye extracción con HDEHP (ácido bis 2 etil hexilfosfórico) en medio débilmente ácido, columnas de intercambio iónico en medio de alcohol metílico y ácido nítrico, y algunas veces columnas de intercambio catiónico. Finalmente se electrodepositan juntos. La técnica de electrodeposición se lleva a cabo en celdas electrolíticas desechables (viales de centelleo de plástico), se basa en un electrolito de sulfato de amonio y sigue en esencia el procedimiento descrito por Talvitie [8]. Como resultado, se obtiene un disco de acero inoxidable, en cuya superficie pulida se encuentran depositados los actínidos, bajo la forma de una muy delgada capa. Esta, constituye una geometría apropiada para la medición por espectrometría alfa, debido a la baja autoabsorción, lo que a su vez permite obtener picos bien definidos en el espectro de emisión alfa. Cuando el resultado de la electrodeposición no es satisfactorio, se procede a la redisolución del depósito, su purificación, y posterior electrodeposición.
- El ^{226}Ra se determina sobre la matriz suelo. El proceso incluye una coprecipitación con BaSO_4 y redisolución del precipitado con EDTA en medio alcalino. Se coloca la solución en un vial de centelleo, se sella, y se deja crecer el ^{222}Rn y sus hijas durante unos 15 días.

Medición

Los radionucleidos ^{90}Sr , ^3H , ^{226}Ra y ^{55}Fe se miden por centelleo líquido. Los actínidos se miden por espectrometría alfa con detectores de ion implantado en cámaras de vacío. Las mediciones de actividad Alfa Total se llevan a cabo por medio de detectores de ZnS con tubo fotomultiplicador y contador proporcional. La actividad Beta Total se determina por medio de contador proporcional. Las mediciones gamma se realizan en forma directa sobre la muestra, en caso del filtro, o sobre alícuotas de las muestras en el caso de las otras matrices, en detectores de germanio hiperpuro.

- Las mediciones de Alfa Total se realizan sobre una alícuota de la muestra de agua y sobre la muestra de filtro en forma directa. Se llevan a cabo no menos de 5 mediciones de 1000 minutos cada una, para lograr mayor precisión en el resultado. En el caso del agua, la eficiencia se obtiene mediante el método del "standard" interno. Para el filtro se emplean filtros patrón, preparados en nuestro laboratorio, de geometría similar a la muestra.
- Las mediciones de Beta Total, sobre las muestras de agua y filtro, se realizan en contador proporcional, que discrimina radiación alfa de beta. La eficiencia se obtiene utilizando como referencia patrones de ^{90}Sr preparados en nuestro laboratorio.
- El ^{90}Y proveniente de la etapa separativa de la determinación de ^{90}Sr , se mide por centelleo líquido mediante efecto Cherenkov. Se realizan varias mediciones de 400 minutos. También se usa contador proporcional cuando es necesario obtener menores límites de detección.

