

XXIII Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. La Coruña. Noviembre 1997

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ^{137}Cs EN SUELOS. PARÁMETROS DE INFLUENCIA.

A. Coll ^a, I. Vallès ^a, I. Queralt ^b, F. Gallart ^b, X. Ortega ^a, R. Josa ^b

^a Institut de Tècniques Energètiques. Universitat Politècnica de Catalunya.

Diagonal 647, Barcelona 08028.

^b Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera". Consejo Superior de Investigaciones Científicas

INTRODUCCIÓN

Debido a las explosiones termonucleares (1945-1970) y más recientemente al accidente de Chernobil, se han incorporado al medio ambiente algunos radisótopos, como el ^{137}Cs , que con el tiempo han ido acumulándose sobre la superficie terrestre fijándose a ella en la mayoría de los casos. Al margen de isótopos artificiales también se depositan por "fallout" otros isótopos de origen natural como el ^{210}Pb .

Una vez depositados en la superficie del suelo, estos isótopos sufren diferentes procesos de transporte dependiendo de los tipos de suelo a los que quedan incorporados. Así, la gran superficie específica de la fracción arcillosa facilita la adsorción de algunos de éstos, propiciando su movilidad a través de fenómenos de erosión y sedimentación.

Concretamente en Cataluña, el accidente de Chernobil supuso un importante aporte de ^{137}Cs que afectó en mayor o menor medida, a todo el territorio catalán. Los valores de ^{137}Cs detectados fueron muy variables incluso para zonas muy próximas. La zona de mayor influencia fué la del Pirineo detectándose en ella valores de actividad entre 125 y 4000 Bq/m² (1,2).

Con el objeto de poder evaluar los tiempos de residencia y la distribución de ^{137}Cs y ^{210}Pb incorporado por "fallout" en distintos tipos de suelos, se han llevado a cabo determinaciones de radiactividad en dos entornos distintos: la Estación agrícola experimental de Torre Marimón en Caldes de Montbui (Barcelona) y la cuenca experimental de Vallcebre en el Pirineo Oriental (Barcelona). La principal finalidad del trabajo que se presenta, es la de comparar las distribuciones de radisótopos en dos entornos distintos y su relación con las características físico-químicas del suelo.

DESARROLLO

Áreas de estudio

La cuenca experimental de Vallcebre se halla localizada en la cabecera del río Llobregat, en el Prepirineo oriental. Dicha cuenca hidrológica se halla dividida en diversas subcuencas donde se llevan a cabo, desde hace unos quince años, estudios de los procesos de erosión, de los mecanismos de intercepción hídrica y de procesos de hidrología superficiales. La zona de estudio está situada a unos 1400-1700 m de altitud y su sustrato está constituido mayoritariamente por arcillas esmectíticas (con un contenido de 23-62 % de CaCO_3). Ha estado cultivada hasta los años 40 y, desde entonces, se halla sometida a procesos de reforestación espontánea debido al abandono de las prácticas agrícolas en zonas de montaña (3).

La Estación Agrícola Experimental de Torre Marimón, se halla localizada en la depresión del Vallès-Penedès. Actualmente toda el área se encuentra sometida a cultivos de tipo intensivo. Esta zona está situada a 150-250 m de altitud y el sustrato que la constituye está formado principalmente por arcillas de tipo illita.

Muestreo

En cada una de las áreas de estudio se seleccionaron perfiles edáficos de acuerdo con su posición en las cuencas y con el conocimiento de los procesos superficiales previamente estudiados.

De este modo se seleccionaron tres perfiles distintos en la subcuenca de Cal Parisa (área de Vallcebre) atendiendo a los procesos hidrológicos existentes en la zona. El primero de ellos (PFC) localizado en una vertiente de la cuenca con drenaje rápido (pendiente 20°), sin períodos de almacenaje y circulación hídrica subsuperficial. El segundo de los perfiles (DIV) se encuentra en una zona de saturación hídrica sometida a ritmos estacionales de inundación-deseccamiento debido a la falta de drenaje (pendiente 0°). El tercer perfil (SL1) se encuentra en una zona intermedia, medianamente bien drenada, en un nivel topográfico inferior al anterior (pendiente <10°). Los tres perfiles se encuentran en un área de baja vegetación, sin arbolado y de unos 300 m de radio.

