APLICACIONES DEL ^{137}Cs EN EL ESTUDIO DE SUELOS

José Gómez. Jesús Soto
Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria. Santander

INTRODUCCIÓN

El ^{137}Cs, isótopo que no existe de forma natural, se deposita sobre la superficie terrestre procedente de las pruebas nucleares atmosféricas que se desarrollaron desde 1945 hasta la firma de la moratoria en 1964. El ^{137}Cs producido en la explosión atmosférica es inyectado directamente por corrientes ascendentes creadas por la propia explosión en la estratosfera, donde se intercambia lateralmente y se distribuye homogéneamente. Posteriores intercambios verticales transportan el cesio a la misma latitud en la troposfera desde donde tiene lugar la deposición sobre el suelo. Ésta se produce, tanto por vía húmeda como seca, fundamentalmente asociada con partículas de <1 Φm, siendo a partir de 1954 cuando las cantidades depositadas en suelos han sido mensurables. El principal período de deposición se ha establecido para los años 1958 y 1963-64, estimándose las correspondientes dosis efectivas anuales entre 100 y 200 ΦSv. A partir de 1984 los niveles de deposición de ^{137}Cs han estado por debajo del límite de detección y la dosis efectiva anual se ha reducido a 5 ΦSv (UNSCEAR, 1993). Complementariamente al cálculo de las dosis de radiación producidas, las medidas de deposición y distribución espacial y vertical de ^{137}Cs se han utilizado para obtener información y datos cuantitativos sobre los mecanismos de redistribución que afectan al suelo. En este trabajo se han determinado tasas de erosión y sedimentación en un área a partir de las medidas de las concentraciones de ^{137}Cs en una serie de puntos seleccionados previamente.

^{137}Cs EN EL SUELO

La tasa de deposición del cesio está directamente relacionada con la latitud siendo máxima entre 40° y 50° del hemisferio norte. Aunque la deposición se puede considerar como constante en determinadas latitudes para grandes superficies, en áreas limitadas la distribución espacial del ^{137}Cs depositado depende de las características meteorológicas locales. La mayor parte del ^{137}Cs depositado es fuertemente adsorbido por intercambio iónico sobre las partículas del suelo, siendo especialmente rápido sobre materia orgánica y arcillas. Por lo que se refiere al cesio depositado sobre la vegetación, el 93% es lavado por la lluvia y transferido de nuevo al suelo durante el primer año, dado que la absorción directa, incluida por la raíz, por la planta es mínima. De ahí que la dosis efectiva debida a la ingestión de cesio sea pequeña comparada con la debida a la exposición externa que representa un 65% del total. Sin embargo, el contenido de ^{137}Cs en plantas aumenta en suelos con ácidos orgánicos y bajo contenido en arcilla y decrece en presencia de minerales arcillosos. Como la planta no es un absorbente pasivo sino que presenta diferentes afinidades según los iones de los que se trate, se ha comprobado que en este caso la absorción de ^{137}Cs del suelo es

inversamente proporcional a la concentración de K en el mismo suelo. La tasa de migración del radionúclido está limitada por estos procesos de adsorción que pueden ser caracterizados por un coeficiente de distribución que depende de factores tales como la forma físico-química del radionúclido, el tiempo pasado desde la deposición del radionúclido, la solubilidad del cesio en el agua de los poros, la velocidad que alcanza el agua en ellos y sobre todo del tipo de suelo: composición química, tamaño de las partículas y presencia de coloides y microorganismos. (Bunzl,K. 1990). La distribución vertical del cesio depositado en un punto de un suelo no modificado muestra un perfil característico en función de su período de semidesintegración y de la pequeña fracción disponible para la migración vertical . En un suelo que no haya sufrido alteración en los últimos 40 años esta distancia es de 20 a 30 cm y la suma de las concentraciones medidas en cada capa se corresponderá con la deposición total acumulada. A partir de aquí los mecanismos de redistribución del suelo por procesos de erosión y/o sedimentación pueden ser identificados sobre la base del estudio y comparación de los distintos perfiles de ^{137}Cs observados en cada punto de muestra.

MATERIAL Y MÉTODOS

El emplazamiento experimental está situado en el Valle de Arnás, en la zona central de la Depresión del Ebro. El área elegida para desarrollar el método es una ladera en la que se han seleccionado 6 puntos, 2 filas de 3 puntos separados entre sí unos 10 m., tres en la parte de máxima pendiente y tres en la de mínima y procurando registrar los datos sobre el tipo de suelo y vegetación.