- Como es habitual, las mediciones de ^3H , se realizan por centelleo líquido, utilizando equipos con sistema de contaje de bajo fondo. Se trabaja con cinco metodologías de evaluación, basadas en curva de quenching y standard interno, lo que permite aprovechar al máximo el ejercicio. Se realizan múltiples mediciones para optimizar los resultados.
- Dada su escasa energía y baja actividad, el ^{55}Fe se mide únicamente por centelleo líquido.
- Los actínidos se miden en detectores de ión implantado. Los tiempos de medición oscilan entre 1 y 10 días. Los espectros se registran en una computadora con emulador multicanal, y luego se analizan mediante un programa de computación diseñado especialmente para este fin. En la mayor parte de los casos, los espectros obtenidos, presentan picos que se superponen parcialmente, por lo que es necesario utilizar algoritmos que permitan discriminarlos.
- El ^{226}Ra se mide por centelleo líquido luego de separar la fases. Si bien la determinación de ^{226}Ra solo fue requerida una vez, este análisis se sigue realizando puesto que los resultados de ^{214}Pb y ^{214}Bi , que si son requeridos y que están en equilibrio con el ^{226}Ra , permiten validar la técnica de determinación de radio.
- La medición gamma se lleva a cabo en detectores de germanio hiperpuro montados en blindajes de muy bajo fondo, con eficiencias relativas de 60% y 100%. Para el agua se utiliza una geometría de 100 ml; para suelo y vegetal se utilizan recipientes plásticos de aproximadamente 70 cm de diámetro por 40 cm de alto, mientras que el filtro se mide entero. Los tiempos de medición son de dos días como mínimo para el caso del suelo y vegetal, y un día para el filtro y agua. Cada medición se repite como mínimo 3 veces (6 en el caso del filtro), para compensar errores de posicionamiento de las muestras. Para poder cuantificar se realizan mediciones de fuentes de idéntica geometría a la de las muestras, obteniéndose curvas de calibración para cada geometría y para cada detector. También se realizan mediciones del fondo de los sistemas. La evaluación se lleva a cabo obteniendo las áreas de los fotopicos presentes en los espectros de las muestras, y comparando directamente estos valores con aquellos obtenidos en la medición de fuentes de calibración.

Cada una de las soluciones patrón utilizadas como referencia, fueron adquiridas en laboratorios de reconocida calidad. Por otro lado, varias de ellas son habitualmente chequeadas también en nuestros laboratorios, con el fin de corroborar la calibración original, empleando principalmente medición por centelleo líquido y espectrometría alfa.

Para las mediciones gamma, se adquirieron fuentes de referencia adecuadas a las geometrías en que debían medirse las muestras. En otros casos las fuentes de referencia fueron preparadas en nuestros laboratorios.

RESULTADOS

Resultados generales

En la Figura 2 y Figura 3 se muestran los promedios de los resultados obtenidos por todos los laboratorios y por la ARN, correspondientes a las últimas diez intercalibraciones, en forma comparada [2,12-18]:

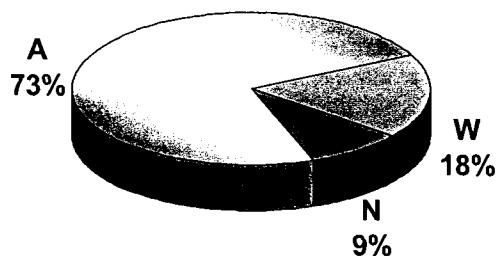


Figura 2. Promedio de los resultados de todos los laboratorios (período 1995-1999).

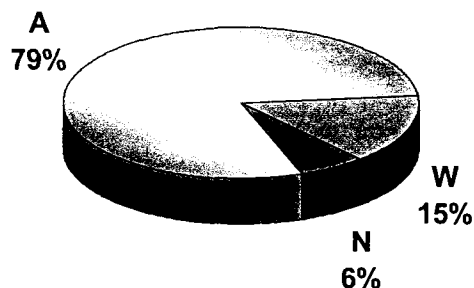


Figura 3. Promedio de los resultados de la ARN (período 1995-1999).

Al analizar el promedio de los resultados obtenidos por la ARN (Figura 3), se observa que la mayor parte de los resultados informados pertenecen a la clase A, es decir *aceptados*. Cuando comparamos estos resultados con los presentados por el conjunto del total de los laboratorios, puede observarse que la ARN ha logrado mejores valores promedio que el resto (mayor porcentaje de resultados clase A, menor porcentaje de resultados clase N).