Asimismo, en la estación agrícola experimental de Torre Marimón, se escogieron dos perfiles : uno de ellos (TMA) considerando una zona de pérdida de suelo por erosión y el otro (TMC), situado en un nivel topográfico inferior, por ser una zona de acumulación (pendiente 10°, para los dos perfiles). Los dos perfiles están separados entre sí unos 70 m.

En cada uno de los perfiles con área aproximada de 20x20 cm se tomaron muestras en profundidad cada tres centímetros hasta por lo menos 24 cm, siguiendo las recomendaciones y metodología detalladas por Walling y Quine (4).

Metodología analítica

Las determinaciones que se detallan a continuación se realizaron para cada uno de los horizontes del perfil. Para una fracción de la muestra recogida se determina la materia orgánica total considerando la pérdida de peso a 500°C. El resto de la muestra se seca al aire y se tamiza a través de una malla de 2mm de luz. La fracción inferior a 2mm se seca a 105°C durante 18 horas y parte de ella se coloca en recipientes de 100 ml y se realiza el análisis de los emisores gamma con un detector de semiconductor de Ge(Intrínseco) que tiene una eficiencia del 20 % y una resolución para el pico de 1.33 MeV del ⁶⁰Co de 2 keV, calibrado previamente. Se ha determinado la actividad en Bq/kg de : ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ⁴⁰K, ²³⁸U, ²²⁸Ac, ²³²Th y ²²⁶Ra. El ²¹⁰Pb incorporado por "fallout" (²¹⁰Pb-i) se calcula por diferencia entre la actividad del ²¹⁰Pb y la del ²²⁶Ra.

Se ha realizado también la granulometría húmeda utilizando un equipo de difracción laser (Malvern MaterSizer) a partir de una fracción de la muestra tamizada por debajo de las 500 micras. La determinación del pH de cada perfil se ha llevado a cabo realizando una mezcla en una proporción 1/2.5 (peso suelo/volumen H₂O).

RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta la actividad total de ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb-i y ⁴⁰K para los distintos perfiles estudiados.

PERFIL	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/m ²)	²¹⁰ Pb-i (Bq/kg)	²¹⁰ Pb-i (Bq/ m ²)	⁴⁰ K (Bq/kg)
PFC	306	7650	260	6500	410
DIV	158	3950	238	5950	2785
SL1	209	5225	295	7375	2290
TMA	15	375	6	150	3829
TMC	56	1400	46	1150	5398

Tabla-1. Inventario total de la actividad encontrada en los suelos estudiados.
(Fecha de referencia diciembre 1996.)

Para los suelos SL1 y PFC de la zona de Vallcebre se ha detectado actividad de ¹³⁷Cs hasta 24 cm de profundidad mientras que para el suelo DIV se encuentran valores medibles de actividad por debajo de los 30 cm. La distribución de actividad en los tres primeros horizontes es muy distinta para los tres perfiles, con valores que varían desde 20 Bq/kg en DIV hasta 130 Bq/kg en PFC (Fig.1).

En los suelos TMA y TMC de la zona de Torre Marimón se han detectado valores de actividad de ¹³⁷Cs muy inferiores a los de Vallcebre, encontrándose en el primer horizonte concentraciones de 5 y 6 Bq/kg para TMA y TMC respectivamente (Fig.2).