Las muestras de suelo se han recogido seccionadas en incrementos de 5 cm, de unos 8 cm de diámetro y con una profundidad de 35 cm en los puntos de máxima pendiente y hasta de 60 cm donde la pendiente cambia o alguna deposición sea probable. Las muestras así obtenidas son llevadas al laboratorio donde se secan en estufa a 40º-50º durante 48 horas. Posteriormente, las muestras se homogeneizan pasándoles por el cedazo de #2 mm y, una vez pesadas, se envasan en un recipiente de 100 cc de capacidad y geometría adecuada a las características del detector.

La determinación de la concentración de ^{137}Cs en las muestras se ha llevado a cabo por medio de una cadena de espectrometría gamma con un detector de Ge ultra puro a partir del fotopico de 661 KeV característico del ^{137}Cs. Con tiempos de recuento de 24 hrs. y para la geometría utilizada el límite de detección se ha estimado en 1 Bq Kgr^{-1} .

El método desarrollado requiere en primer lugar conocer la carga total de ^{137}Cs depositado en el área a estudiar, supuesta ésta no alterada, y considerarla igual a la cantidad total de cesio depositado por "fallout". Para un área determinada basta con suponer una deposición uniforme del ^{137}Cs y realizar medida en un punto donde, por sus características, sea probable que no haya habido modificaciones del suelo y se encuentre lo más cercano posible al lugar de estudio (Navas, A. 1995). Dada la variabilidad espacial que presentan las concentraciones de ^{137}Cs, debido a diferentes tamaños granulométricos, existencia de piedras o vegetación no homogénea, se han

tomado muestras en diferentes puntos y se ha calculado un valor promedio de la carga de cesio para esa área que se denomina perfil de referencia.

En segundo lugar se procede a la determinación de los contenidos de ^{137}Cs en todas las muestras preparadas, obteniéndose los correspondientes perfiles para cada uno de los puntos analizados. De la comparación de estos perfiles con el considerado como de referencia se puede deducir si se ha producido una pérdida o ganancia de cesio. En el primer caso se considera que se han producido procesos de erosión y en el segundo de sedimentación. Dado que estas estimaciones son cualitativas, la obtención de datos cuantitativos sobre erosión y sedimentación a partir de las concentraciones medidas de ^{137}Cs se realiza mediante la aplicación de alguno de los modelos propuestos por diferentes autores (Ritchie et al.;1985). En este trabajo, la correlación entre la distribución de ^{137}Cs en un punto y la tasa de erosión o sedimentación se ha realizado mediante un programa de simulación numérica desarrollado previamente (Soto, J. 1998). En el programa se introducen como datos la carga total de referencia hallada para esa área, la constante de desintegración radiactiva del isótopo en cada capa y para cada intervalo de tiempo y la migración del cesio a capas más profundas. Como ésta depende del tipo de suelo, se parametriza como un coeficiente de intercambio que representa la cantidad de isótopo que pasa de una capa a otra por unidad de tiempo y diferencia de concentración. Toma valores entre 0 y 0,5 en función de la composición de los suelos según sus contenidos en arcilla, limo o arena. También se fijan valores para el espesor de la capa de suelo y para el intervalo de tiempo de resolución del programa. Por último, se introducen diferentes valores de la tasa de erosión o sedimentación del suelo obteniéndose perfiles de la distribución de ^{137}Cs en un punto, en el instante actual, para cada tipo de suelo y para cada tasa de erosión y/o sedimentación. Comparando los perfiles así obtenidos con el hallado experimentalmente para el mismo punto, se puede deducir cual es el valor de la tasa de erosión y/o sedimentación introducido en el modelo teórico que mejor representa los procesos de redistribución que afectan al suelo objeto de estudio.

RESULTADOS

El perfil de referencia de ^{137}Cs para el área de trabajo se ha obtenido midiendo la carga total de cesio en 2 puntos seleccionados separados unos 50 m y aparentemente no disturbados. El valor estimado ha sido de 42 $BqKgr^{-1}$. El promedio de carga total de cesio hallado para los puntos que presentan valores inferiores al de referencia ha sido de 36 Bq Kgr^{-1} y por lo tanto se consideran puntos de erosión; en los puntos considerados como de sedimentación, el promedio de ^{137}Cs calculado ha sido de 70 Bq Kgr^{-1}. Las distribuciones de cesio deducidas mediante el modelo de simulación han resultado ser comparables a las medidas experimentalmente, tal y como queda reflejado en el ejemplo de la Figura 1, en la que se muestra la semejanza de ambos perfiles para un punto de erosión. La tasa de erosión resultante ha sido estimada en 0,036 cm $año^{-1}$, valor relativamente bajo para una zona semiárida y la tasa de sedimentación deducida igualmente es de 0,01 cm $año^{-1}$. Las discrepancias que se observan entre ambos perfiles a

partir de los 20 cm. de profundidad, también observables en los demás puntos medidos, no se han considerado como relevantes dado que los valores de la concentración de cesio medidos a esas profundidades son residuales y cercanos al límite de detección.

