



## OPTIMIZACIÓN DE CÁLCULOS DE CONCENTRACIONES EN ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA CON EL PROGRAMA “AXAN”

Leticia A. Cuapio Ortiz, Fortunato Aguilar Hernández  
Y Silvano Cárdenas Puebla  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Carretera  
México-Toluca S/N La Marquesa Ocoyoacac, México C.P.  
52740, [aco@nuclear.inin.mx](mailto:aco@nuclear.inin.mx).

### Resumen

Se presenta la manera de optimizar la obtención de resultados en Análisis por Activación utilizando el programa AXAN. Con este programa se analizan los espectros de radiación gamma, obtenidos con un equipo de espectrometría gamma, de muestras y patrones de referencia irradiados en el reactor TRIGA Mark-III, del Centro Nuclear de México “Dr. Nabor Carrillo Flores”. Mediante el análisis de espectros, la información proporcionada por el usuario y la comparación de las concentraciones en el patrón de referencia se obtiene la concentración elemental en las muestras. Actualmente el programa tiene la capacidad de analizar un patrón de referencia y hasta seis muestras a la vez, el tiempo de calculo es de segundos y tiene la posibilidad de realizar diversas correcciones para obtener los mejores resultados posibles.

### Introducción:

La técnica de Análisis por Activación Neutrónica se define como un método analítico, multielemental, basado en la producción de la actividad inducida en muestras y patrones de referencia, que se someten a campos intensos de neutrones (irradiación), como los que se tienen en las instalaciones de irradiación del Reactor TRIGA Mark III, del Centro Nuclear de México “Dr. Nabor Carrillo Flores”. Posteriormente de las muestras y patrones irradiados se obtienen los espectros de radiación gamma mediante los cuales se determina la composición y concentraciones de los elementos presentes en las muestras y los patrones.

El Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica, dependiente del Departamento del Reactor, es el único en la República Mexicana que ofrece servicios analíticos, cualitativos y cuantitativos, a diferentes Instituciones de Investigación o Enseñanza y a la Industria Privada, por tal motivo se manejan muchos tipos de muestras, tales como



minerales, biológicas, metales, oleosas, cerámicas, muestras de todo tipo de aguas (lluvia, contaminadas, potable, de río), etc.

La cantidad de información que se genera, de los espectros obtenidos, es muy grande por lo que se hace imprescindible el uso de un programa de cómputo que agilice la obtención de los resultados deseados y que reduzca los tiempos de análisis y la posibilidad de errores. Con esto se logra incrementar, considerablemente, la capacidad de análisis de muestras y se reducen los errores humanos durante el procesamiento de espectros.

#### **Método:**

Las etapas que se llevan a cabo para realizar el análisis de muestras son las siguientes: a) preparación de muestras y patrones de referencia (se eligen muestras representativas, se pesan y se preparan para su irradiación), b) irradiación de las muestras y patrones (cuidando que ambos reciban el mismo flujo de neutrones), c) conteo de las muestras y patrones para la obtención de los espectros<sup>1</sup> de energías de las radiaciones gamma emitidas por los radionúclidos presentes y d) análisis de espectros y obtención de resultados.

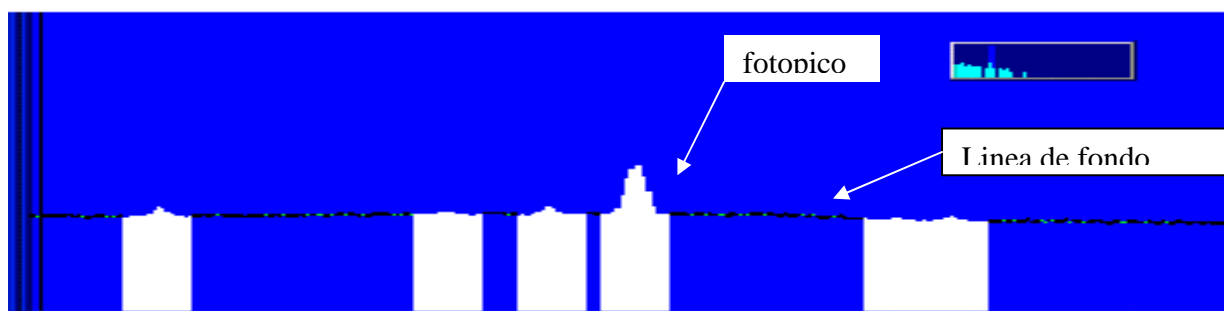
Con el Programa AXAN se analizan los espectros de las muestras y del patrón de referencia, mediante este análisis y la información de una base de datos (GAMMA.DAT) y de la información proporcionada por el usuario se pueden obtener resultados cualitativos y cuantitativos. En el primer caso se obtiene información de los elementos que contienen las muestras, mientras que en el segundo, una vez que se

