

Medición del coeficiente de atenuación de cuantos gamma y de la densidad aparente en suelos cubanos

L. Méndez Pérez, L. Pérez Tamayo y A. Ferrer Castillo
Facultad Física Matemática, Universidad de Oriente

RESUMEN

En este trabajo se reporta la determinación experimental del coeficiente de atenuación lineal de cuantos gamma de energía 660 Kev y la densidad aparente en dependencia de la humedad en dos suelos cubanos: Aluvial Carbonatado y Vertisuelo Típico, en el rango de humedad de 0 % al 40 % en peso. Comenzando en el 0 % de humedad el coeficiente lineal de atenuación y la densidad aparente disminuyen con el aumento de la humedad hasta un valor crítico, por arriba del cual, estos parámetros crecen rápidamente.

INTRODUCCIÓN

La medición de la densidad de los suelos agrícolas por técnicas nucleares, fundamentadas en la dispersión o atenuación de haces de cuantos gamma, se desarrolla en muchos países /1-2/ destacándose por su rapidez, precisión, no destrucción de las muestras y la posibilidad de realizar mediciones in-situ en volúmenes grandes de muestras.

No obstante las ventajas de estas técnicas, en nuestro país no se emplean por no existir hasta el presente un estudio de los parámetros que caracterizan la atenuación de los cuantos gamma en nuestros suelos tropicales, como es el coeficiente lineal de atenuación, su dependencia con la humedad y por ende su relación con la densidad aparente del suelo. En este

trabajo se reporta la determinación experimental de estos parámetros para dos tipos de suelo de importancia agrícola. Aluvial carbonatado (AC) y Vertisuelo típico (VT).

MÉTODO E INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

Los experimentos se realizaron en una instalación de geometría de haz colimado, para la cual es conocido /2/ que un haz de cuantos gamma de energía E al atravesar un material de espesor lineal x sufre una atenuación dada por una ley exponencial decreciente.

Empleándose como fuente radiactiva de cuantos gamma una de ^{137}Cs , con el objetivo de que prevalezca el efecto Compton en la interacción de los cuantos gamma y por lo tanto la intensidad del haz atenuado no depende de la composición química del suelo (la cual es compleja) y sólo dependa de la densidad.

La colimación del haz se logra con colimadores de Pb de diámetro 7,5 mm y largo 56,9 mm, realizándose tanto la colimación del haz incidente como la del haz registrado. Las muestras se situaron en una caja de plexigás de $20 \times 20 \times 10 \text{ cm}^3$, siendo la distancia fuente detector de 21 cm. En calidad de detector se empleó un cristal de NaI (Tl) de $2,5 \times 2,5 \text{ cm}$, acoplado a un fotomultiplicador M10FS20 y a una instalación electrónica standard de registro.

En las instalaciones para la determinación de densidad con haces colimados de cuantos gamma, debido a la colimación incompleta del haz /3/ es necesario introducir un coeficiente de corrección en la ecuación que expresa la atenuación del haz.

$$\frac{I(x)}{I_0} = e^{-\eta \mu \rho x} \quad (1)$$

El producto $\eta \mu = \mu_0$ se denomina coeficiente másico efectivo de atenuación, el que se determina experimentalmente para cada instalación usando muestras cuya densidad es conocida, en nuestro caso se empleó el Al.

La dependencia experimental del coeficiente de transmisión (T) (relación entre las velocidades de conteo del haz que atraviesa un espesor dado de un material y la velocidad de conteo de haz incidente) con el espesor másico ($d=\rho x$) para el Al obtenida en la instalación descrita, se ajusta a (1) con un coeficiente de correlación de 0,9990.

En la tabla se da conjuntamente con el coeficiente de atenuación másico del Al /3/, al efectivo y el de corrección para la instalación empleada.

TABLA 1

$\mu \text{ cm}^2/\text{g}$	$\mu_0 \text{ cm}^2/\text{g}$	η
0,0750	$0,0684 \pm 0,004$	0,912

La determinación de la densidad aparente de los suelos investigados se hace a partir de la obtención de la dependencia del coeficiente de transmisión (Ts) para cada humedad en función del espesor lineal (x) del suelo. A partir de ellas el coeficiente lineal de atenuación y empleando la relación (2) con el coeficiente másico de atenuación para el Al usado como patrón (tabla N° 1) se calcula la densidad aparente.

$$\mu = \frac{\mu_L}{\rho} \quad (2)$$

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las mediciones se realizaron con muestras de suelos Aluvial Carbonatado (AC) y Vertisuelo típico (VT), las cuales después de secadas en la estufa a 105°C por más de una semana, se le varió la humedad (W) por añadidura de agua y el mezclado correspondiente buscando homogeneidad entre un 10 y un 40 % en volumen de peso, valor controlado por el método gravimétrico.

En la figura 1 se muestran las curvas de atenuación de los cuantos gamma en el suelo AC, observándose que la atenuación del haz disminuye con el aumento de la humedad hasta un cierto valor, existiendo posteriormente una inversión de ese comportamiento. Las curvas obtenidas se ajustan a exponenciales con un coeficiente de correlación mayor a 0,9897, determinándose por su pendiente el coeficiente lineal de atenuación, el que se da en la tabla 2 para el suelo AC y VT respectivamente, afectados del coeficiente de corrección n.

