

# DESARROLLO DE TÉCNICAS DE INTERROGACIÓN NEUTRÓNICA PARA DETECCIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS EN CONTENEDORES PORTUARIOS

Autor: D'Amico, N.

Instituciones: Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche, UNCuyo, CNEA.

## Resumen

El presente trabajo busca lograr un aporte a los esfuerzos de las naciones por controlar los movimientos transfronterizos de sustancias químicas peligrosas, a lo que la comunidad internacional está comprometida por vía de multitud de instrumentos del derecho internacional. Se desea observar la respuesta de sustancias químicas puras como ser: cloro (Cl), cromo (Cr), mercurio (Hg), cadmio (Cd) y posteriormente, detectar la presencia de las mismas en grandes contenedores de cargamento a través de la reacción  $(n,\gamma)$ . La técnica empleada consiste en detectar los gammas instantáneos y los de temprano decaimiento, inducidos por neutrones térmicos o rápidos termalizados en el cargamento.

## DEVELOPMENT OF NEUTRON INTERROGATION TECHNIQUES TO DETECT HAZARDOUS SUBSTANCES IN PORT CONTAINERS

### Abstract

The current research seeks to achieve a contribution to the efforts to control the international borders movement of hazardous chemicals. The international community has signed a multitude of agreements to detect the illegal traffic of chemical substances. With the use of an electron linear accelerator and an isotopic source of thermal neutrons, producing a  $(n,\gamma)$  reaction, it could be observed the prompt gammas decay of the chemical substances of interest like mercury (Hg), chlorine (Cl), chromium (Cr) and cadmium (Cd).

### Objetivo

Detectar el tráfico ilícito de sustancias químicas de carácter peligroso, aplicando herramientas no intrusivas que permitan identificar los gammas prompt obtenidos a partir de la reacción  $(n,\gamma)$  inducida por una fuente pulsada de neutrones y una fuente isotópica de Am-Be.

### Procedimiento

La detección del tráfico ilícito de sustancias químicas peligrosas está siendo regulada a nivel internacional dada su toxicidad por ello, la necesidad de diseñar un escáner de neutrones que pueda ser utilizado como herramienta de confirmación posterior al escaneo por RX.

Se realizaron varias pruebas experimentales a los fines de maximizar la relación señal-ruido y obtener un blindaje adecuado para el personal que trabaja en el sitio. Muchas de las señales obtenidas en las pruebas experimentales muestran picos gammas que no son propios de la muestra irradiada sino producto de la activación del detector semiconductor Ge(Li), luego de estar expuesto varios días a la irradiación con la fuente de neutrones.

Cabe citar que, la señal proveniente del fondo (Bg) impide observar con nitidez la respuesta gamma proveniente de la muestra. Para ello, se utilizan diferentes métodos como la selección de regiones de interés (ROI) para poder evaluar más detalladamente el espectro obtenido. Una vez, identificadas las ROI o los rayos gammas característicos de cada muestra, se probará aplicar el escáner a escala piloto.

La medición se realizó moderando la fuente de neutrones con parafina y la señal de la muestra se optimizó aplicando un blindaje de plomo adecuado probado, previamente, en forma experimental. Este arreglo permitió minimizar el ruido proveniente del fondo ambiente y maximizar la señal de la muestra. En esta instancia solo se presentarán los resultados obtenidos con neutrones térmicos a lo largo de los distintos años de mediciones.

## Resultados

El arreglo empleado para las mediciones se encuentra alejado del diseño a implementarse a escala real pero permite obtener los primeros resultados para un posterior avance en el escaneo de contenedores.

En primera instancia se realizaron mediciones utilizando un acelerador lineal de electrones (LINAC). Los neutrones rápidos generados debido a la radiación de frenamiento fueron termalizados con parafina, con un arreglo de detectores pausable para una aplicación industrial. Las muestras irradiadas con el LINAC fueron: Hg, Cr, Cl. Posteriormente, se realizaron mediciones con una fuente isotópica de Am-Be de  $^{241}\text{Am}$  donde se irradiaron las mismas muestras y se incorporó el arsénico (As) y el HgO.

La detección de los rayos gammas fueron realizadas con detectores centelladores NaI(Tl) en el caso de irradiación con el LINAC y con detectores semiconductores de Ge(Li) cuando se irradiaron las muestras con la fuente de Am-Be.