---

<sup>1</sup> Espectro es una grafica que tiene en el eje de las abscisas el número de canal, el cual tiene una correspondencia con la energía de los rayos gamma que inciden en el detector, y en las ordenadas el número de cuentas que se tienen en cada canal. Un fotopico se forma cuando en el detector inciden rayos gamma de la misma energía en una cantidad tal que sobrepasan al fondo de la muestra.

conoce el contenido de las muestras (obtenida con AXAN o mediante la experiencia del analista), se cuantifican las concentraciones mediante la comparación con la concentración conocida del patrón de referencia.

En la Fig.1. se muestra una región del espectro que contiene un fotopico, del cuál nos interesa el número total de canales que lo forman y las cuentas en cada uno de ellos, el canal inicial, el canal con el número máximo de cuentas y el canal final. Con el programa AXAN se analizan todos los fotopicos que corresponden a elementos presentes en los espectros de las muestras que se analizan y del patrón de referencia, el programa calcula las áreas totales de los fotopicos, el área de fondo y las áreas netas. De la comparación de las áreas netas de los fotopicos de las muestras con las del patrón se obtienen las concentraciones de los elementos presentes en las muestras.



**Figura 1.** Espectro de radiación gamma con varias regiones de interés (áreas en blanco).

Para el análisis cuantitativo el usuario elabora un archivo de datos de entrada (Anexo I) compuesto por la siguiente información: a) título del archivo, se sugiere que sea descriptivo del tipo de muestras a analizar, b) tipo de análisis, c) nombre de los archivos que contienen los espectros del patrón, de las muestras y del blanco ( en caso de que el empaque de irradiación contenga elementos que se quieren cuantificar en las muestras), d) tiempo de desintegración, se toma a partir de que termina la irradiación hasta que inicia el conteo, e) número de muestras a analizar y peso de las



mismas y f) número de isótopos a analizar y concentración de los mismos en el patrón, g) número del canal del fotopico que contiene el número máximo de cuentas, desviación en las muestras ( el canal con el número máximo de cuentas en el patrón y las muestras por cuestiones electrónicas, no es el mismo, se permite un corrimiento de  $\pm 3$  canales) y número de canales con los que se analizará el fotopico 7,9,11 ó 13 .

El programa cuenta con dos tipos de presentación de resultados, a) detallada (Anexo II) y b) solo con los cálculos de las concentraciones. En el primer caso se tiene la información completa del análisis de los espectros del patrón y de las muestras, se presenta el canal con el máximo conteo para los fotopicos seleccionados en el patrón, 5 canales antes y 5 después, esta misma información se presenta para los mismos fotopicos de las muestras, el usuario debe verificar si los fotopicos del máximo conteo de las muestras coinciden con los del patrón, de no ser así puede corregir las desviaciones observadas y volver a ejecutar el programa.

El analista podrá identificar fotopicos compuestos o próximos a otros fotopicos cuando el cálculo del área neta es negativo, en este caso el analista puede utilizar otro fotopico que tenga porcentaje de abundancia, para calcular la concentración del mismo isótopo, en el cual no se tenga esta condición El programa “AXAN” puede evaluar con un solo archivo de datos de entrada, todos los isótopos de vida media semejante y todas las energías que tengan porcentaje de abundancia de un isótopo en particular.

