



MX0600288

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

DIRECCION DE SERVICIOS TECNICOS

ANALISIS, METODO Y TECNICAS PARA ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE
CESIO-137 DE SUELO A PLANTAS (MAIZ Y FRIJOL)
(CONTINUACION DEL INFORME TECNICO GSR-91-20)

INFORME TECNICO : IT-GSR-92-11

BIOL. MA. DE LOURDES CERVANTES NARANJO

DEPARTAMENTO DE PROTECCION RADIOLOGICA

GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA

DICIEMBRE DE 1992

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	1
DESARROLLO EXPERIMENTAL	2
RESULTADOS	4
TABLA 1 ACTIVIDAD DE Cs-137/K-40 EN GRANO MAIZ	5
TABLA 2 ACTIVIDAD DE Cs-137/K-40 EN TALLO MAIZ (1991)	6
TABLA 3 ACTIVIDAD DE Cs-137/K-40 EN RAIZ MAIZ (1991)	7
TABLA 4 NUMERO MUESTRAS DE MAIZ PARA 1992	8
TABLA 5 ACTIVIDAD DE Cs-137/K-40 EN HOJA MAIZ (1992)	9
TABLA 6 ACTIVIDAD DE Cs-137/K-40 EN ESPIGA MAIZ (1992)	10
TABLA 7 ACTIVIDAD DE Cs-137/K-40 EN GRANO MAIZ (1992)	11
TABLA 8 FACTOR DE CONCENTRACION SUELO-PLANTA (MAIZ) PARA Cs-137 (1991)	12
TABLA 9 FACTOR DE CONCENTRACION SUELO-PLANTA (FRIJOL) PARA Cs-137 (1991)	13
TABLA 10 COMPARACION DE FACTORES DE TRANSFERENCIA (FC) SUELO--PARTES COMESTIBLES DE MAIZ Y FRIJOL	14
TABLA 11 TASA DE DISCRIMINACION ENTRE Cs-137/K-40 PARA MAIZ (1991)	15
TABLA 12 TASA DE DISCRIMINACION ENTRE Cs-137/K-40 PARA FRIJOL (1991)	16

FIG. No. 1	ACTIVIDAD Bq/kg DE Cs-137 Y K-40	17
	PARA LA ZONA 1.	
DISCUSION		18
CONCLUSION		21
REFERENCIAS		22
AGRADECIMIENTOS		25

INTRODUCCION

En este informe se presentan los resultados completos de transferencia de maíz y frijol, cuyo objetivo es determinar la transferencia de Cs-137 vía: suelo ----> raíz ----> planta, el cual es determinado por los factores de transferencia o factores de concentración (FC), el cual indica la incorporación de Cs-137 a suelo y planta a partir de dos modelos de compartimentos los cuales ya fueron descritos en el Informe Técnico GSR-91-20(1) que antecede a este.

Estos resultados corresponden a lo realizado durante el ciclo agrícola de 1991, así como los primeros resultados correspondientes a 1992 en el Centro de almacenamiento de Desechos Radiactivos.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

La ubicación del terreno, el tipo de siembra y cultivo, muestreo y preparación de muestras así como las mediciones de actividad están descritas a detalle en el Informe Técnico GSR-91-20(1).

Para el período de (1992) se realizó lo siguiente:

- *a) Actividad de Cs-137 y K-40 en grano de maíz (Tabla 1)
- *b) Actividad de Cs-137 y K-40 en tallo de maíz (Tabla 2)
- *c) Actividad de Cs-137 y K-40 en raíz de maíz (Tabla 3)
- *Correspondientes al ciclo de siembra de 1991.
- d) Número de muestras colectadas para maíz (Tabla 4)
correspondientes al ciclo de siembra de 1992
(en proceso de conteo y análisis)
- e) Actividad de Cs-137 y K-40 en hoja de maíz (Tabla 5)
- f) Actividad de Cs-137 y K-40 en espiga de maíz (Tabla 6)
- g) Actividad de Cs-137 y K-40 en grano de maíz (Tabla 7)

Con las mediciones de actividad se determinó el factor de concentración (FC) de Cs-137 para las partes vegetales de maíz (Tabla 8) y frijol (Tabla 9).

