

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE DISTRIBUCION
ENTRE SUELO Y CESIO-137**

**Samuel Tejeda V; Maximiano Hernández P.
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
Centro Nuclear Dr. Nabor Carrillo. Apartado Postal 18-1027
Mártires de la conquista y Carlos Zetina Col. Escandón.
México, D.F. C.P. 11801. Tel. y Fax: 5-21-99-71**

RESUMEN.

La interacción de un radionúclido con el suelo se puede representar usando el coeficiente de distribución (K_d), que se define como la concentración de soluto en una fase absorbadora dividida por la concentración del soluto en solución, es decir, que el valor de K_d de un radionúclido representa la partición del soluto, entre el sólido y la solución.

El propósito de este trabajo fue determinar el coeficiente de distribución de cesio-137 ($Cs-137$) en suelo superficial del Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos de México (CADER). El experimento se realizó usando un método estático, en el que a una muestra de suelo se le adicionó una solución de $Cs-137$ con una actividad de aproximadamente 100 Bq. Los resultados obtenidos de K_d para $Cs-137$, van desde 144 hasta 660 ml/g. Adicionalmente se determinaron otros parámetros fisicoquímicos como pH, densidad, acidez intercambiable y granulometría.

INTRODUCCION.

Los sitios para la disposición de desechos no deben ser vistos tan sólo como un simple proceso de aislamiento de los desechos radiactivos, sino como una defensa contra los riesgos de dispersión, por lo tanto, los sitios propuestos para el depósito de desechos radiactivos requieren una evaluación cuidadosa para garantizar que los elementos en juego no aparezcan en la biósfera en cantidades tales que representen un riesgo biológico.

Las propiedades fisicoquímicas del suelo son muy importantes para definir, si un suelo puede ser útil para la disposición de desechos, ya que determinan aspectos como circulación, propiedades de adsorción, disipación de calor, grado de aislamiento, etc.

El tiempo de transporte y la concentración de radionúclidos con su entorno y como migra de su contención, esta interacción ha sido representada usando el coeficiente de distribución (K_d). El valor de K_d para un radionúclido representa la partición del soluto (en este caso el $Cs-137$) entre el sólido y la solución, esto es aplicable a reacciones de equilibrio, como la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Es importante conocer el coeficiente de distribución del Cs-137 en suelo del Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos de México (CADER), y con ello obtener un valor importante para conocer la capacidad del suelo para retener este radionúclido ante una posible liberación del Cs-137 almacenado en los contenedores del CADER.

El método estático para determinar Kd, donde el retardo del cesio en el suelo con respecto a la velocidad de agua, solo se debe a procesos reversibles de adsorción por los componentes del suelo. Esto se realiza experimentalmente por la agitación de una cantidad conocida de suelo, con una solución que contiene el radionúclido de interés. Una vez que se establece el equilibrio, se calcula el valor de Kd de acuerdo a la ecuación siguiente:

$Kd = q/c$ donde: q = cantidad adsorbida por el suelo
 c = actividad en la solución.

Si asumimos que el comportamiento de adsorción cromatográfica es ideal, el valor de Kd, puede ser relacionado con el factor de retardo Rd de acuerdo a:

$$Rd = 1 + d Kd / G$$

donde d es la densidad del suelo seco y G es su contenido de mezcla volumétrica en cm³ de agua por cm³ de suelo.

Un valor bajo de Kd, significa un factor de retardo bajo, lo cual implica que la velocidad del radionúclido es solo ligeramente retardado con respecto a la velocidad del agua.

EXPERIMENTO

Muestreo de suelo. El sitio fue dividido en siete secciones, de las cuales se obtuvieron dos muestras de cada uno, mediante un nucleador de 20 cm de diámetro interno y 10 cm de altura. El nucleador se colocó sobre una superficie horizontal en el terreno y se extrajo el volumen del suelo correspondiente al nucleador.

Determinación del coeficiente de distribución. Las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente y se eliminó el material orgánico muy grueso como trozos de raíces, hojas, insectos, etc. Posteriormente se homogeneizaron y tamizaron en malla de 2X2 mm. Se pesaron 10 g de suelo y se colocaron dentro

de un vial de polietileno, al cual se le adicionó la solución estándar de Cs-137 con una actividad aproximada de 100 Bq, se le agregó agua desmineralizada y se mantuvieron en egitación durante siete días a una temperatura de 20°C.

Una vez que se estableció el equilibrio se centrifugaron y filtraron las muestras, para finalmente medir la actividad de Cs-137 que quedó en la solución, con lo cual se determinó el valor de Kd de cada muestra.

Determinación de la capacidad de intercambio catiónico. La capacidad de intercambio catiónico de los suelos muestreados se determinó mediante el método de acetato de amonio, que consiste en intercambiar los cationes por el ion amonio del acetato de amonio. Después el suelo saturado de amonio es tratado con 500 ml de KCl 1N, a fin de desplazar los iones NH₄⁺ adsorbidos. El percolado se recoge en un recipiente y se somete a destilación para determinar el NH₄⁺ mediante el método de Kjiendal y calcular la capacidad de intercambio catiónico con la ecuación:

$$CIC = (A * N * 500) / (Al * 100 * W)$$

También se determinó el pH de cada suelo, la densidad mediante el método del agua y la granulometría usando tamices con número de malla de 4 hasta 325.