### **Resultados y Discusión:**

El programa se validó con los siguientes patrones de referencia: a) IAEA – 336, “Trace Elements in Lichen”, b) NIST 1572 “Citrus Leaves”, c) NIST 1573 “Tomato Leaves” y d) NIST 278 “Obsidian Rock.”. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Para el caso, en que no hay fotopico, el programa calcula el Límite de Detección en cuentas por minuto y la Masa Mínima Detectable en partes por millón. El primero indica el número mínimo de cuentas que se necesita para calcular la concentración deseada y el segundo la concentración mínima para que un elemento pueda ser detectable.



TABLA 1. CONCENTRACION DE LOS PATRONES Y LA CONCENTRACION OBTENIDA CON "AXAN"

IAEA-336, LICHEN					
ELEMENTO	OBTENIDO	CERTIFICADO	ELEMENTO	OBTENIDO	CERTIFICADO
<b>Sm</b>	0.10 ± 0.02	0.106 ± 0.028	<b>As</b>	0.56 ± 0.040	0.64 ± 0.08
<b>Eu</b>	0.02 ± 0.005	0.023 ± 0.008	<b>Na</b>	300.07 ± 10.55	320 ± 40
<b>Cr</b>	1.54 ± 0.17	1.03 ± 0.37	<b>V</b>	1.38 ± 0.18	1.5
<b>Sb</b>	0.073 ± 0.011	0.073 ± 0.02	<b>Cl</b>	2150.00 ± 50.17	1900
<b>Cd</b>	<b>MMD<sup>(+)</sup> = 0.0328</b>	0.117 ± 0.034	<b>Al</b>	747.00 ± 27.32	680
<b>Sc</b>	0.16 ± 0.012	0.17 ± 0.044	<b>Mg</b>	602.00 ± 22.41	610
<b>La</b>	0.819 ± 0.02	0.66 ± 0.21	<b>Ca</b>	2384.47 ± 58.18	2600

(+) MMD = Masa Mínima Detectable

"OBSIDIAN ROCK" 278					
ELEMENTO	CERTIFICADA	OBTENIDA	ELEMENTO	CERTIFICADA	OBTENIDA
Lu	0.73 <sup>(*)</sup>	0.93 ± 0.067	Sc	5.1 <sup>(*)</sup>	5.51 ± 0.26
Ce	62.2 <sup>(*)</sup>	68.72 ± 3.50	Rb	127.5 ± 0.3	149.72 ± 8.73
Np	6.58 ± 0.04	7.04 ± 0.68	Fe	1.057 <sup>(*)</sup>	1.16 ± 0.07
Pa	12.4 ± 0.3	14.73 ± 1.01	Eu	0.84 <sup>(*)</sup>	0.86 ± 0.09
Yb	4.5 <sup>(*)</sup>	5.73 ± 0.28	Cs	5.5 <sup>(*)</sup>	6.09 ± 0.56
Sb	1.5 <sup>(*)</sup>	2.44 ± 0.35	Co	1.5 <sup>(*)</sup>	2.16 ± 0.22

(\*) VALORES SIN DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN EL PATRON

NIST 1572 Citrus leaves			NIST 1573 Tomato leaves	
ELEMENTO	OBTENIDO	CERTIFICADO	OBTENIDO	CERTIFICADO
<b>K (%)</b>	1.71 ± 0.04	1.82 ± 0.06	4.6 ± 0.06	4.46 ± 0.03
<b>Ca (%)</b>	3.25 ± 0.20	3.15 ± 0.10	2.78 ± 0.12	3.00 ± 0.03
<b>Ba</b>	0.283 ± 0.031	< 0.40	0.3149 ± 0.01	< 0.40
<b>Mn</b>	23.68 ± 0.16	23.00 ± 2	236.75 ± 2.00	238.00 ± 7.00
<b>Fe</b>	87.63 ± 2.17	90.00 ± 10.00	683.36 ± 71.18	690.00 ± 25.00
<b>Zn</b>	30.34 ± 1.32	29.00 ± 2.0	58.60 ± 0.24	62.00 ± 6.00
<b>Br</b>	8.83 ± 0.29	8.2.	25.02 ± 0.14	26.00