En la Tabla 2, se presentan los resultados generales de la ARN, basado en el análisis realizado por el EML, en las diez intercomparaciones llevadas a cabo:

Año	QAP (*)	n (**)	n%	Clase A		Clase W		Clase N	
				ARN %	Todos los laboratorios %	ARN %	Todos los laboratorios %	ARN %	Todos los laboratorios %
1995	42	35	68,6	54	67	34	22	11	11
1995	43	18	34,0	94	70	6	21	0	9
1996	44	33	51,6	82	74	3	19	15	7
1996	45	29	58,0	72	69	14	21	14	10
1997	46	28	52,8	54	70	39	20	7	10
1997	47	36	69,2	78	77	17	14	6	9
1998	48	43	87,8	91	75	9	16	0	9
1998	49	41	69,5	88	77	12	13	0	10
1999	50	40	80,0	85	77	15	15	0	9
1999	51	49	90,7	88	74	6	17	6	9
Promedio (***):				79	73	15	18	6	9
Total de análisis: 352									

Tabla 2. Resultados de la participación de la ARN según las diferentes categorías, comparados con los resultados del conjunto de los laboratorios participantes.

- (*) Quality Assessment Program. Número dado por el EML a cada ejercicio de intercomparación.
- (**) Número de resultados informados por la ARN. El n% corresponde al porcentaje de resultados informados con relación al número de datos requeridos por el EML.
- (***) Los promedios calculados para los resultados de la ARN han sido ponderados teniendo en cuenta el número de resultados presentados en cada intercalibración.

Al observar los porcentajes de resultados clase A (Tabla 2), se puede notar que en ocho de las diez intercalibraciones, los resultados informados por la ARN presentan valores mejores que los correspondientes al promedio del conjunto de los laboratorios participantes. Una tendencia similar pero inversa, se advierte en los porcentajes de valores clase N.

Puede verse que estos números han adquirido también una significativa estabilidad en los años más recientes (1998-1999), considerando tanto los resultados clase A, como los clase N. Esta misma característica de estabilidad puede observarse también en el número de resultados informados, el cual representa un elevado porcentaje de los requeridos por el EML. Un creciente esfuerzo y una sensible mejora en la organización del trabajo, permitieron superar a fluctuación, que se produjo en las primeras intercalibraciones.

La Figura 4 permite observar en un gráfico de dispersión todos los resultados individuales reportados por la ARN, expresados en relación a los resultados del EML (ARN/EML), en función del tiempo.

Puede advertirse que los datos fluctúan alrededor del valor 1, es decir alrededor de los valores del EML, a lo largo de todo el periodo de participación.

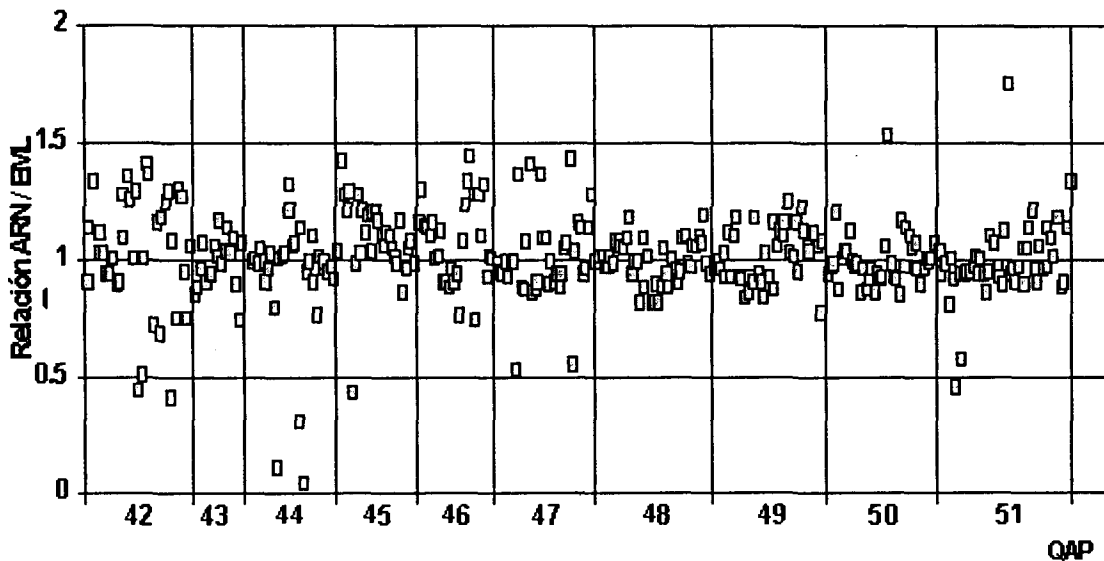


Figura 4. Resultados de la ARN completos (periodo 1995-1999)