El (FC): suelo ---> vegetal, se expresa como:

$$FC = \frac{\text{Actividad/Unidad peso seco del vegetal}}{\text{Actividad/Unidad peso seco del suelo}}$$

La tasa de discriminación entre cesio y potasio es expresada como:

$$TD = \frac{\text{Concentración Cs-137}}{\text{Concentración K-40}} \text{ (Tabla 10 y 11)}$$

La tasa de discriminación entre cesio y potasio es expresada como:

TD = Concentración Cs-137/Concentración K-40 (Tabla 10 y 11)

RESULTADOS

Los resultados completos correspondientes al año 1991 se refieren a los factores de Concentración (FC) en partes vegetales de maíz y frijol en base seca y a la tasa de discriminación (TD) de la relación metabólica Cs-137 y K-40, y a mediciones de actividad de muestras de suelo y partes vegetales de maíz (hoja y grano) correspondientes a 1992 expresados por unidad de masa de la planta (Bq/kg) en base seca en términos de Cesio-137/Potasio-40.

Las actividades y factores de concentración de cada zona de muestreo y tipo de muestra se presentan en las Tablas No. 1 al 9 y figura No. 1, la tasa de discriminación (TD) en la Tabla No. 11 y 12.

TABLA 1
ACTIVIDAD RADIOCESIO-137 Y POTASIO-40 EN GRANO DE MAIZ
MUESTREADAS EN ENERO 1992

PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD (Bq/kg)*	
	Cs-137	K-40
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	7.9 ± 4.2%	117.7 ± 4.0%
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	0.2 ± 7.4%	147.3 ± 3.6%
ZONA 3 3-(A, B, C, D)**	< 0.2	162 ± 3.6%
ZONA 4 4-(A, B, C, D)**	< 0.4	156.3 ± 4.0%

* BASE SECA

** MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)
 TODOS LOS RESULTADOS REPORTAN 2 S.D.

TABLA 2
ACTIVIDAD RADIOCESIO-137 Y POTASIO-40 EN TALLO DE MAIZ
MUESTREADAS EN ENERO 1992

PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD (Bq/kg)*	
	Cs-137	K-40
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	2.3 ± 22.2%	652.3 ± 3.8%
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	3.1 ± 17.9%	745.1 ± 4.0%
ZONA 3 3-(A, B, C, D)**	1.7 ± 14.7%	728.3 ± 3.7%
ZONA 4 4-(A, B, C, D)**	1.3 ± 22.2%	653.5 ± 3.7%

* BASE SECA

** MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D).

TABLA 3
ACTIVIDAD RADIOCESIO-137 Y POTASIO-40 EN RAIZ DE MAIZ
MUESTREADAS EN ENERO 1992

PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD (Bq/kg)*	
	Cs-137	K-40
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	1131.8 ± 3.5%	393.3 ± 5%
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	71.1 ± 3.5%	26.4 ± 4.8%
ZONA 3 3-(A, B, C, D)**	28.2 ± 4.4%	411.6 ± 4.4%
ZONA 4 4-(A, B, C, D)**	54.8 ± 3.5%	340.7 ± 3.6%

* BASE SECA

** MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)
 TODOS LOS RESULTADOS REPORTAN 2 S.D.

TABLA 4
NUMERO DE MUESTRAS COLECTADAS (MAIZ)
DURANTE EL ESTUDIO EN 1992.

LUGAR	SITIOS DE MUESTREO	NUMERO DE MUESTRAS					
		SUELO	RAIZ	TALLO	HOJA	ESPIGA	MAIZ
CADER MAQUIXCO	4	11	9	11	15	2	8

NOTA: MUESTRAS COLECTADAS Y PREPARADAS PARA EL SEGUNDO PERIODO DE TRANSFERENCIA.
 NO SE COSECHO MUESTRA DE FRIJOL.

