

*Comisión de Energía Atómica*

**CEAC-R**

~~CEAR~~  
~~CEAC-R~~

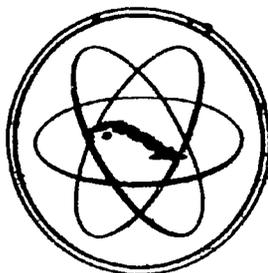
- 6/90 -

COMISION DE ENERGIA ATOMICA DE CUBA

DETERMINACION DE HUMEDAD EN BAGAZO POR REFLEXION DE  
NEUTRONES

DETERMINATION OF MOISTURE IN BAGASSE BY NEUTRON  
REFLECTION

Díaz Rizo, O.  
Suárez García, J. C.



**We regret that some  
of the pages in the  
microfiche copy of  
this report may not  
be up to the proper  
legibility standards,  
even though the best  
possible copy was  
used for preparing  
the master fiche**

Clasificación temática del INIS

B31-20

Nuclear Methods

·DESCRIPTORES

HUMIDIMITY

SUGAR CANE

ELASTIC SCATTERING

Aprobado por el Consejo Científico Ramal de la  
Esfera Nuclear el 8 de agosto de 1990.

Determinación de humedad en bagazo por reflexión de  
neutrones

Díaz Rizo, O.

Suárez García, J. C.

Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares  
(ISCTN), Ciudad de La Habana, Cuba

## DETERMINACION DE HUMEDAD EN BAGAZO POR REFLEXION DE NEUTRONES.

Resumen Se aplica por primera vez en Cuba la técnica de Reflexión de Neutrones en muestras orgánicas. Se determina la factibilidad de este método para determinar el grado de humedad en bagazo de caña de azúcar. Los resultados indican que es posible determinar el contenido de humedad en bagazo en un rango de 0-50 w% con una exactitud relativa del 2-3 % usando 10 minutos de medición.

Abstract For the first time in Cuba organic samples were analyzed by neutron reflection method. The factibility of this method to determinate the moisture grade in sugar cane bagasse is fixed. From 0 to 50 w% moisture grade with 2-3 % relative accuracy can be determined using 10 m. measuring time.

### INTRODUCCION

Durante los últimos años se ha extendido ampliamente la utilización del método de reflexión de neutrones (MRN) con el objetivo de determinar el contenido de humedad o la concentración de determinados elementos, como hidrógeno en petróleo crudo [1], contenido de cloro en polietilenos [2], bitumen en asfalto [3], humedad en suelos [4], etc. En nuestro país ya existen trabajos de utilización de esta

técnica aplicada al estudio de humedad en muestras minerales [5,6] con resultados muy satisfactorios y de gran importancia para la economía nacional.

En Cuba cada día se incrementa el número de centrales azucareros que utilizan el bagazo de caña de azúcar como material combustible, además existen fábricas de tableros para muebles a partir de este derivado de la caña. A estas industrias les es importante conocer el índice de humedad del bagazo a la entrada y la salida del sistema de presecado, para así disminuir los gastos en petróleo en el primer caso y para facilitar las labores de prensado en el segundo. En la actualidad este trabajo se realiza por gravimetría, el cual es bastante lento lo que, sin duda, afecta la evaluación de la eficiencia del sistema de presecado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la factibilidad del empleo del MRN para la determinación de la humedad en el bagazo de la caña de azúcar.

## MATERIALES Y METODOS.

El contenido de humedad en bagazo de caña de azúcar por MRN no es una tarea sencilla, dada la naturaleza orgánica de la muestra, lo que conlleva a grandes concentraciones de elementos con alto índice de reflexión como son el hidrógeno, el oxígeno y el carbono [1]. Esto obliga a cumplir ciertos requisitos diferentes en la realización del experimento en comparación con el análisis de muestras minerales.

En sentido general el MRN se basa en la dispersión

elástica de los neutrones con los núcleos a medir. La sección eficaz de los núcleos varía siendo mayor para el hidrógeno, el carbono y el oxígeno, por lo que a mayor concentración de estos elementos, mayor posibilidad tendrán los neutrones de dispersarse en el medio.

En experimentos previos [1-3] se ha comprobado que el incremento de la velocidad de conteo con muestra (I) y sin muestra (I<sub>0</sub>) depende linealmente del contenido de núcleos de alta sección eficaz de dispersión:

$$\eta = \frac{I - I_0}{\rho I_0} \quad (1)$$

donde  $\rho$  es la densidad de la muestra en g.cm<sup>-2</sup>.

