

## MEDIDA DE MATERIA MINERAL EN LA CAÑA DE AZÚCAR APLICANDO LA TÉCNICA GAMMA NATURAL

H. D. Colorado, A. Bohórquez y J. A. Tabares

*Departamento de Física, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali (Colombia)*

### RESUMEN

Se aplica la técnica nuclear *gamma-natural* para determinar la cantidad de materia mineral procedente del suelo que acompaña los cortes de caña de azúcar en muestras simuladas en el laboratorio. Se hizo un montaje que se utilizó para medir en el laboratorio y se procedió con la calibración preparando muestras con contenido de caña y suelo conocidos tomándoles el respectivo espectro gamma natural, luego se puso a prueba para muestras problema. Al calibrar con muestras de más de 50 g, el resultado es aceptable y puede utilizarse para calcular la cantidad de suelo en muestras problema con buena precisión.

### ABSTRACT

The *natural-gamma* nuclear technique is applied to determine the quantity of mineral matter coming from the soil that accompanies the cuts of cane of sugar in samples simulated in the laboratory. An assembly was made and used to measure in the laboratory. The calibration was made preparing samples with known cane content and soil, measuring the respective natural gamma spectrum. Then the calibration was proven in problem samples. When studying with samples of more than 50 g, the result is acceptable and it can be used to calculate the quantity of soil in problem samples with good precision.

### INTRODUCCIÓN

La recolección de caña de azúcar usando métodos manuales se ha venido reemplazando por métodos mecanizados que disminuyen costos de cosecha, pero incrementan la materia mineral proveniente del suelo donde se cultiva la caña. Dicha materia mineral estará presente en el proceso de fabricación del azúcar y es responsable del incremento en el desgaste de los equipos de preparación y molienda, calderas y sistemas de bombeo de jugo, así como de la disminución en la capacidad de molienda y poder calorífico del bagazo; además crea la necesidad de incrementar la capacidad de los equipos de filtrado. Todo esto aumenta los costos de producción y en algunos casos afecta la calidad del azúcar. La forma tradicional (separar la materia mineral de la orgánica y pesar) y otros métodos convencionales para medir la cantidad de suelo no son precisos, tienen gran consumo de recursos humanos, materiales y técnicos, además los resultados se conocen horas después del muestreo, impidiendo tomar acciones preventivas a tiempo. La aplicación de la técnica *gamma-natural* eliminaría estas desventajas al realizar mediciones en muestras representativas con buena precisión y de forma continua en tiempo real. Este trabajo presenta los resultados preliminares de mediciones que buscan desarrollar, mediante la técnica *gamma-natural*, un método eficaz para la determinación de suelo en caña de azúcar en bandas transportadoras de ingenios azucareros.

### DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL

El espectro de radiación gamma natural de rocas y suelo esta compuesto de un pico de emisión de  $^{40}\text{K}$ , más de una docena de picos emitidos por la serie del  $^{238}\text{U}$  (principalmente  $^{214}\text{Bi}$ ) y un número similar de picos por la serie del  $^{232}\text{Th}$  (principalmente  $^{208}\text{Tl}$  y  $^{228}\text{Ac}$ ) y radiación de fondo [1,2]. Estos elementos aún tienen una actividad apreciable y se encuentran mezclados de forma homogénea en los suelos, de modo que la intensidad de la señal de un espectro gamma tomado de una muestra de suelo es proporcional a la cantidad de muestra. Para comprobarlo se utilizo una sonda de perfilaje *Borehole* hecha por CSIRO en Australia [3] con un detector de ioduro de sodio activado con talio  $\text{NaI(Tl)}$  originalmente diseñada para mediciones según la técnica nuclear *neutron-gamma*. Para aplicar la técnica *gamma-natural* simplemente se retiró la fuente de neutrones. Se realizó un montaje de plomo de 3.6 cm de espesor que permite un blindaje de la radiación gamma natural ajena a la de la muestra, para utilizarse en mediciones de laboratorio. Se hicieron pruebas de radiación de fondo, mediciones de radiación de suelo, en caña limpia y caña con cantidades conocidas de suelo. Conociendo el contenido de suelo en caña y las áreas de interés en los espectros, se puede obtener curvas de calibración.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la efectividad del blindaje se compara el espectro que se mide sin blindaje y el que se mide con blindaje, en iguales intervalos de tiempo, como aparece en la figura 1. Como puede observarse, sin blindaje se obtienen tres picos bien definidos asociados a  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  y  $^{232}\text{Th}$ . Además, existen tres picos (no señalados) a la izquierda del pico del potasio: uno de 1120 keV para el  $^{214}\text{Bi}$  y dos de 911–969 keV para el  $^{228}\text{Ac}$  [4]. Se observa claramente la disminución en la intensidad de la señal en el espectro medido con blindaje.