**ANEXO I. ARCHIVO DE DATOS DE ENTRADA (EJEMPLO)**

**\*\*\* TITULO (72 CARACTERES)**  
 MUESTRAS OBSIDIANA Tiempo de irradiación = 5.5hrs Tiempo de conteo = 1hr.  
**\*\*\* ANALISIS (CUALI O CUANTI) REPORTE (0=comp 1=RESUL)**  
**ESPECTROMETRO (1 Ò 2 Ò 3) CORRECCION (1SI 0NO)**  
 CUANTI, 0, 2,0  
**\*\*\* PARA CUALI PROP. NOMBRE DEL ARCHIVO Y EL DEL BLANCO**  
 \*\*\*\*\*  
**\*\*\* PARA CUANTI PROP. NOMBRE DEL PATRON Y EL DEL BLANCO**  
 \*\*\*\*\*  
 EST-20XX  
**\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO Y SUS UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)**  
 8.98090, 4  
**\*\*\* NUMERO DE ARCHIVOS A ANALIZAR (MAXIMO 6)**  
 6  
 \*\*\*\*\* MUESTRA NUMERO 1 \*\*\*\*\*  
 EST-21XX  
**\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)**  
 10.775,4  
**\*\*\* PESO DE LA MUESTRA EN MILIGRAMOS**  
 200  
 \*\*\*\*\* MUESTRA NUMERO 2 \*\*\*\*\*  
 EST-22XX  
**\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)**  
 13.85876, 4  
**\*\*\* PESO DE LA MUESTRA EN MILIGRAMOS**  
 200  
 \*\*\*\*\* MUESTRA NUMERO 3 \*\*\*\*\*  
 EST-23XX  
**\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)**  
 13.98311, 4  
**\*\*\* PESO DE LA MUESTRA EN MILIGRAMOS**  
 200  
 \*\*\*\*\* MUESTRA NUMERO 4 \*\*\*\*\*  
 EST-24XX  
**\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)**  
 14.78234, 4  
**\*\*\* PESO DE LA MUESTRA EN MILIGRAMOS**  
 200  
 \*\*\*\*\* MUESTRA NUMERO 5 \*\*\*\*\*  
 EST-25XX  
**\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)**  
 14.91787, 4  
**\*\*\* PESO DE LA MUESTRA EN MILIGRAMOS**  
 200  
 \*\*\*\*\* MUESTRA NUMERO 6 \*\*\*\*\*



EST-26XX

\*\*\* TIEMPO DE DECAIMIENTO UNIDADES (SEG=1, MIN=2, HR=3, DIAS=4)

15.730787,4

\*\*\* PESO DE LA MUESTRA EN MILIGRAMOS

200

\*\*\* PROPORCIONE EL NÚMERO DE ISOTOPOS A ANALIZAR

16

\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ

Lu-177

\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR

217, 0,-1,-1,-1, 0, 0,3

\*\*\* CONCENTRACION DEL ISOTOPO EN EL PATRON (MICROGRAMOS)