El número de canales considerados en cada medición fueron estandarizados para cada muestra a los fines de considerar la misma ROI, independientemente del número de canales aplicados al momento de la medición. Se consideraron solo las mediciones que poseen el mismo arreglo y aquellas que no hayan presentado una respuesta gamma inducida por la activación de los detectores. En el año 2012 se utilizó el LINAC mientras que los años posteriores, se aplicó la fuente de Am-Be.

En las Figuras 1 y 2 se observa los resultados obtenidos durante los años 2012-2015 debido a la reacción (n, $\gamma$ ) de la muestra Cl y el Bg.

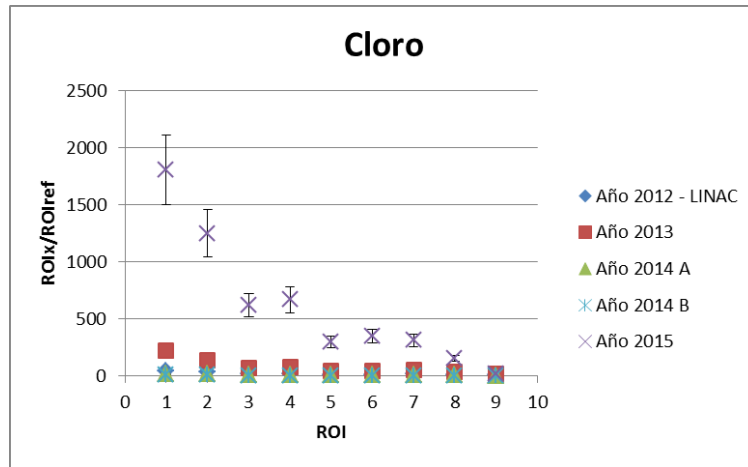


Figura 1: Se observa la respuesta gamma proveniente de la muestra Cl durante los años 2012-2015.

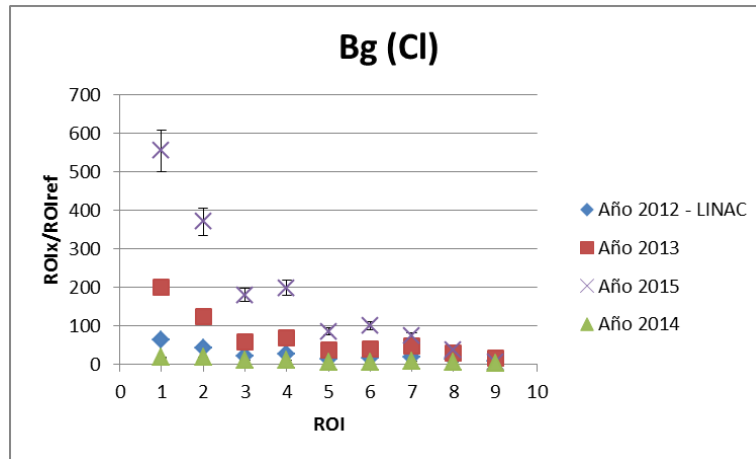


Figura 2: Se observa la respuesta gamma del Bg durante los años 2012-2015.

En las Figuras 3 y 4 se observa la respuesta gamma debida a la irradiación del Hg y el Bg, respectivamente. En el año 2012, 2013 (A y D) se irradió Hg en estado líquido mientras que en el año 2014 y 2013 (B y C), se irradió en la forma de HgO.

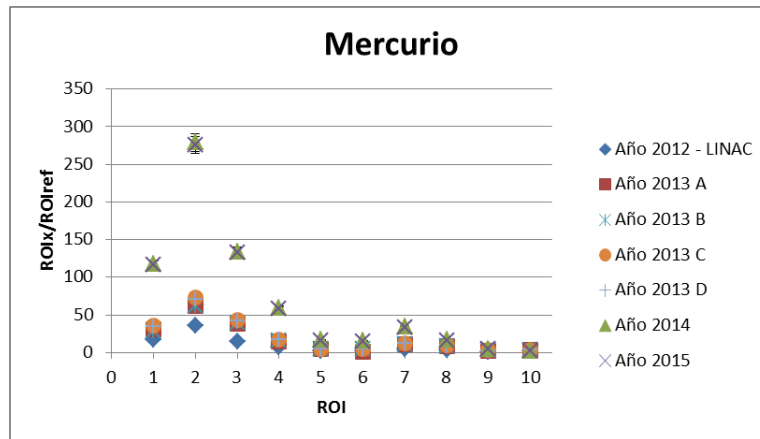


Figura 3: Se observa la respuesta gamma proveniente de la muestra Hg durante los años 2012-2015.