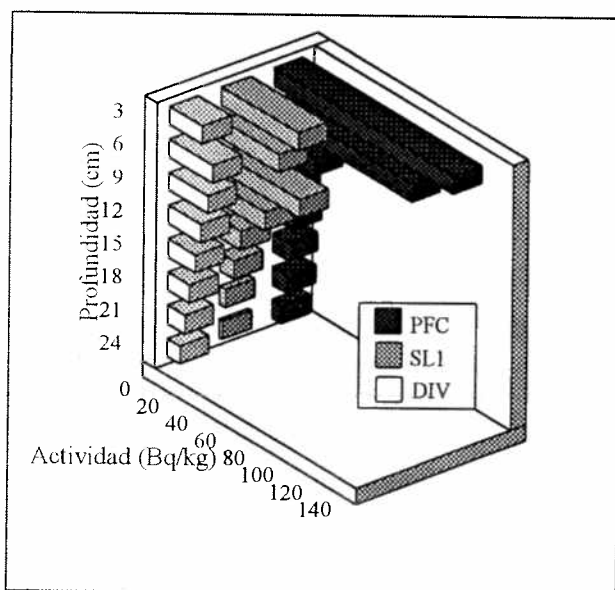


Fig.1. Actividad de ¹³⁷Cs detectada en los tres perfiles de la zona de Vallcebre.

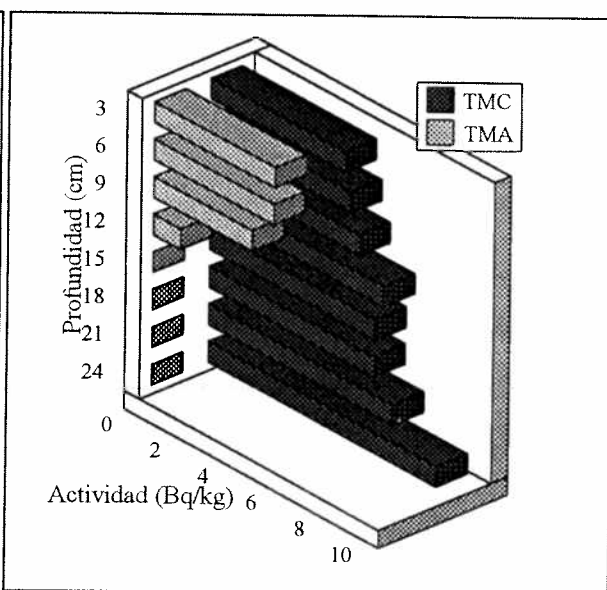


Fig.2. Actividad de ¹³⁷Cs detectada en los dos perfiles de zona de Torre Marimón.

Referente a la actividad de $^{210}\text{Pb-i}$, se han detectado actividades en el primer horizonte de 130, 150 y 50 Bq/kg para SL1, PFC y DIV respectivamente, y por otra parte de 5 y 7 Bq/kg para los suelos TMA y TMC respectivamente.

Asimismo, se ha definido el factor Pm o profundidad media de penetración de los radisótopos en el perfil:

$$Pm \equiv \frac{\sum_{\text{horizontes}} \text{profundidad horizonte (cm)} \times \text{actividad del horizonte (Bq / kg)}}{\sum_{\text{horizontes}} \text{actividad del horizonte (Bq / kg)}}$$

Este parámetro se ha calculado para el caso del ^{137}Cs y del $^{210}\text{Pb-i}$ en cada perfil, encontrándose valores muy similares para los dos radisótopos. En todos los casos, como se observa en la figura 3, el valor de Pm del $^{210}\text{Pb-i}$ es ligeramente inferior al del ^{137}Cs .