TABLA 5
ACTIVIDAD CESIO-137 Y POTASIO-40 EN HOJA DE MAIZ
MUESTREADAS EN SEPTIEMBRE DE 1992

PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD (Bq/kg) *	
	Cs-137	K-40
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	45.86 ± 20%	483.23 ± 9%
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	< 0.3	66.7 ± 3.5%
ZONA 3 3-(A, B, C, D)**	15.4 ± 3.5%	2396.8 ± 3.7%
ZONA 4 4-(A, B, C, D)**	2.8 ± 1.8%	714 ± 3.7%

* BASE SECA

** MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)
 LOS RESULTADOS REPORTAN 2 S. D.
 SEGUNDO CICLO.

TABLA 6
ACTIVIDAD DE CESIO-137 Y POTASIO-40 EN ESPIGA DE MAIZ
MUESTREADAS EN OCTUBRE DE 1992

PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD (Bq/kg) *		
	Cs-137	K-40	
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	75 ± 3.8%	474.1 ± 4%	117 gr
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	3.1 ± 8.3%	591.3 ± 3.5%	115.5 gr

* BASE SECA

** MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)
 LOS RESULTADOS REPORTAN 2 S.D..

TABLA 7
ACTIVIDAD DE CESIO-137 Y POTASIO-40 EN BRANCO DE MAIZ
MUESTREADAS EN NOVIEMBRE DE 1992

PUNTOS DE MUESTREO	ACTIVIDAD (Bq/kg)*		
	Cs-137	K-40	
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	5.6 ± 3.9%	159 ± 3.6%	387 gr
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	< 0.2	195 ± 3.6%	378.9 gr
ZONA 3 3-(A, B, C, D)**	< 0.4	20.2 ± 11.0%	397.7 gr

* BASE SECA

** MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)
 LOS RESULTADOS REPORTAN 2 S.D.
 SEGUNDO CICLO.
 ZONA 4 EN PROCESO DE ANALISIS.

TABLA 8
FACTOR DE CONCENTRACION SUELO - PLANTA (MAIZ)
PARA Cs-137 1991

PUNTOS DE MUESTREO	FC
<u>*ZONA 1</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	 0.2615 4.745 E-04 7.82 E-06 9.984 E-04 3.851 E-05
<u>*ZONA 2</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	 1.816 8.172 E-02 0.3153 2.975 E-03 0.123
<u>*ZONA 3</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	 0.5571 3.753 E-02 0.114 --- 0.384
<u>*ZONA 4</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	 0.9800 2.787 E-02 0.112 --- 1.370 E-02

ZONA 3 Y 4 EN MUESTRAS DE GRANO NO EXISTE FC POR TENER ACTIVIDADES INFERIORES AL LIMITE.

* MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)

TABLA 9
 FACTOR DE CONCENTRACION SUELO-PLANTA (FRIJOL)
 PARA Cs-137 1991

PUNTOS DE MUESTREO	FC	
ZONA 1 1-(A, B, C, D)**	EJOTE 1.2 E-03	SEMILLA 6.6 E-03
ZONA 2 2-(A, B, C, D)**	1.0 E-02	0.1077
ZONA 4 4-(A, B, C, D)**	4.0 E-03	7.0 E-02

*+ MUESTRAS COMPUESTAS POR CUATRO CUADRANTES (A, B, C, D)

TABLA 10
COMPARACION DE FACTORES DE TRANSFERENCIA (FC)
SUELO----->PARTES COMESTIBLES DE MAIZ Y FRIJOL.
SITIOS DE MUESTREO