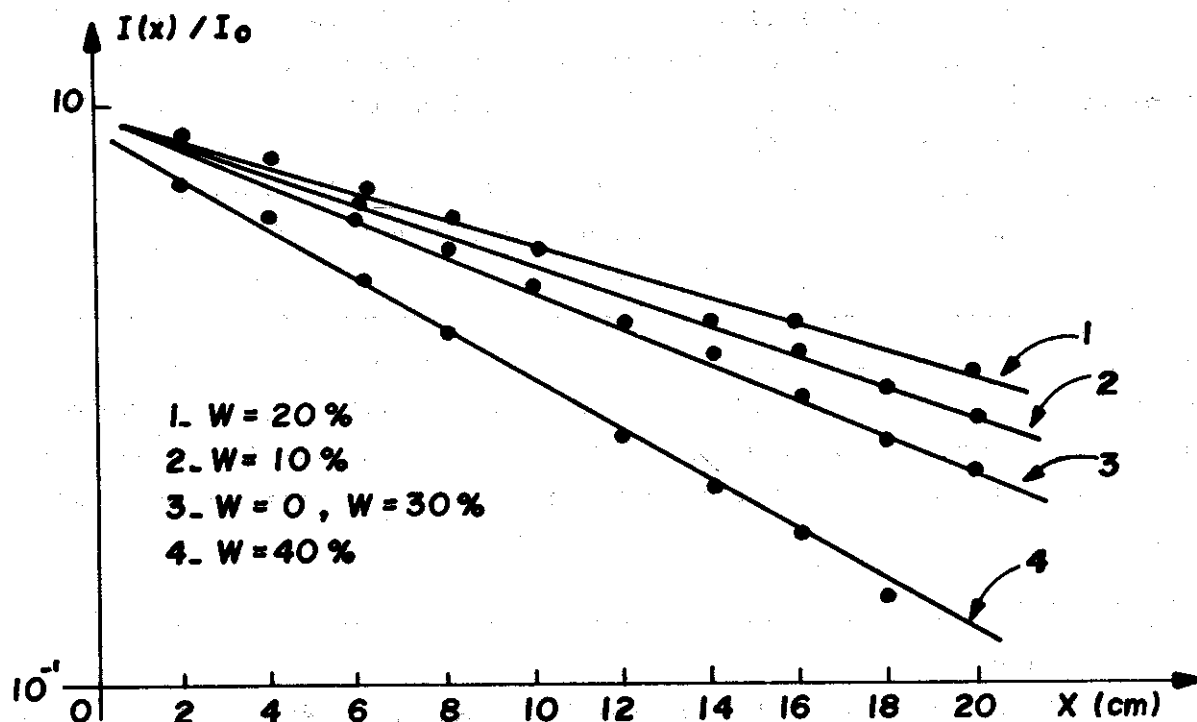


Fig. 1

TABLA 2

W %	μ_L Cm ⁻¹ VT	W %	μ_L Cm ⁻¹ AC
0	0,096 ± 0,002	0	0,076 ± 0,001
10	0,086 ± 0,002	10	0,070 ± 0,002
20	0,070 ± 0,001	20	0,066 ± 0,001
30	0,065 ± 0,001	30	0,077 ± 0,002
35	0,064 ± 0,001	35	0,096 ± 0,003
40	0,114 ± 0,001	40	0,121 ± 0,003

La variación del coeficiente lineal de atenuación con la humedad corresponde a una variación análoga de la densidad aparente del suelo, la que se muestra en la tabla 3 y determinada como se explicó arriba.

TABLA 3

Humedad W %	0	10	20	30	40
Densidad					
Aparente VT	1,28±0,04	1,14±0,03	0,92±0,03	0,87±0,03	1,52±0,05
P g/cm ³ AC	1,01±0,03	0,93±0,03	0,82±0,03	1,02±0,03	1,52±0,05

La disminución de la densidad aparente se debe al fenómeno bien conocido /4/ del cambio del volumen del suelo durante la imbibición de agua y la desecación, que se traducen en un hinchamiento al humedecerse y en un encogimiento al secarse.

La inversión del comportamiento del proceso de atenuación de los cuantos gamma con la humedad entre el 20 - 25 % para el VT y entre el 35 - 40 % para el AC, caracterizado por la variación del comportamiento tanto del coeficiente lineal de atenuación, como de la densidad aparente, reflejan que el hinchamiento con la imbibición de agua no es un proceso ilimitado y absoluto, sino que existe un valor crítico de humedad característico de cada suelo para la cual el mismo comienza a encogerse.

CONCLUSIONES

Se ha determinado el coeficiente lineal de atenuación de cuantos gamma de energía 660 KeV en los suelos Aluviales Carbonatados y Vertisuelo típico, como paso previo para la determinación de su densidad aparente. La cual se realiza con menos exactitud que por el método clásico pero más rápido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Camerón, J.P.
Nucleonic Soil Density and moisture gauges. Report 112/6, IAEA, Viena 1963.

2. Olgard, P.L.

Neutron and gamma gauge, their densing and application.
Radiation Engineering in the Academic.
Curriculum, P. 147, IAEA, Viena 1945.

3. Artzibashev, V.A.

Yadernaya geofizicheskaya Vazvedka p. 66-69, Moskva Atomizdat 1972.

4. Klines, A.; O. Suárez; A. Mesa y Peña

Suelos de Cuba. T.2. Cap. VIII, Editorial Orbe, Ciudad Habana, 1980.