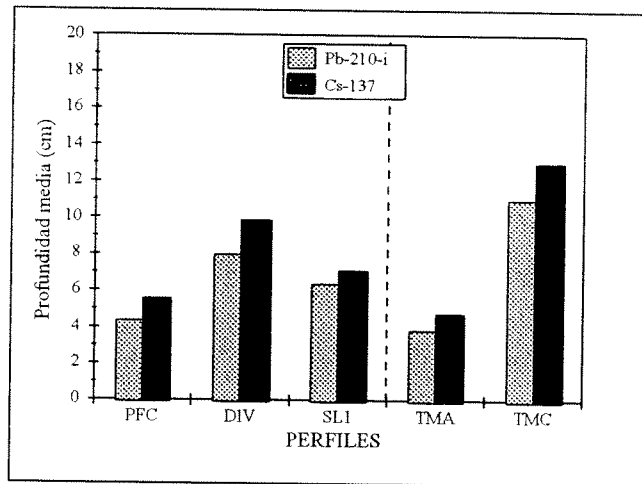


Fig.3. Profundidad media (cm) del ^{137}Cs y del $^{210}\text{Pb-i}$ en los perfiles analizados.

De los tres perfiles de la zona de Vallcebre cabe destacar que los valores de Pm de ^{137}Cs y de $^{210}\text{Pb-i}$ son más elevados para el suelo DIV debido posiblemente a procesos rítmicos de saturación hídrica de la zona (5).

En los dos perfiles estudiados en Torre Marimón se observan valores de Pm muy diferentes de ^{137}Cs en los suelos TMA i TMC con valores de 5 y 13 cm respectivamente. Esta diferencia puede asociarse a los procesos de erosión considerando que el suelo TMA está en una zona que favorece la pérdida de suelo por erosión mientras que el suelo TMC se encuentra en una zona de acumulación.

Por otra parte, para caracterizar los distintos suelos se han determinado diferentes parámetros como son: pH, densidad aparente, contenido en materia orgánica (M.O.) y distribución granulométrica por debajo de 0.2 mm (tabla-2).

SUELOS	pH	Densidad aparente (g/cm ³)	M.O. (%)	Arena > 63 μm (%)	Limos 63-20 μm (%)	Limos-arcilla 20-5 μm (%)	Arcilla < 5 μm (%)
<i>PFC</i>	7.2	0.8	7.5 (15-7)	16.8 (24-13)	38.5 (41-35)	31.3 (35-27)	12.9 (16-8)
<i>DIV</i>	8.1	0.9	9.6 (21-7)	11.4 (23-6)	31.8 (36-26)	40.9 (49-31)	15.3 (20-10)
<i>SL1</i>	7.6	0.9	10 (18-10)	12.5 (16-9)	26.8 (31-24)	38.2 (40-37)	20.8 (26-18)
<i>TMA</i>	7.8	1.2	2.4 (3-2)	6.5 (9-4)	24.4 (27-21)	48.5 (49-48)	20.0 (22-19)
<i>TMC</i>	8.7	1.2	3.6 (5-3)	11.7 (13-11)	26.8 (30-23)	46.3 (48-45)	13.5 (17-11)

Tabla-2. Características físico-químicas de los suelos estudiados.

(*) En negrita se presenta la media de los valores de los distintos horizontes del perfil y entre paréntesis los valores máximo y mínimo.

Valorando la granulometría, resumida en la tabla 2, no parece haber correlación de ésta con la distribución de ^{137}Cs en los distintos perfiles a excepción del suelo DIV.

En la figura 4 se presenta, para el perfil DIV, la relación entre la actividad de ^{137}Cs y el tamaño de partícula en los distintos horizontes. Se observa una relación directa entre la radiactividad de este isótopo y el contenido de

partículas finas (arcilla < 5 μm) y por el contrario una relación inversa con la proporción de partícula más gruesa (arenas > 63 μm). La bibliografía al respecto también asocia mayor retención de ^{137}Cs a las partículas finas como las arcillas (6).