146

\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ

Ce-141

\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR

277, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3

\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS

12440

\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ

Lu-177

\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR

394, 0, 0, 0, 0, 0, 0,3

\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS

146

\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ

Np-239

\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR

431, 0, 0, 0, 0, 0, 0,3

\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS

916

\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ

Np-239

\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR

523, 0, 0, 0, 0, 0, 1,3

\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS

916



**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**

Pa-233

**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**

566,-1,-1,-1,-1, 0, 0,3

**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**

2480

**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**

Pa-233

**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**

587, 0, 0, 0, 0, 1, 1,3

**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**

2480

**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**

Yb-175

**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**

745, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3

**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**

900

**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**

La-140

**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**

914, 0, 0, 0, 0, 0, 0,3

**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**

6200

**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**

Sb-122

**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**

1058, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3

**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**

300

**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**

Sc-46

**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**

1166, 0, 0, 0, 0, 0, 0,3



**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**  
1020  
**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**  
Rb-86  
**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**  
2017, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3  
**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**  
25500  
**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**  
Fe-59  
**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**  
2059, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3  
**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**  
211.4  
**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**  
Sc-46  
**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**  
2099, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3  
**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**  
1020  
**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**  
Fe-59  
**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**  
2419, 0,-1, 0, 0, 0, 0,3  
**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**  
211.4  
**\*\*\* NOMBRE DEL ISOTOPO EJEMPLO (CO-60, I-131) SI EL NOMBRE TIENE UNA LETRA PONER UN BLANCO ALA IZQ**  
La-140  
**\*\*\* CANAL DEL ISOTOPO EN EL PATRON, DESVIACION EN LAS MUESTRAS Y CANALES A UTILIZAR**  
2990, 0,-2,-1, 0, 0, 0,3  
**\*\*\* PROPORCIONE LA CONCENTRACION DEL PATRON EN MICROGRAMOS**  
6200



**ANEXO II. ARCHIVO DE RESULTADOS (OPCION COMPLETO)**

MUESTRAS OBSIDIANA Tiempo de irradiación 5.5 hrs. Tiempo de conteo 1 hr

\*\*\* TIPO DE ANALISIS = CUANTITATIVO

\*\*\*\*\* ARCHIVOS UTILIZADOS \*\*\*\*\*

\*\*\* NOMBRE DEL ARCHIVO DEL PATRON \*\*\* EST-20XX.CHN

\*\*\* NOMBRES DE LOS ARCHIVOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS. \*\*\*

EST-21XX.CHN, EST-22XX.CHN, EST-23XX.CHN, EST-24XX.CHN, EST-25XX.CHN, EST-26XX.CHN

\*\*\*\*\* ANALISIS DE RESULTADOS \*\*\*\*\*

\*\*\* POR: FORTUNATO AGUILAR H Y LETICIA A. CUAPIO O \*\*\*

\*\*\*\*\*

Lu-177 ENERGIA = 112.96 KeV, VIDA MEDIA = 5.82E+05 S

\*\*\* CANAL MAXIMO +5 Y -5 CANALES

CANAL	E (KeV)	EST-20XX	EST-21XX	EST-22XX	EST-23XX	EST-24XX	EST-25XX	EST-26XX
212	107.12	8975	8570	7374	7903	7177	6624	6741
213	107.64	9337	9017	7290	8010	7477	6975	7051
214	108.16	8156	7779	5897	6412	6104	5981	5985
215	108.68	10245	9870	9371	8590	6956	6488	5923
216	109.20	18324	17682	13867	15156	12565	11300	10421
217	109.72	19559	18272	12017	14052	12278	11721	10951
218	110.23	16376	14896	8801	10615	9333	9051	8621
219	110.75	10380	9121	5647	6745	6334	6241	6085
220	111.27	6365	5865	4112	4533	4504	4354	4202
221	111.79	5699	5061	3716	3875	3777	3521	3397
222	112.31	5966	5313	3575	3881	3509	3368	3102

**NUMERO DE CANAL, ENERGIA Y NÚMERO DE CUENTAS PARA CADA**

**ARCHIVO CON EL NÚMERO MÁXIMO DE CUENTAS EN ÉSTE CANAL**

CANAL	E (KeV)	EST-20XX	EST-21XX	EST-22XX	EST-23XX	EST-24XX	EST-25XX	EST-26XX
217	109.72	19559	18272	12017	14052	12278	11721	10951



\*\*\*\*\* PATRON: EST-20XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL	ENERGIA	CUENTAS
-------	---------	---------

214	108.16	8156
215	108.68	10245
216	109.20	18324
217	109.72	19559
218	110.23	16376
219	110.75	10380
220	111.27	6365

\*A. GRUESA = 89405 \*FONDO = 50823 \*A. NETA = 38582

\*\*\*\*\* MUESTRA 1: EST-21XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL	ENERGIA	CUENTAS
-------	---------	---------

214	108.16	7779
215	108.68	9870
216	109.20	17682
217	109.72	18272
218	110.23	14896
219	110.75	9121
220	111.27	5865

\*A. GRUESA = 83485 \*FONDO = 47754 \*A. NETA = 35731

\*\*\*\*\* MUESTRA 2: EST-22XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL	ENERGIA	CUENTAS
-------	---------	---------