En una matriz orgánica, la concentración de H, C y O es bastante alta, por lo que el índice de reflexión  $\eta$  depende de las concentraciones de estos elementos en la muestra.

Con el objetivo de contrarrestar el efecto que provocan la presencia de H, O y C en la fórmula (1), es necesario realizar la calibración del sistema de medición con la misma muestra de interés, es decir, preparar muestras de interés con contenido de humedad conocidos y calcular el índice de reflexión. De esta forma al partir de una muestra perfectamente secada, su índice de reflexión dependerá de la concentración de H, O y C presentes en la matriz ( $\eta_{\text{MATRIZ}}$ ). En lo sucesivo, al ir añadiendo agua, la variación del índice de reflexión solo dependerá del incremento de agua (humedad) en la muestra, es decir:

$$\eta = \eta_{\text{MATRIZ}} + \eta_{\text{H}_2\text{O}}$$

donde  $\eta_{\text{H}_2\text{O}}$  es la componente correspondiente al incremento de agua.

Algo similar ocurre en los minerales con la concentración de agua estructural [5,6].

Para realizar la calibración con el bagazo de caña se prepararon 9 muestras que fueron secadas durante 4 horas mediante la radiación solar con el objetivo eliminar la mayor parte de la humedad y posteriormente se sometieron a secado exponiéndolo a 105°C hasta que la humedad fue inmedible por gravimetría (3 horas). Posteriormente fueron tamizadas a 2 mm, embasadas en recipientes de igual volumen y se le añadieron cantidades conocidas de agua. Los recipientes se cerraron hermeticamente y se dejó reposar las muestras duante una semana para garantizar la distribución uniforme de la humedad en ellas.

Se utilizó la instalación de reflexión de neutrones del ISCTN compuesto por una fuente de neutrones de Am-B con salida de  $10^6 \text{ n.s}^{-1}$  y un detector de  $\text{BF}_3$  forrado en cadmio (Fig. 1). El detector se acopló a un espectrómetro monocanal EUROCAR. Para cada una de las muestras se realizó una serie de 5 mediciones con el objetivo de disminuir el error estadístico. En todos los casos las mediciones fueron de 10 minutos.

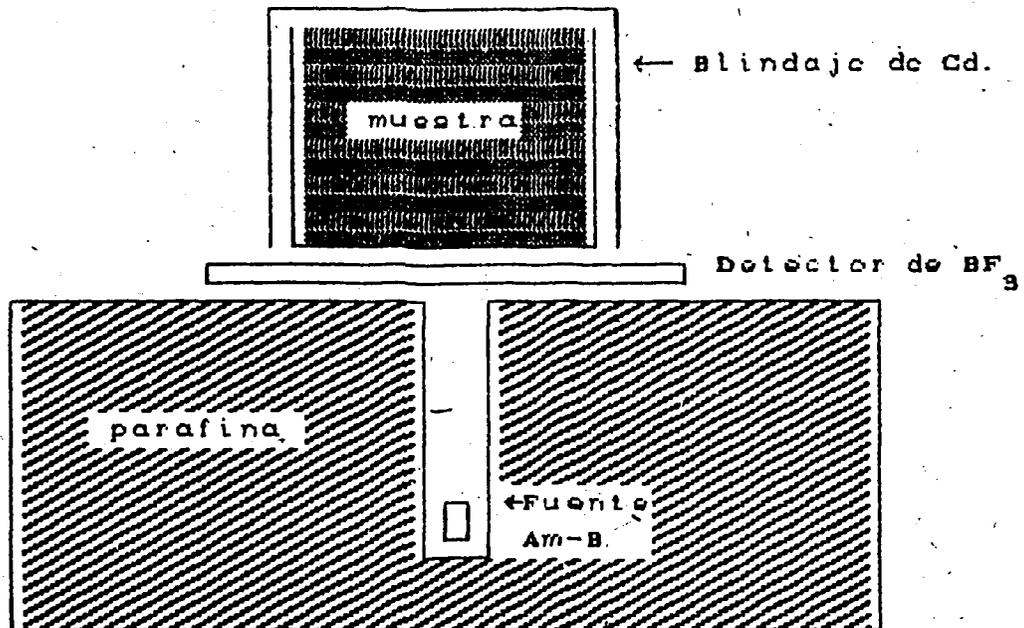


Figura 1.- Esquema de la instalación de Reflexión de Neutrones.