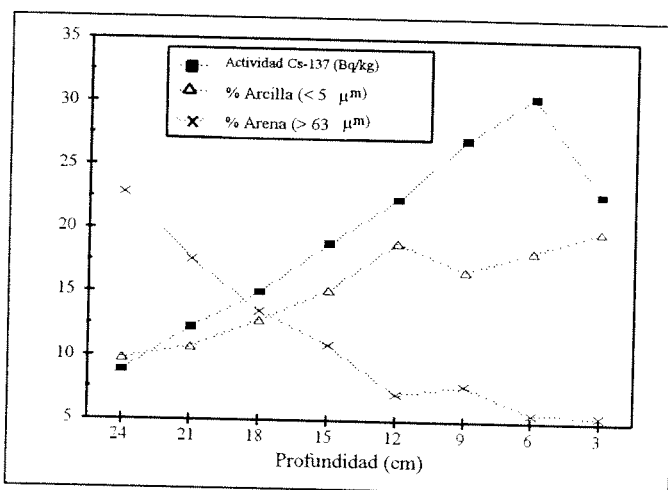


Fig.4. Relación entre la actividad de ^{137}Cs determinada en el suelo DIV y el porcentaje de arcillas y arenas del mismo

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, puede concluirse que en el entorno agrícola (Torre Marimón), principalmente a causa de los trabajos de laboreo, existe una removilización de los isótopos que provoca una diferenciación de los perfiles en zonas de erosión respecto de aquellos que se encuentran en zonas de acúmulo, incluso en perfiles de características muy similares. En entorno seminatural (Vallcebre), con una actividad antrópica menos marcada, la comprensión de los procesos de distribución se hace compleja y necesita del conocimiento de las propiedades físico-químicas del medio.

Para los distintos perfiles se ha observado que tanto el inventario total de la actividad de ^{137}Cs y $^{210}\text{Pb-i}$ como su distribución en profundidad son muy diferentes. Respecto a la distribución en profundidad de la actividad, el valor de Pm (profundidad media) para el ^{137}Cs , en los distintos perfiles estudiados, se encuentra entre 5 y 13 cm. Para el $^{210}\text{Pb-i}$ estos valores son muy similares a los de ^{137}Cs pero siempre ligeramente inferiores.

De los tres perfiles de la zona de Vallcebre cabe destacar que las profundidades medias alcanzadas por el ^{137}Cs y el $^{210}\text{Pb-i}$ son mayores para el suelo DIV, debido posiblemente a la saturación hídrica del suelo. En el mismo perfil se observa una relación directa entre la radiactividad de ^{137}Cs en los distintos horizontes y el contenido de partículas finas (arcilla) y una relación inversa con el contenido de partículas gruesas (arena).

AGRADECIMIENTOS

Las actividades y trabajos de campo del presente estudio se han realizado dentro del proyecto PROHIDRADE (AMB95-0986-C02-01) financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS

- 1- Fortuny, J. Batalla, E. Masalles, I. y Rovira, A. La Surveillance des niveaux de radioactivité dans l'environnement de la Catalogne après l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl. IV Symposium International de Radioecologie de Cadarache. Cadarache 1988
- 2- Ortega, X. y Vallés, I. Contribución a la determinación del impacto radiactivo en Cataluña originado por el accidente nuclear de Chernobil. II Congreso Nacional de Protección Radiológica. Toledo 1987.
- 3- Ministerio del Medio Ambiente. Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y Evaluación de la Erosión y Desertificación : RESEL. Catálogo de estaciones. Proyecto LUCDEME, Dirección General de Conservación de la Naturaleza; p.122. (1996)
- 4- Walling, D. and Quine, T. Use of Caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation: Handbook for the application of the caesium-137 technique. Dep. of Geography Univ. of Exeter. UK Overseas Development Administration Research Scheme R4579, p.196. (1993)
- 5- Rauret, G. y Finsakova, S. The transfer of radionuclides through the terrestrial environment to agricultural products, including the evaluation of agrochemical practices. ISBN92-827-5193-7 Office for Official Publications of the European Communities, 1996.
- 6- Walling, D. and Quine, T. Interpreting particle size effects in the adsorption of ^{137}Cs and Unsupported ^{210}Pb by mineral soils and sediments. Journal of Environmental Radioactivity, vol.30(2), p.117-137. (1996)

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ^{137}Cs EN SUELOS. PARÁMETROS DE INFLUENCIA.