Si se observan los datos clase A + W (Tabla 3), o sea los resultados aceptados en general, puede notarse que estos se encuentran en constante aumento desde el año 1996, es decir en las últimas 8 intercalibraciones, y en los últimos 6 ejercicios, estos resultados superan el promedio general obtenido por el conjunto de los laboratorios. Esta tendencia pero en el sentido de disminución puede observarse también para los datos clase N, o sea los no aceptados.

Intercalibración	ARN		Todos los laboratorios	
	Clase A+W %	Clase N %	Clase A+W %	Clase N %
1995	89	11	89	11
1995	100	0	91	9
1996	85	15	93	7
1996	86	14	90	10
1997	93	7	90	10
1997	94	6	91	9
1998	100	0	91	9
1998	100	0	90	10
1999	100	0	92	9
1999	94	6	91	9
Promedio (*):	94	6	91	9

Tabla 3. Resultados de la participación de la ARN según las categorías A+W, comparados con los resultados del conjunto de los laboratorios participantes.

(*) Los promedios calculados para los resultados de la ARN han sido ponderados teniendo en cuenta el número de resultados presentados en cada intercalibración.

Si bien se obtuvo una disminución en los dos resultados clase A, en el primer ejercicio de 1997, la suma de las clases A + W de esa intercomparación se mantuvo en el nivel estándar.

También se puede notar que en 3 de las últimas intercalibraciones no se obtuvieron calificaciones N, es decir que todos los resultados se ubicaron en la categoría de los aceptados (A + W). Si bien esta situación ya se había producido antes, es decir en la segunda intervención de la ARN, en el año 1995, el número de resultados presentados en ese caso representa menos de la mitad de los presentados últimamente.

Resultados según el tipo de radionucleido emisor

Al observar la Tabla 4 se puede apreciar un comportamiento homogéneo en la distribución de los datos clasificados de acuerdo con las categorías de calidad del EML (A, W y N).

Emisor	n	n%	Clase A		Clase W		Clase N	
			n _A	n _A %	n _W	n _W %	n _N	n _N %
Alfa	170	62,0	139	81,8	20	11,8	11	6,5
Beta	36	41,9	25	69,4	9	25	2	5,6
Gamma	146	89,6	115	78,8	24	16,4	7	4,8

Tabla 4. Distribución de los resultados de la ARN, de acuerdo con el tipo de radionucleido emisor.

n: número de resultados totales informados por la ARN; n% corresponde al porcentaje de resultados informados con relación al número de datos requeridos por el EML.

n_A%, n_W%, n_N%: porcentaje de resultados informados por la ARN con relación al número total de datos informados.

La Figura 5 muestra la distribución, en porcentaje del total, del número de resultados según el tipo de emisor:

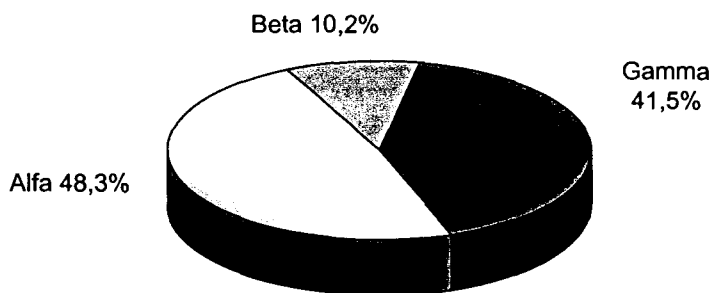


Figura 5. Distribución de los resultados de la ARN según el tipo de radionucleido emisor (período 1995-1999).