PLANTA	RUR ¹ 1989	IUR ² 1989	CADER ³ 1991
MAIZ	0.18	0.11	2.9 E-03
FRIJOL	0.09	0.07	0.1077

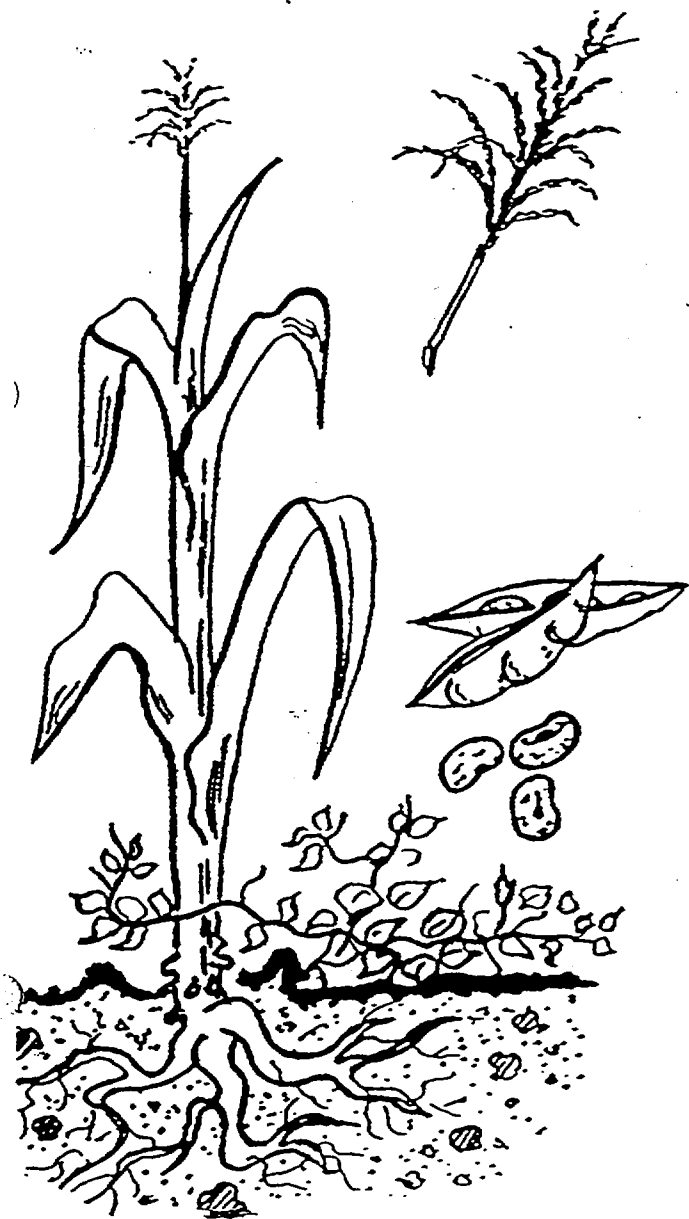
1. RUR. RADIOECOLOGY UNIT RADIATION SWITZERLAND.
2. IUR. INTERNATIONAL UNION OF RADIOECOLOGISTS.
3. CADER CENTRO ALMACENAMIENTO DESECHOS RADIOACTIVOS.

TABLA 11
FACTOR DE DISCRIMINACION ENTRE CESIO-137/POTASIO 40
PARA MAIZ 1991

PUNTOS DE MUESTREO	TD
<u>ZONA 1</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	2.877 3.52 E-03 0.3472 6.711 E-02 0.2354
<u>ZONA 2</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	2.693 4.160 E-03 0.021 1.357 E-03 8.175 E-03
<u>ZONA 3</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	6.851 E-02 2.33 E-02 1.28 E-02 1.23 E-03* 2.45 E-02
<u>ZONA 4</u> RAIZ TALLO HOJA GRANO ESPIGA	0.1608 1.98 E-03 2.32 E-02 2.55 E-03* 5.13 E-03

TABLA 12
TASA DE DISCRIMINACION ENTRE CESIO 137/POTASIO 40
PARA FRIJOL 1991.

PUNTOS DE MUESTREO	TD
<u>ZONA 1</u> EJOTE SEMILLA	5.6 E-02 0.1045
<u>ZONA 2</u> EJOTE SEMILLA	4.6 E-03 8.9 E-03
<u>ZONA 4</u> EJOTE SEMILLA	7.6 E-04 3.6 E-03



		Bq/kg
GRANO MAIZ	Cs-137 K-40	(7.9±4.2%) (117.7±4%)
ESPIGA MAIZ	Cs-137 K-40	(88.4±3.6%) (375.5±3.7%)
HOJA MAIZ	Cs-137 K-40	(65.1±5%) (187.5±4%)
TALLO MAIZ	Cs-137 K-40	(2.3±22.2%) (652.3±3.8%)
EJOTE FRIJOL	Cs-137 K-40	(7.2±4%) (524.4±4%)
SEMILLA FRIJOL	Cs-137 K-40	(54.0±4%) (516.4±4%)
SUELO	Cs-137 K-40	(10,909±4%) (784±21%)
RAIZ	Cs-137 K-40	(1131.8±3.5%) (393.3±5%)

FIG. No. 1 EJEMPLIFICA LA ACTIVIDAD DE Cs-137 Y K-40 CORRESPONDIENTES A CADA MUESTRA DE MAIZ Y FRIJOL DE LOS CUADRANTES A, B, C, D, DE LA ZONA No. 1 DEL CICLO AGRICOLA 1991.

