

# IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA GAMMA PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS

## IMPLEMENTATION OF THE GAMMA-RAY SPECTROMETRY TECHNIQUE FOR SOIL – MOISTURE DETERMINATION

M.L. Montes, M.A. Taylor, J. Runco, L. Errico, J. Martínez and J. Desimoni

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata- IFLP – CCT – LA PLATA, CONICET  
Calle 115 y 49 - (1900) –CC67- La Plata – Argentina  
Universidad Nacional del Noroeste Bonaerense (UNNOBA), Monteagudo 2772, Pergamino, CP 2700, Buenos Aires, Argentina.  
*e-mail: lmontes@fisica.unlp.edu.ar*

Se presenta aquí la implementación del método basado en espectroscopía gamma para determinar el contenido de humedad de suelos utilizando la interacción de la radiación gamma con la materia. Muestras de suelo de la ciudad de La Plata fueron preparadas con un contenido conocido de humedad para obtener una relación entre dicho parámetro y el coeficiente de atenuación lineal. Utilizando la curva obtenida fue posible determinar la humedad de una muestra incógnita. Las medidas fueron realizadas utilizando una fuente de  $^{137}\text{Cs}$  y un detector de centelleo de NaI(Tl).

Palabras Claves: Suelo, humedad, Coeficiente de atenuación lineal.

An implementation of the gamma ray spectroscopy technique for determination of soils moisture based on the gamma radiation interaction with matter is presented. Soil samples were prepared adding known amounts of water in order to calibrate the method. Using the calibration curve it was possible to establish the water content of an unknown sample. A  $^{137}\text{Cs}$  source together with a NaI(Tl) detector were used to measure de attenuation of the 662 keV photoppeak.

Key Words: Soil, Moisture, linear attenuation coefficient.

### I. INTRODUCCIÓN

El suelo es una matriz porosa formada por partículas sólidas, aire y agua. El agua disponible en el suelo es un factor importante para el crecimiento de las plantas e influye en muchas propiedades de la matriz, como la plasticidad, compactibilidad y propiedades mecánicas, entre otras. El aire y el agua se encuentran en los poros de la matriz, con lo que el contenido de agua también influye en el contenido de aire y el intercambio de gases con la atmósfera, afectando la respiración de las raíces, la actividad de los microorganismos y el estado químico del suelo.

Es sabido que el coeficiente de atenuación lineal de una muestra de suelo dada cambia con el contenido de humedad de la misma <sup>(1)</sup>. El presente trabajo muestra una metodología, basada en la atenuación de rayos gamma, para medir el contenido de humedad en suelos. La relación entre el contenido de humedad y el coeficiente de atenuación lineal fue determinada midiendo la atenuación del fotopico de 662 keV de una fuente de fotones gamma,  $^{137}\text{Cs}$  utilizando un detector de centelleo de NaI(Tl).

### II. MÉTODOS

Una muestra de suelo de la zona del Bosque de la ciudad de La Plata fue extraída con una pala de muestreo construida a dicho fin y posteriormente secada a 105°C hasta masa constante. Se determinó el volumen de la muestra seca y se agregó agua destilada para obtener una relación entre el volumen de agua y el de

sólido ( $V_w/V_s$ ) de 0%, 11.9%, 30% y 40 %. Cada una de estas muestras fueron divididas en 4 partes.

Para determinar el coeficiente de atenuación lineal se utilizó un espectrómetro gamma convencional con un detector de NaI(Tl) junto con una fuente radioactiva de  $^{137}\text{Cs}$ . La modificación en intensidad del fotopico de 662 keV producto de la atenuación por el suelo fue determinada para diferentes espesores de la muestra. Esto se hizo colocando un numero fijo de cajas de Petri, 4, entre el detector y la fuente radioactiva, pero cambiando la cantidad de cajas conteniendo muestra de suelo, de forma tal de mantener la geometría del sistema. Así, para la determinación del coeficiente de atenuación lineal de una dada muestra de suelo se llevaron a cabo 6 medidas de 4 hs cada una, incluyendo el fondo.