Resultados según el tipo de matriz

En la Tabla 5 se presentan los datos distribuidos según el tipo de matriz, donde se puede apreciar también un comportamiento homogéneo dentro de cada una de las categorías.

Matriz	n	n%	Clase A		Clase W		Clase N	
			n _A	n _A %	n _W	n _W %	n _N	n _N %
Filtro	123	74,5	102	82,9	11	8,9	10	8,1
Suelo	72	58,5	56	77,8	14	19,4	2	2,8
Vegetal	60	75,9	44	73,3	13	21,7	3	5,0
Agua	97	62,2	77	79,4	15	15,5	5	5,2

Tabla 5. Distribución de los resultados de la ARN, de acuerdo con el tipo de matriz.

n: número de resultados totales informados por la ARN; n% corresponde al porcentaje de resultados informados con relación al número de datos requeridos por el EML.

n_A%, n_W%, n_N%: porcentaje de resultados informados por la ARN con relación al número total de datos informados.

La Figura 6 muestra la distribución, en porcentaje del total, del número de resultados según el tipo de matriz:

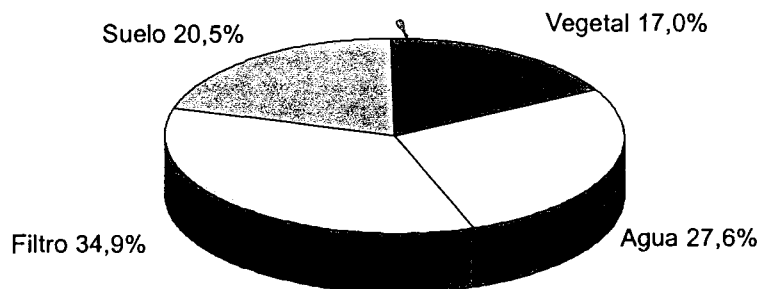


Figura 6. Distribución de los resultados de la ARN según el tipo de matriz (período 1995-1999).

Resultados según un criterio alternativo

Cuando observamos los resultados generales desde otro punto de vista (Tabla 6), es decir, cuando se los clasifica en función de la desviación porcentual respecto de los resultados del EML, podemos apreciar que más de la tercera parte de ellos sufrieron un error menor o igual que 5%, mientras que el 83% de estos se ubicaron en la franja del 20%.

Resultados generales (1995 - 1999)				
Clase	n%	n% (alfa)	n% (beta)	n% (gamma)
≤ 5%	31,3	25,3	25,0	39,7
≤ 10%	58,0	57,6	41,7	62,3
≤ 20%	83,0	81,8	72,2	87,0
≤ 50%	96,6	94,1	94,4	100,0
> 50%	3,4	5,9	5,6	0

Tabla 6. Resultados de la participación de la ARN, según su desviación porcentual respecto de los resultados del EML, en el periodo 1995 - 1999.

n%: porcentaje de resultados informados con relación al número total de datos.

Resultados correspondientes al año 1999

Los resultados obtenidos por la ARN durante el año 1999 también comparados con los resultados del conjunto de los laboratorios participantes, se muestran en las Figuras 6 y 7.

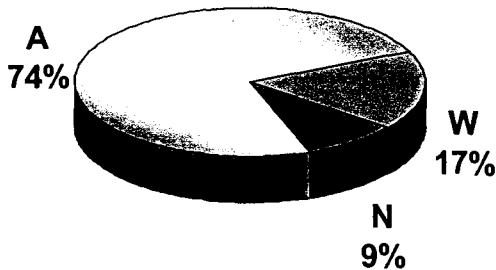


Figura 7. Promedio de los resultados de todos los laboratorios (1999).