Dado lo difícil de determinar la densidad del bagazo por su compresibilidad y utilizando el hecho de que el volumen de todas las muestras es el mismo,  $\eta$  se determinó como:

$$\eta' = \frac{I - I_0}{M I_0} \quad (2)$$

donde M es la masa de la muestra y  $\eta' = \eta/V$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la TABLA 1 se ofrecen los resultados obtenidos para la calibración del sistema de reflexión de neutrones con muestras de bagazo de humedad conocida.

TABLA 1.- Resultados obtenidos en la calibración del sistema de reflexión de neutrones con muestras de baqazo.

Muestra	Masa (g)	W%	I <sub>0</sub> (cont./10 m)	I (*) (cont./10 m)	$\eta \cdot 10^{-9}$
1	40.5	0	77065	89022	3.83
2	49.0	2	77783	93209	4.04
3	55.0	5	77422	95326	4.25
4	57.0	10	77422	97377.3	4.52
5	38.4	15	77783	92901	5.06
6	39.4	20	77783	94064	5.31
7	37.1	30	77783	96268	6.40
8	42.9	40	77783	103255	7.63
9	40.6	50	77783	105229	8.84

\*) I es el promedio obtenido de la serie de 5 mediciones con una fluctuación estadística inferior al 1%.

La relación de  $\eta$  y el contenido de agua por el resultado experimental y calculado según el método de mínimos cuadrados [7] es la siguiente:

$$\eta = 0.000938 \text{ w\%} + 0.00366$$

con una correlación lineal de 0.994 entre los datos experimentales y el ajuste realizado, lo que permite determinar el contenido de humedad en el rango de 0-50 % con un error del 2-3 %.

En la TABLA 2 se muestran los resultados obtenidos del

contenido de humedad en 4 muestras de bagazo, según el MRN y se comparan con los resultados obtenidos por gravimetría, los cuáles tienen un error del 5%.

TABLA 2.- Resultados obtenidos de la determinación de humedad en muestras de bagazo de caña.

Muestra	W%	
	M.R.N.	Gravimetría
bag-1	14.3	15.1
bag-2	22.8	23.3
bag-3	29.2	30.8
bag-4	39.9	39.6

Los resultados obtenidos demuestran que la técnica de reflexión de neutrones es completamente factible para la determinación del contenido de humedad en bagazo de caña de azúcar, lo que unido a su rápida respuesta en comparación con la gravimetría (20 minutos por alrededor de 7 horas para cada muestra respectivamente), lo convierten en un método eficaz y de fácil introducción tanto en la industria azucarera, como en la de derivados de la caña de azúcar, lo que permitiría ganar en eficiencia a las instalaciones de presecado de bagazo de caña de dichas industrias.

#### CONCLUSIONES

- 1.- Se aplica por primera vez la Reflexión de Neutrones en nuestro país para el análisis de muestras orgánicas.
- 2.- El Método de Reflexión de Neutrones es factible para la

determinación de contenido de humedad en el bagazo de la caña de azúcar.

3.- Las concentraciones de contenido de humedad en bagazo se determinan por MRN con un error del 2-3 % con valores muy similares a los obtenidos por gravimetría y en mucho menor tiempo.

#### LITERATURA

1.- S. Szegedi et al, Radiochemical Radioanal. Letters 33(3), 133-138, 1978.

2 - S. Szegedi et al, Radiochemical Radioanal. Letters 52(6), 343-348, 1982.

3.- M. Buczko, Z. Dezso, J. Csikai, J. Radioanal. Chem. V25, 179, 1975.

4.- Pospisil S. et al, Measurements of soil moisture by means of a neutron moisture meter. Acta Polytechnica, 17 (IV,2), 89-106, 1987. (en checo).

5.- Pablo Sarria et al, Determination of water conten in natural zeolites by reflection method. Reporte CEAC 4-89.

6.- L. Desdín García, R. Pérez Sanchez, Moisture conten determination in lateritic material. IAEA-SM-308, 1990. p.24.

7.- Bevington F.R. Data reduction and error analysis for the physical sciences. McGraw-Hill Book Company. N.Y., 1969.

Impreso en el Centro de Información de la  
Energía Nuclear.  
La Habana, Cuba, diciembre de 1990.