A. Coll ^a, I. Vallés ^a, I. Queralt ^b, F. Gallart ^b, X. Ortega ^a, R. Josa ^b

^a Institut de Tècniques Energètiques. Universitat Politècnica de Catalunya.
Diagonal 647, Barcelona 08028.

^b Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera". Consejo Superior de
Investigaciones Científicas

SINOPSIS

Debido a las explosiones termonucleares (1945-1970) y más recientemente al accidente de Chernobil, se han incorporado al medio ambiente algunos radisótopos, como el ^{137}Cs , que con el tiempo han acabado acumulándose sobre la superficie terrestre. Al margen de isótopos artificiales, también se depositan por "fallout" otros isótopos de origen natural como el ^{210}Pb . Una vez en la superficie del suelo estos isótopos sufren diferentes procesos de transporte vertical (en función de las características del suelo) y horizontal (por erosión o cultivo del mismo) incorporándose finalmente al terreno.

En el estudio llevado a cabo en dos zonas de Cataluña: una de ellas en un área seminatural en el prepirineo (3 perfiles) y otra en un área agrícola en la depresión del Vallès-Penedès (2 perfiles), se ha puesto de manifiesto un comportamiento similar del ^{210}Pb (incorporado por "fallout") y el ^{137}Cs , en relación a la profundidad media alcanzada por estos radisótopos en cada uno de los perfiles.

Por otra parte se han observado diferencias claras en el inventario total de ^{137}Cs entre los distintos perfiles, incluso estando muy próximos entre sí. Las variaciones en las concentraciones de ^{137}Cs no sólo son debidas a redistribuciones del suelo por procesos de erosión (como es el caso de la zona agrícola estudiada donde se distinguen un perfil con pérdida de suelo y uno de acumulación) sino que juegan un papel importante las características físico-químicas del suelo en el punto de muestreo. Concretamente en uno de los perfiles de la zona del prepirineo se ha encontrado relación directa entre el contenido de partículas finas (arcilla) y la actividad de ^{137}Cs , así como una relación inversa con el contenido de partículas gruesas (arena).

STUDY OF THE ^{137}Cs DISTRIBUTION IN SOILS. INFLUENTIAL PARAMETERS.

A. Coll ^a, I. Vallés ^a, I. Queralt ^b, F. Gallart ^b, X. Ortega ^a, R. Josa ^b

^a Institut de Tècniques Energètiques. Universitat Politècnica de Catalunya.
Diagonal 647, Barcelona 08028.

^b Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera". Consejo Superior de
Investigaciones Científicas

ABSTRACT

Due to thermonuclear explosions (1945-1970) and, more recently, to the accident at Chernobyl some radioisotopes have been incorporated into the environment, such as ^{137}Cs which have finally reached the terrestrial surface. Apart from manmade radionuclides there have also been other isotopes, like ^{210}Pb , of natural origin that behave in the same way.

Once on the earth's surface these radionuclides undergo several processes of downward transport (depending on soil characteristics) and horizontal transport (by soil erosion or tilling) until they are incorporated into the soil.

The study was carried out in two areas of Catalonia: one in a seminatural area in the pre-Pyrenees (3 profiles) and the other in an agricultural area in the Vallès-Penedès depression (2 profiles). In this work we have studied the downward migration of ^{210}Pb incorporated by fallout and ^{137}Cs and have found resemblances between them for the mean depth value in each profile.

On the other hand, some differences were found in the total inventory of ^{137}Cs between those profiles which are closely placed. There can be distinguished, in the agricultural zone in question, one profile with soil losses and another profile with accumulating. However not only are there soil redistributions caused by erosion processes responsible for the concentration variations of ^{137}Cs , the physico-chemical characteristics of the soil in the sampling point may also play an important role. Specifically, in one of the profiles in the pre-Pyrenees area there has been found a direct relation between the clay content and the ^{137}Cs activity in the different layers and also an inverse relation with the sand content.