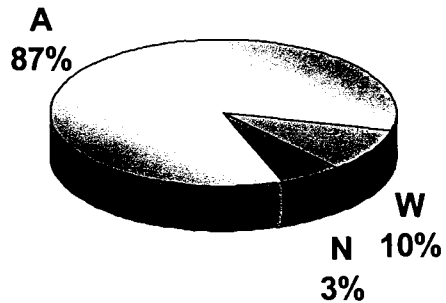


Figura 8. Promedio de los resultados de la ARN (1999).

Comparando los resultados obtenidos el último año con los que corresponden al período 1995-1999 (Figura 3) puede observarse una sensible mejoría en los valores.

CONCLUSIONES

Luego de analizar el conjunto de los 352 resultados presentados por la ARN en los últimos 5 años, pudieron apreciarse valores mejores que los presentados por el conjunto de los laboratorios participantes, mostrando una buena correlación con el estado actual del arte.

Además se ha podido observar que los resultados reportados por la ARN, se encuentran en sostenido mejoramiento, desde distintos puntos de vista y desde hace varios ejercicios.

Según se ha visto, el número de resultados reportados ha crecido en los últimos ejercicios.

También se ha puesto en evidencia que, de acuerdo con el tipo de emisión y del tipo de matriz, la distribución de los resultados presenta comportamiento homogéneo dentro las categorías A, W y N.

Por otro lado, las mejoras se han visto reflejadas también en la dinámica interna con que han sido organizadas y se han desarrollado estas últimas intercalibraciones y además, en el esfuerzo realizado para cumplimentarlas con mayor eficiencia.

Todas las técnicas fueron optimizadas considerando desde el aspecto radioquímico hasta la medición, la utilización de estándares de referencia calificados y de metodologías estandarizadas de calibración. Una mejor organización ha permitido optimizar tiempos de proceso, costos operativos y lograr una mayor eficiencia de trabajo. Asimismo ha sido renovado la mayor parte del equipamiento, tanto en lo que respecta a los laboratorios como así también a la medición.

La participación en estas intercalibraciones, como parte de los programas de garantía de calidad, permitió cumplir con el objetivo permanente de contar con técnicas validadas para obtener resultados más exactos y precisos, como así también para optimizar los insumos, el equipamiento y los recursos humanos cumpliendo en forma adecuada con las misiones y funciones de la Autoridad Regulatoria Nuclear.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] [Http://www.eml.doe.gov](http://www.eml.doe.gov).
- [2] [Http://www.eml.doe.gov/qap](http://www.eml.doe.gov/qap).
- [3] The Procedures Manual of the EML, HASL 300, 28 Th edition, Feb. 1997 y [Http://www.eml.doe.gov/procman/](http://www.eml.doe.gov/procman/).
- [4] Health and Environmental Chemistry, Los Alamos National Lab., Margaret A. Gautier, 1987.
- [5] A.Yamato, Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 75, N° 1-2, p265, 1982.
- [6] S. Ballesta, R. Fukai, Talanta Vol.30, N° 1, p45-48, 1983.
- [7] E. Holm, S. Ballesta, R. Fukai, Talanta, Vol. 26, p791-792, 1979.
- [8] N.A.Talvitie, Anal.Chem.44, 2, p280-283, 1972.
- [9] K. Bunzl, W. Kracke, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chem., Vol. 115, N° 1, p13-21, 1987.
- [10] G. Jia, C. Testa, D. Desideri, M. Meli, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chem., Vol. 133, N° 2, p227-236, 1989.
- [11] Publicación interna ARN 30/98.
- [12] QAP Report-EML569, Sanderson C.G., Greenlaw P., Pan V., 1995.
- [13] QAP Report-EML576, Sanderson C.G., Greenlaw P., 1996.
- [14] QAP Report-EML581, Sanderson C.G., Greenlaw P., 1996.
- [15] QAP Report-EML587, Sanderson C.G., Greenlaw P., 1997.
- [16] QAP Report-EML591, Greenlaw P., 1997.
- [17] QAP Report-EML594, Greenlaw P., 1998.
- [18] QAP Report-EML596, Greenlaw P., Minick S., 1998.