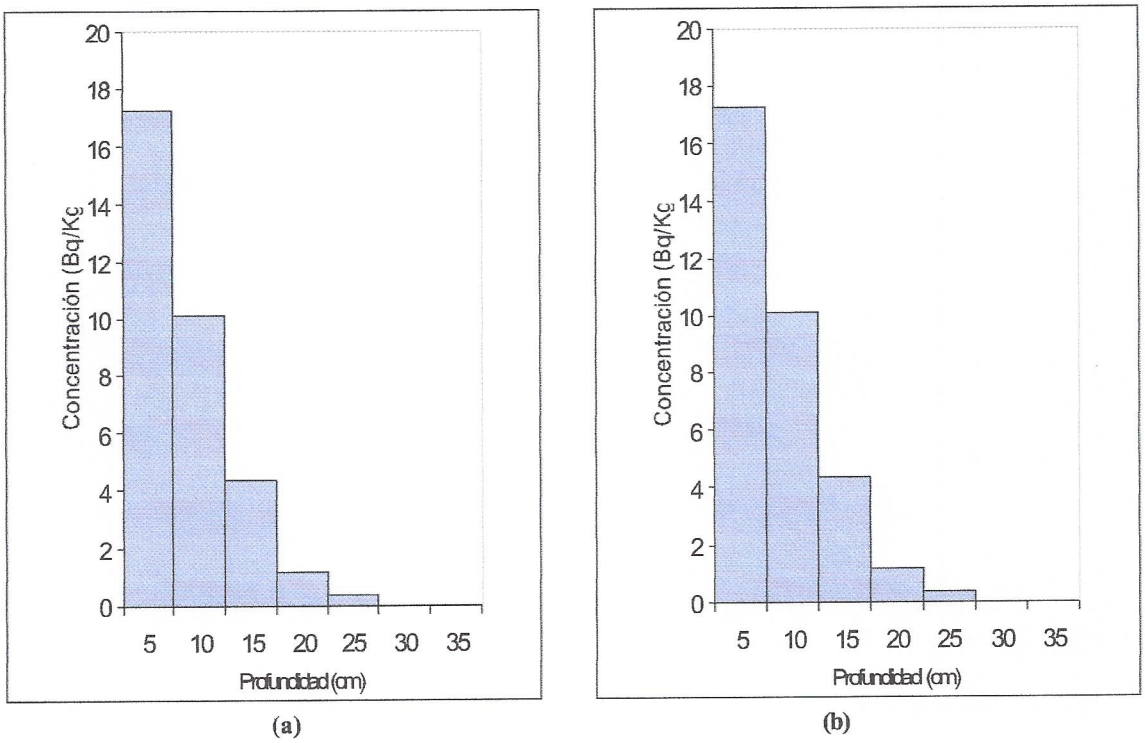

Fig. 1. Perfiles de las concentraciones de ^{137}Cs obtenidos experimentalmente (a) y deducida según el modelo teórico (b) en el punto ACS 55.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bunzl, K. The migration of radionuclides in the soil. In Proceedings of The Second International Summer School, La Rábida, Huelva. Editors:M. Garcia-León and G. Madurga. World Scientific Press. 1990.
2. Navas, A. Cuantificación de la erosión mediante el radiosótopo ^{137}Cs. Cuadernos Técnicos de la S.G.E. Geoforma Ediciones. Logroño, 1995.
3. Soto, J.; Gómez, J.; Modelo de simulación para cuantificación de la erosión mediante ^{137}Cs. I International Symposium on Nuclear and related Techniques in Agriculture, Health, Industry and Environment. La Habana,1997.
4. Ritchie, JC. and McHenry, JR. Application of radioactive fallout ^{137}Cs for measuring soil erosion and sediment acumulation rates and patterns: a review. J. Environ. Qual. 19: 215-233. 1990.
5. UNSCEAR. United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Report to the General Assembly with annexes. United Nations, New York; 1993.