213	107.64	7290
214	108.16	5897
215	108.68	9371
216	109.20	13867
217	109.72	12017
218	110.23	8801
219	110.75	5647

\*A. GRUESA = 62890 \*FONDO = 45279 \*A. NETA = 17611



\*\*\*\*\* MUESTRA 3: EST-23XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL ENERGIA CUENTAS

213	107.64	8010
214	108.16	6412
215	108.68	8590
216	109.20	15156
217	109.72	14052
218	110.23	10615
219	110.75	6745

\*A. GRUESA = 69580 \*FONDO = 51642 \*A. NETA = 17938

\*\*\*\*\* MUESTRA 4: EST-24XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL ENERGIA CUENTAS

213	107.64	7477
214	108.16	6104
215	108.68	6956
216	109.20	12565
217	109.72	12278
218	110.23	9333
219	110.75	6334

\*A. GRUESA = 61047 \*FONDO = 48338 \*A. NETA = 12709

\*\*\*\*\* MUESTRA 5: EST-25XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL ENERGIA CUENTAS

214	108.16	5981
215	108.68	6488
216	109.20	11300
217	109.72	11721
218	110.23	9051
219	110.75	6241
220	111.27	4354

\*A. GRUESA = 55136 \*FONDO = 36172 \*A. NETA = 18964



\*\*\*\*\* MUESTRA 6: EST-26XX.CHN \*\*\*\*\*

CANAL ENERGIA CUENTAS

214	108.16	5985
215	108.68	5923
216	109.20	10421
217	109.72	10951
218	110.23	8621
219	110.75	6085
220	111.27	4202

\*A. GRUESA = 52188 \*FONDO = 35654 \*A. NETA = 16534

### RESULTADOS DE CONCENTRACION POR ELEMENTO PARA CADA MUESTRA

	EST-20XX	EST-21XX	EST-22XX	EST-23XX	EST-24XX	EST-25XX	EST-26XX
ACT. INI.	97195.66	108259.69	73280.18	75601.85	58153.91	87993.96	83410.67
*** X *** (µg/g)		0.813	0.550	0.567	0.436	0.660	0.626
*** PROMEDIO *** =	0.61	*** DESV. ESTANDAR *** =	0.1261				
*** % ERROR (DESVSTD/PROM)*100 =	20.69						

### **Conclusiones:**

En el archivo anterior únicamente se muestran los resultados para un elemento, que es un ejemplo del archivo de datos de entrada. El programa puede analizar todos los isótopos y cada isótopo con todas sus energías que tengan porcentaje de abundancia.

El archivo de resultados completo, le muestra al analista la región elegida 7,9, 11 y 13 canales, de las muestras y el patrón de referencia, con el número de cuentas para cada canal, con el objetivo de que el analista realice los cálculos de concentración de las muestras, comparándolas, con un patrón de concentración conocida y que tenga opciones para realizar cambios en:



- a) nombres de archivos en muestras o en el nombre del patrón de referencia
- b) nombre del archivo del blanco ( en caso de que el empaque de irradiación contenga elementos que se quieren cuantificar en las muestras)
- c) número de muestras, tiempos de decaimiento, pesos de las muestras
- d) número de isótopos, nombres de los isótopos, concentración del isótopo en el patrón
- e) número de canales en la región que se analiza, la cual puede ser de 7, 9, 11 ó 13 canales
- f) realizar ajustes de las desviaciones en las muestras ( el canal con el número máximo de cuentas en el patrón y las muestras por cuestiones electrónicas, no es el mismo, se permite un corrimiento de  $\pm 3$  canales, dependiendo de que tan aislado se encuentre el fotopico)

El analista, decide si conserva su archivo de resultados completos o únicamente conserva el archivo con los resultados de las concentraciones, que es el segundo tipo de resultados que proporciona el programa "AXAN".

#### **Bibliografía:**

1. Currie Lloyd A. "Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination, Application to Radiochemistry", Analytical Chemistry 1967.
2. Travesi Antonio, "Análisis por Activación Neutrónica, Teoría, práctica y aplicaciones", Publicaciones científicas de la Junta de Energía Nuclear, Madrid 1975.