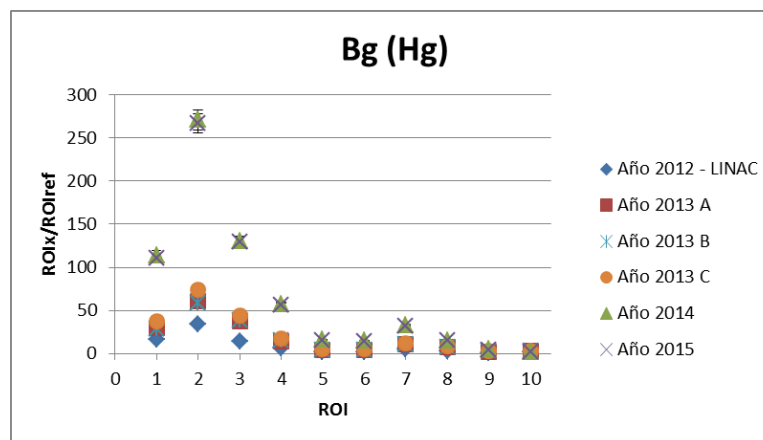


Figura 4: Se observa la respuesta gamma del Bg durante los años 2012-2015.

En las Figuras 5 y 6 se presenta el comportamiento del Cr y el Bg durante los años 2012-2015.

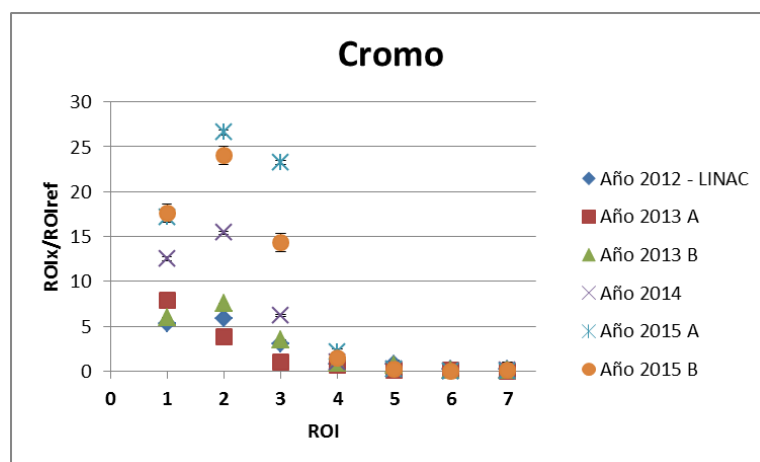


Figura 5: Se observa la respuesta gamma proveniente de la muestra Cr durante los años 2012-2015.

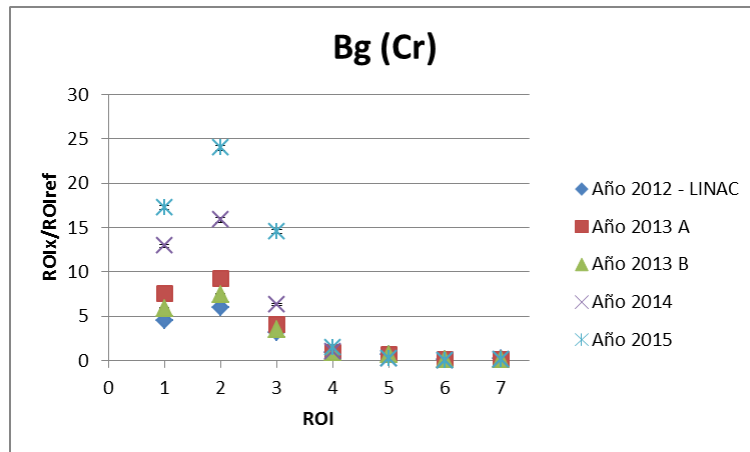


Figura 6: Se observa la respuesta gamma del Bg durante los años 2012-2015.

### Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede afirmar que el Cl, es un elemento fácilmente identificable debido al importante número de gammas prompt que emite cuando se lo expone a una fuente de neutrones térmicos. La sección de eficaz del Cl es significativa para neutrones de baja energía.

El Hg y el Cr se identifican más nítidamente a bajas energías pero con poca precisión.

El Cd y el As continúan en estudio a fin de identificar la región de referencia óptima y/o recomendable para ser detectados a escala real. En breve, se realizarán experimentos con neutrones rápidos y con un flujo neutrónico de mayor intensidad.