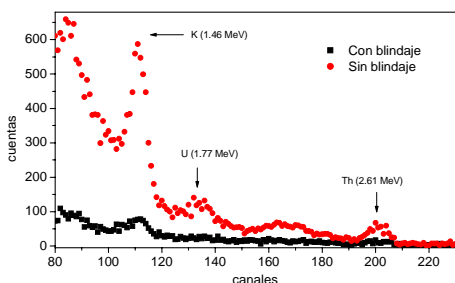


Fig.1. Espectros de radiación de fondo sin blindaje y con blindaje y ambos sin muestra, tiempo de medición de 7120 s

La figura 2 (izquierda) muestra los espectros tomados para 350 g, 700 g, 1050 g y 1400 g de suelo durante 7120 s. Se calcula el área, es decir se suman las cuentas, en la región del pico del potasio (región de interés) ya que es el pico más pronunciado en el espectro y con mejor definición. A la derecha se observa la relación lineal (curva de calibración) entre el número de cuentas en la región de interés con la masa de suelo.

En adelante todos los ajustes se refieren a la ecuación  $masa = p \times \text{área} + b$ . Para el ajuste lineal de la figura 2,  $b = (-1563.7 \pm 159.0) \text{ g}$ ,  $p = (1.5977 \pm 0.1097) \text{ g/cuentas}$ ,  $R = 0.99301$  y  $SD = 75.44$ . El coeficiente de correlación R es bueno, y por lo tanto permite confiar de la curva de calibración. Los errores relativos de parámetro  $b$  y  $p$  son 10.1 % y 6.9 % respectivamente.

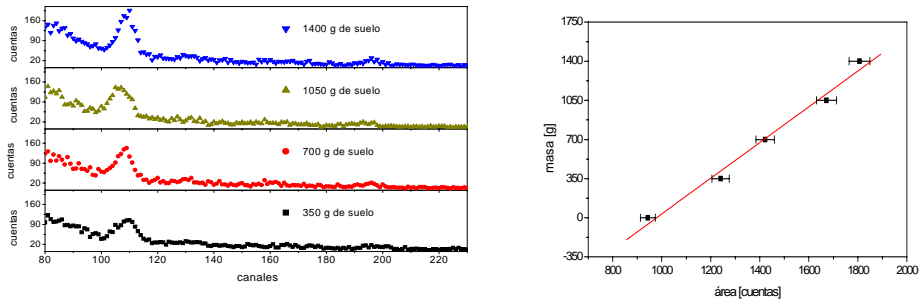


Fig. 2. Espectros tomados para 350 g, 700 g, 1050 g y 1400 g de suelo durante 7120 s a una distancia promedio muestra detector de 4 cm. y la respectiva curva de calibración

Ahora se realiza el mismo procedimiento pero con muestras de menor masa, 50 g, 100 g, 150 g y 200 g, con el objeto de probar la sensibilidad del montaje, ver figura 3. Los valores obtenidos para el ajuste lineal de la figura 3 son  $b = (-325.5 \pm 43.4)$  g,  $p = (0.7865 \pm 0.0791)$  g/cuentas,  $R = 0.98517$  y  $SD = 15.66$ . El coeficiente de correlación R disminuyó con respecto al que se obtuvo del ajuste realizado en la figura 2 pues como se ve, existe mayor dispersión para cantidades pequeñas de suelo. Además aumentan los errores relativos de los parámetro  $b$  y  $p$  que son 13.3 % y 10.1 % respectivamente.

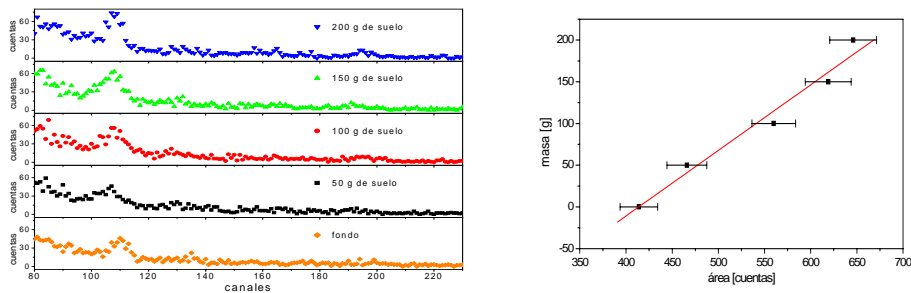


Fig. 3. Espectros tomados para 50 g, 100 g, 150 g y 200 g de suelo durante 3530 s a una distancia promedio muestra detector de 2 cm y la respectiva curva de calibración.