RESULTADOS

Los resultados de Kd obtenidos van desde 106.0 hasta 660.0 ml/g para las muestras 1A y 1B respectivamente, con lo que se obtiene un valor promedio de 224.7 ml/g, ver los resultados en la tabla No. 1.

El promedio de la capacidad de intercambio catiónico es de 16.6 meq/100 g, con un valor máximo de 18.3 meq/100 g (muestra 5B) y un valor mínimo de 15 meq/100 g (muestra 4A).

El valor de pH de los suelos fluctúa entre 6.4 y 8.0 que define a los suelos como alcalinos, situación que queda confirmada por los resultados de acidez intercambiable que presentó valores de 0.08 meq/100 g para los suelos del punto No. 3 y de 0.1 para el punto No. 4, todos los resultados se muestran en la tabla No. 2

El estudio de granulometría indica que más del 70 % del peso de suelo tiene tamaño de partícula inferiores a 2 mm, es decir, un alto porcentaje de limos y arcillas. Son suelos poco gradados o uniformes que tienen pocos tamaños de grano ya que un alto porcentaje del peso total se encuentra en los tamices 50, 100 y 325.

Tabla 1. Resultados de los coeficientes de distribución para Cs-137 en suelo superficial del CADER.

Muestra No.	Clave No.	Peso suelo g	Actividad Cs-137 Bq	Kd ml/g
1	1A	4.95	102.7	274.5
2	1A	4.95	106.3	143.9
3	1B	4.97	110.3	660.0
4	1B	5.05	113.1	162.6
5	2A	5.01	109.9	150.8
6	2B	4.80	109.4	193.2
7	2B	5.02	106.9	107.0
8	2B	5.01	105.8	106.0
std	patrón	---	1130.5	---

--- No determinado.

Tabla 2. Resultados de las determinaciones de parametros fisicoquímicos de suelo superficial del CADER.

Suelo clave	pH electrom.	Densidad g/cm ³	Acidez intercam. meq/100 g	CIC meq/100 g
1A	6.4	2.3	---	---
1B	6.4	1.8	---	---
3A	7.7	2.2	0.085	---
3B	8.7	2.3	0.045	---
4A	7.0	2.3	0.075	15.5
4B	8.0	2.3	0.115	---
5A	---	---	0.275	---
5B	---	---	---	18.4

--- No determinado.

CONCLUSIONES.

Los valores obtenidos de K_d para el suelo superficial del CADER, no son bajos lo que significa que puede existir un factor de retardo alto, esto a su vez es, una velocidad del radionúclido baja con respecto a la del agua en el suelo.

Con los resultados de K_d se puede estimar la capacidad del suelo para retardar la migración del Cs-137, ante una pérdida de contención en el sitio de confinamiento.

El valor de K_d es útil para examinar la movilidad migratoria del radiocesio, siempre que se tengan los valores de coeficiente de dispersión, velocidad del agua, densidad aparente, gradiente hidráulico.

Los resultados de pH demuestran que los suelos son alcalinos, esto queda confirmado por los resultados de la acidez intercambiable que resultaron valores bajos.

Los suelos son pobremente gradados o uniformes, con pocos con tamaños de grano y un alto porcentaje son menores a 2 mm.

BIBLIOGRAFIA

1. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, CONACYT, Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Mexico, 1987.
2. Marsha I; Donald I; Denis H; Pinawa. Soil nuclide distribution coefficients and their etatistical distributions, Atomic Energy Canada Limited, Pinawa, Manitoba, December 1984.
3. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles vol. 90 n.1, pag 23-37, May, 1981.
4. Nuclear Technology, USA, vol 59 n. 2, pag 291-301, Nov 1982.
5. Health Physics Pergamon Press 1966, vol 12, pag 811-823, printed in Northern Ireland, June 1966.
6. Tanaka T; Sriyotha K; Kamiyama H; Migration behaviour and sorption mechanism of radionuclides in sedimentary sand stones, Japan Atomic Energy research Institute; Tokai, Japan, April 1993.
7. Juan Manuel Cepeda; Química de suelos; Trillas, México, 1991.
8. Jackson M. L; Análisis Químico de Suelos; Barcelona; tercera edicion; 1976.
9. Routson R. C; Barney G. S; Smith R. M; radionuclide Sorption on Low-exchange capacity Hnford Site Soils; Rockwell Handford Operations; Richland, Washington 99352; Commun in soil plat anal, 15(4), 375-400 (1984).
10. Health Physics Pergamon Press, Retention du strontium-90, du calcium-45 et du barium-140 par un oxide d'aluminium de grande surface; vol 12, pag 811-823, 1966.

ABSTRACT

The measurement of distribution coefficient of Cs-137 is currently performed by batch method between radioisotope solution and which was collected from the Mexican Disposal Site, near the town of Maquixco, in the state of Mexico. The Kd values were obtained in activity concentration of Cs-137 of 100 Bq.

The solution is shaken for seven days at 25°C when the maximum amount of radionuclide is absorbed by the soil.

The radionuclide in solution is measured by gamma spectrometry. The results obtained from batch method show that the distribution coefficients were from 144 to 660 ml/g for fine soil particles.

This work is currently done as part of the site characterization studies for the disposal of low level radwaste.