Como resultado de cada medida se adquirió un espectro del cual se obtuvo la intensidad del fotopico, tomada como el número de cuentas en el canal donde se observó el máximo del fotopico.

Como es conocido, un haz de rayos gamma de intensidad inicial  $I_0$  que atraviesa un espesor  $x$  de material, tendrá una intensidad  $I$  dada por: <sup>(2)</sup>:

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (1a)$$

$$\ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \mu x \quad (1b)$$

Donde  $I$  es la intensidad del haz luego de haber recorrido una distancia  $x$  en el material con coeficiente de atenuación lineal  $\mu$  e  $I_0$  la intensidad inicial del haz.

Así, con los datos obtenidos del análisis de los espectros y de la gráfica  $\ln(I_0/I)$  en función de  $x$  se realizó un ajuste lineal. La pendiente de la recta es el coeficiente de atenuación de la muestra en cuestión. Este procedimiento se repitió para cada una de las muestras con distinto grado de humedad.

### III. RESULTADOS

La figura 1a muestra una de las series de espectros de  $^{137}\text{Cs}$  obtenidos para la determinación del coeficiente de atenuación lineal de la muestra con 30% de humedad. En ella se ve claramente que el número de fotones que atraviesan la muestra disminuye con el espesor de suelo. La figura 1b representa una vista ampliada de la zona de los fotopicos.

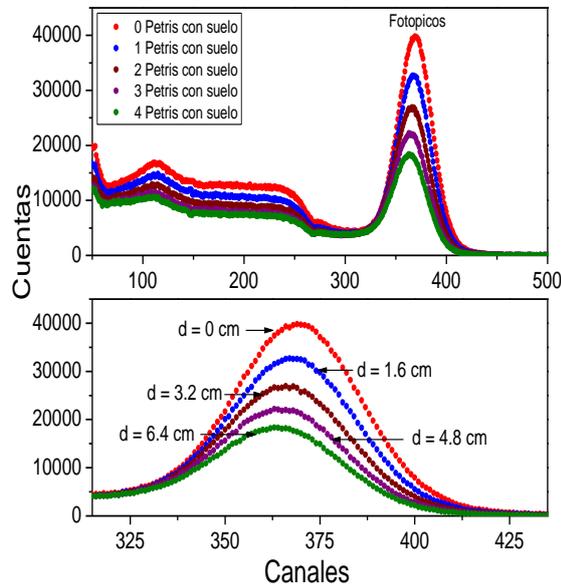


Figura 1. a) Espectros de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$  interponiendo distintos espesores de absorbente y b) Vista ampliada en la zona de los fotopicos. La letra  $d$  indica el espesor de suelo usado para la medida.

La figura 2 muestra el  $\ln(I_0/I)$  como función del espesor para la muestra de suelo conteniendo un 30% de humedad. Haciendo uso de la ley de atenuación (ecuación 1b) y los datos obtenidos a partir de la figura 1 fue posible determinar el coeficiente de atenuación lineal.

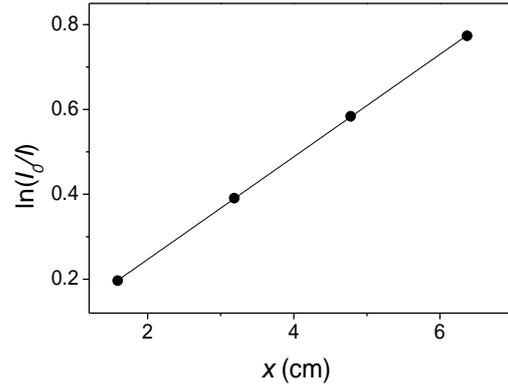


Figura 2. Obtención del coeficiente de atenuación lineal para la muestra con 30% de humedad.