Se estudia la contribución de caña limpia en los espectros para muestras de 500 g, 750 g y 1000 g. La figura 4 muestra la curva de calibración obtenida. Es importante saber la cantidad de cuentas que aporta la caña al pico del potasio ya que si son mucho mayores que las cuentas que se registran con suelo, entonces las cuentas de caña enmascaran las cuentas de suelo.

Los valores obtenidos para el ajuste lineal de la figura 4 son  $b = (-30688 \pm 2580)$  g,  $p = (32.95 \pm 2.72)$  g/cuentas,  $R = 0.99325$  y  $SD = 60.65$ , se observa que el intervalo en área en que están comprendidos los puntos de 500 g a 1000 g de caña es 945 a 965 cuentas, es decir existe una variación en el área no mayor al 4.3 %. Para pequeñas variaciones en la cantidad de caña, el área puede considerarse constante, la presencia de caña no dificulta la obtención de curvas de

calibración de suelo en caña. El incremento entre no tener caña y tener por ejemplo 1000 g de caña, es según la figura 4 de solo 35 cuentas.

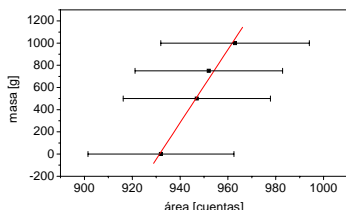


Fig. 4. Calibración muestras de 500 g, 750 g y 1000 g de caña limpia durante 7170 s, distancia promedio muestra detector 4 cm.

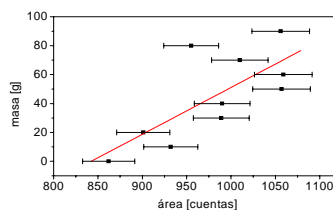


Fig. 5. Calibración para 1000 de caña y cantidad variable de suelo de 10 g a 90 g durante 7170 s, 4 cm muestra al detector.

Puesto que los contenidos reales de suelo en caña llegan a ser del 0.7 % en verano y 10 % en invierno, se muestra la curva de calibración para los espectros medidos de una cantidad fija de 1000 g de caña con una cantidad de suelo que varía de 10 g a 90 g, figura 5, es decir concentraciones de suelo en caña entre 0.99 % y 8.26 %. Los valores obtenidos para el ajuste lineal de la figura 5 son  $b = (-272.9 \pm 104.8)$  g,  $p = (0.3240 \pm 0.1066)$  g/cuentas,  $R = 0.73208$  y  $SD = 21.88$ .

A pesar de que el coeficiente de correlación es comparable con los de otros autores [5,6], la gran dispersión mostrada se puede deber principalmente a la falta de homogeneidad de los elementos radiactivos del suelo en las muestras, problema que será tenido en cuenta para nuevos trabajos. Al poner a prueba la curva de calibración de la figura 5 para muestras problema se encuentra que para una muestra 28.3 g el valor según la curva de calibración es de 28.7 g, y para una muestra problema de 39.9 g se obtiene una masa experimental de 42.4 g.

**Conclusiones:** La curva de calibración para pequeñas cantidades de suelo en caña de azúcar, entre 10 g y 100 g de suelo, por tener una gran dispersión e incertidumbre apreciable, no es del todo confiable; en cambio se observa que para cantidades de muestra significativas de suelo de 50 g a 200 g la curva de calibración tiene menor error. Queda abierta la investigación para mayor tamaño y diferente tipo de detector, espesor del blindaje, tiempo de medición y tratamiento de espectros. Los resultados obtenidos son satisfactorios y abre las puertas para investigar una posible aplicación de la técnica *gamma-natural* en una banda transportadora de caña en un ingenio.

## REFERENCIAS

- [1] BLUM P., Noviembre 1997, Natural gamma radiation. PP Handbook
- [2] International Atomic Energy Agency, 1979, Gamma ray surveys in uranium exploration, Vienna.
- [3] CSIRO Exploration and Mining Mine, 2000, CSIRO Sirolog Spectrometric Tools, Australia.
- [4] National Operational Hydrologic Remote Sensing Center, National Weather Service, NOAA, 1982, Physics of the airborne gamma SWE measurement, Las Vegas.
- [4] BORSARU M., BIGGS M., NICHOLS W., BOS F., 2000, The application of prompt-gamma activation analysis to borehole logging for coal. Applied radiation and isotopes, Australia.
- [6] ATHERTON P. G., DOW J. C., MATHEW P. J., 1992, The determination of soil in cane, Proceeding of Australian society of sugar cane technologists, Australia.