DISCUSION

La transferencia es expresada en factores de concentración (FC) presentados en la Tabla 8 y 9.

Existen variaciones del (FC) en las muestras de maíz y frijol debido a que la transferencia está directamente relacionada con las condiciones ambientales más importantes, las cuales afectan el valor de (FC) principalmente para la relación suelo - vegetal. Las condiciones más importantes son (6):

1. Tipo de suelo y características físico-químicas
2. pH; el cual tiene efectos directos en el movimiento del Cs-137 en suelo y sobre el efecto de incorporación en planta (suelo--->planta) el cual se incrementa cuando el suelo tiene un pH de 7 a 9 y un alto contenido de materia orgánica (10). En el caso de las muestras de suelo en la zona de estudio oscilan entre pH 6.5 a 8 (11).

Además el principal mecanismo de adsorción de Cs-137 sobre el suelo es el intercambio catiónico. (12)

3. Contenido de materia orgánica y nutrientes en el suelo.
4. Condiciones de humedad; cuando es mayor facilita la absorción de elementos por la raíz de la planta, en la zona II y IV de estudio (Tabla 8) el factor de concentración por raíz es

mayor comprando la zona I y III, debido a que éstas son las que mayor humedad guardan a simple vista por encontrarse en zonas de escurrimiento de lluvia.

5. Características de la planta (especie y requerimientos metabólicos).
6. La capacidad de absorción de la raíz al Cs-137 a través de toda la planta.
7. Contenido de arcilla en el suelo y de la concentración del intercambio de iones.
8. Forma química del Cesio-137 y la combinación con los minerales del suelo.
9. Condiciones experimentales practicadas en el campo. En este caso no se utilizó fertilizante orgánico o químico para no alterar el intercambio de iones en el suelo (12).

La comparación de factores de transferencia para las partes comestibles de maíz y frijol se presentan en la (Tabla 10) la cual presenta variaciones amplias en maíz debido a la influencia de las condiciones ambientales específicas en cada sitio de muestreo (6) (17), por lo que no es tan válida la comparación de (FC) con otros valores publicados en la literatura (17).

Los valores de (FC) (Tabla 8 y 9) demuestran que existe transferencia y disponibilidad muy baja (17) de Cesio-137 vía - suelo ---> raíz ---> planta, la cual probablemente absorbe el

Cs-137, por medio de los nutrientes que obtiene la raíz a través de las trampas de aerosoles y por un movimiento de agua alrededor de la planta por una acción capilar (7), (9), ya que el Cesio se encuentra en ejote y semilla de frijol, como en las partes internas y externas del maíz (Tabla 8 y 9). Considerando la similitud metabólica que existe entre Cs-137 y K-40, el K-40 presenta valores altos reflejando la biodisponibilidad baja del Cs-137 (Informe Técnico BSR-91-20) y (Tablas 1, 2 y 3). El K-40 inhibe la asimilación del Cs-137 por las plantas (5).

El cociente o tasa de discriminación (TD) (Tabla 11) indica que el radiocesio es transferido a través del vegetal en cantidades pequeñas por el movimiento del K-40 a través de la planta. El (TD) varía de acuerdo con los patrones de crecimiento de la planta (2), (5).

Este mecanismo metabólico es muy importante porque es lo que marca la pauta para que exista biodisponibilidad del vegetal al Cs-137 y de factores externos como las condiciones ambientales de la zona de estudio, lo que establece estrechamente la "capacidad radiológica" (2) (4) (5) (9) (15) (17).

CONCLUSION

Los datos reportados son de importancia práctica porque están basados en mediciones de suelo y muestras de plantas colectadas en un sembradio con una práctica agrícola normal y no sobre condiciones experimentales controladas. No obstante, los rangos de la actividad de varias partes de la planta son amplias y la variabilidad de los factores de transferencia son altos. Además la alta variabilidad no permite concluir respecto a los (FC) calculados para suelo-planta.

Para este tipo de proyectos donde interactúan varios factores ambientales hay que contar con información suficiente sobre éstos; los ciclos ecológicos de nutrientes y radionucleidos en ecosistemas, el cual es un complejo proceso de políciclos los cuales no pueden calcularse como entidades concentradoras independientes, sino que forman una sola unidad en el ecosistema. (13) (14) (15).