Con el coeficiente de atenuación determinado para cada muestra de suelo, fue posible establecer una relación lineal entre este y el contenido de humedad del mismo (figura 3).

Akbal et al.<sup>(3)</sup> presentan valores para el coeficiente de atenuación lineal que varían, de acuerdo con el tipo de suelo, entre 0.08 y 0.10  $\text{cm}^{-1}$ , con lo que el valor medido aquí para suelo seco,  $0.082 \pm 0.02 \text{ cm}^{-1}$  está acorde con lo encontrado por dichos autores.

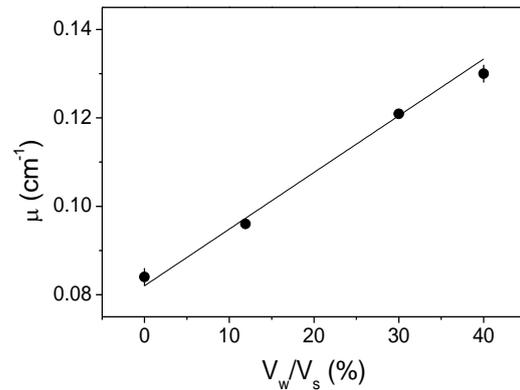


Figura 3. Relación lineal entre el coeficiente de atenuación lineal y el contenido de humedad.

A partir de la figura 3 se obtiene una relación entre la humedad y el coeficiente de atenuación que viene dada por:

$$\frac{V_w}{V_s} (\%) = \frac{\mu - a}{b} \pm \left( \frac{\Delta\mu + \Delta a}{b} + \frac{(\mu - a)\Delta b}{b^2} \right) \quad (2)$$

donde  $a$  y  $b$  son los parámetros obtenidos en el ajuste lineal de los coeficientes de atenuación en función de la humedad (figura 3):

$$a = 0.082 \pm 0.002 \text{ cm}^{-1}$$

$$b = 0.00128 \pm 0.00008 \text{ cm}^{-1}$$

La curva de calibración obtenida (ec. 2) fue empleada para determinar el contenido de humedad de una muestra obtenida en la zona de “El Peligro” en el partido de La Plata. La muestra extraída fue almacenada apropiadamente de modo de garantizar que no se evaporase el agua contenida en la misma. A partir de la determinación del coeficiente de atenuación fue posible estimar el contenido de agua en:

$$\frac{V_w}{V_s} = 23 \pm 5\% \quad (3)$$

#### IV. CONCLUSIÓN

Basados en que el coeficiente de atenuación lineal del suelo cambia con el contenido de humedad, se estableció una relación entre ambos parámetros ya que determinando el primero se puede calcular el segundo. A partir de la relación obtenida, se determinó la humedad real de un suelo de las mismas características.

La técnica puesta en funcionamiento es no destructiva y de implementación relativamente fácil, sin embargo cabe aclarar que la relación obtenida no constituye una curva universal sino que es sólo válida para suelos de composición similar.

Este método presenta un potencial uso para la determinación de contenido de otros líquidos en suelos (por ejemplo derivados del petróleo) pudiéndose utilizar para establecer la presencia de contaminantes orgánicos en suelos.

#### V. REFERENCIAS

- 1 - D. Demir, A. Un, M. Ozgul, Y. Sahin, Determination of photon attenuation coefficient, porosity and field capacity of soil by gamma ray transmission for 60 KeV, 356 KeV and 662 KeV gamma rays, Applied Radiation and Isotopes, doi:10.1016/j.apradiso.2008.04.023.
- 2 - Evans, Robley D. The Atomic Nucleus. McGRAW – HILL BOOK COMPANY. INC. (1955)
- 3 - S. Akbal, A. Filiz Baytas. Determination of the photon attenuation coefficient for Turkish soils by gamma transmission. Bulgarian Journal of Physics. 27 No 2 (2000) 1-4.