REFERENCIAS

1. Cervantes Naranjo Ma. Lourdes 1991. Análisis, Método y Técnicas para estudio de transferencia de Cesio-137 de suelo a plantas (maiz y frijol). Gerencia de Seguridad Radiológica. ININ: GSR-91-20.
2. Coughtry, P.J., Kirton, J.A. and Mitchell, N.A. The transfer of caesium from root matt and soil to fresch growth in upland pastures exterimental and field observations. ANS Report No. 776-1, Associated Nuclear Services Ltd. Epsom, February 1988.
3. Mc Aulan, I.R., Colgan, P.A. and Moran D. Measurements on retention and transfer characteritics of radiocaesium from poor-quality upland soils to heather and from heather to sheep. Sci. Total Environ. 1989.
4. Couthtry, P.J. and Thorne, M.C. 1983. Radionuclide Distribution and transport in terrestrial and Acuatic Ecosystems. Volume 1 A.A. Balkema, Rotterdam.
5. Kirton, J.A., Coughtry, P.J. and Mitchell, N.A. Transfer of caesium from root matt and soil to fresch growth in upland pastures during spring 1988. ANS Report No. 2107-1 Associated Nuclear Services Ltd., Epsom, September 1989.

6. Jackson D., Jones S.R., Fuiker, M.J. and Coverdale N.G.M., Environmental monitoring in the vicinity of Sellafield following deposition of radioactivity from the Chernobyl accident. J. Soc. Radiol. Prot. 7, 75-87, 1987.
7. Simmonds J.R., Linsley G.S. and Jones J.A. a general model for the transfer of radioactive materials in the terrestrial foodchains (1978). Harwell, NRPB R-89, Londres, HMSO (1979).
8. Livens, F.R. and Loveland, P.J. The influence of soils properties on the environmental mobility of caesium in Cumbria. Soil use and Manage. 1988 4, 69-75
9. Grogan, H.J. Mitchell, N.G. Minski, M.L. and Bell J.N.B. Pathways of radionuclides from soils to wheat. In Pollutant Transport and Fate in Ecosystems, ed P.J. Coughtry, M.N. Martin and M.H. Unsworth, Blackwell Scientific Oxford, 1987.
10. With Report of the IVR Working Group Soil-to-plant Transfer Factors. RIVM, Bilthoven. 1989.
11. GEO-RE, S.A. Centro de Recolección, Tratamiento y Almacenamiento de Desechos Radiactivos de Bajo Nivel. Sta. Ma. Maquixco, Temascalapa, Edo. Méx. México, D.F.
12. Jackson, W.A. D.Craig, and H.M. Lugo. 1965 Effects of Various Cations on Cs Uptake from Soils and Clay Suspensions. Soil Sci. 99;345-353.

13. Witherspoon, J.P. Cycling of Cesium-134 in white oak trees on sites of contrasting soil type and moisture. I 1960 Growing Season. In: First national Symposium on radioecology, Fort Collins, Colorado, September 10-15, 1961. New York: Reinhold Publishing Corp. 1962: 127-132.
14. Tamura, T. Jacobs, D.G. Structural implications of Cesium Sorption. Health Phys. 2:391-398; 1960.
15. Kitchings, T. DiGregorio, D. Van Voris, P.A. review of the ecological parameters of radionuclide turnover in vertebrate food chains. In: Radioecology and energy resources. Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinsonson & Ross, Inc. 1976:304-313.
16. Mc Aulay, I.R. Colgan, P.A. and Moran D. Measurements on retention and transfer characteristics of radiocaesium from poor - quality upland soils to heather and from heather to sheep. Scr. Total Environ 1989.
17. International Union of Radioecologist, Vth Report of the workgroup on Soil-to-plant Transfer Factors, 1987.

AGRADECIMIENTOS.

Se agradece la valiosa colaboración del personal técnico y secretarial del Laboratorio:

Salomón Alvarado Pacheco, Gonzalo Valentín Alejandrez, Ramón Zuñiga Cesareo, Esperanza Quintero Ponce, Samuel Tejeda Vega, Hilario López González y Ma. Antonieta Páez Lara.