

MODELOS DE CONVERSIÓN APLICACIÓN DE TÉCNICAS NUCLEARES PARA EVALUAR REDISTRIBUCIÓN DE SUELO (^{137}CS ; ^{210}PB ; ^7BE)

PROYECTO: Fortalecimiento de capacidades I+P+P para restaurar suelos degradados en la región oeste del Canal de Panamá”.
Programa de Cooperación Triangular con
América Latina y el Caribe

Dr.C. José Luis Peralta Vital
12-16 Enero 2026 (Panamá)

Modelos de conversión

- Permiten realizar la conversión de las mediciones de DSA (Bq/m^2) en tasas de redistribución de suelos (T/ha.año).
- Se seleccionan según las características del área de estudio y la disponibilidad de información.
- Se deben tomar en cuenta sus especificidades durante la interpretación de los resultados.
- Detalles fichero helpfile (modelos).

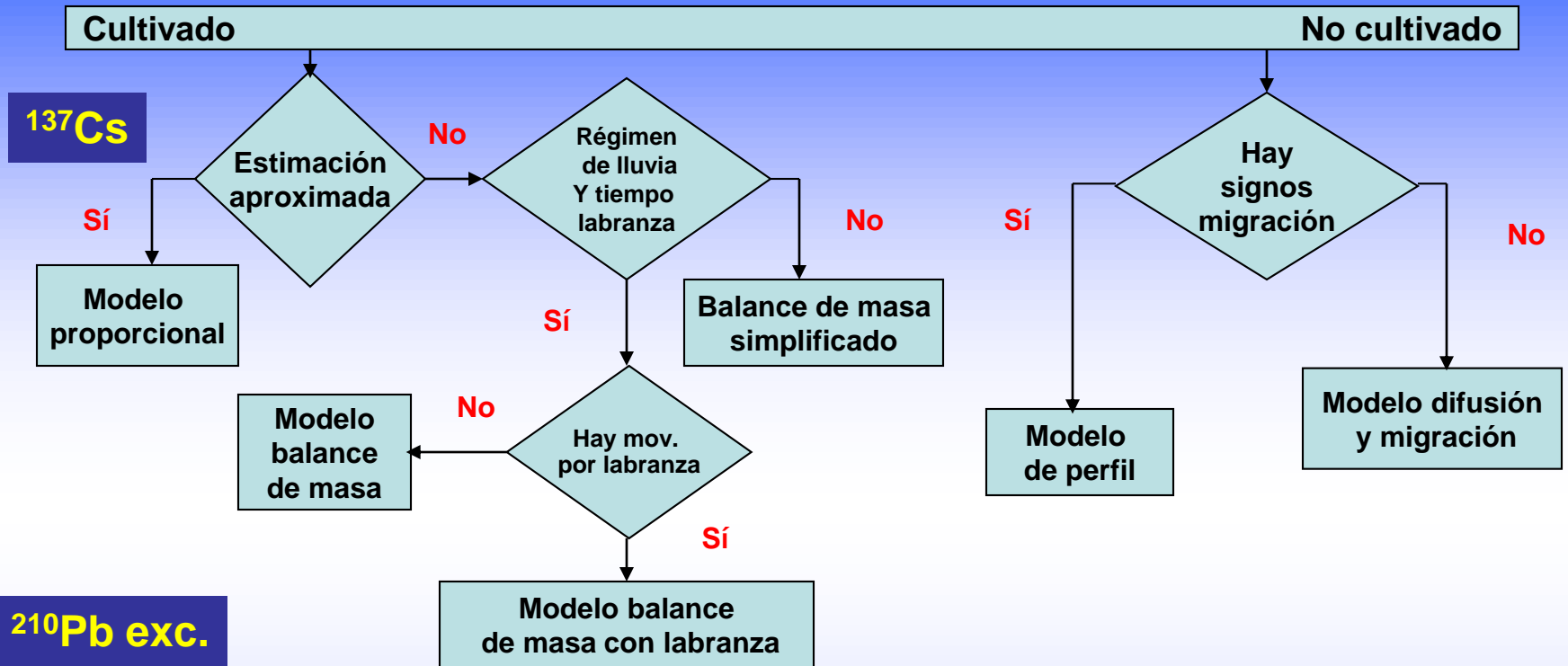
Información necesaria

- Información del lugar de estudio, relieve, geología/suelos, usos de suelo, etc.
- Resultados mediciones DMA (Bq/kg), DSA (Bq/m²), profundidad másica (Kg/m²).
- Precipitación promedio anual (mm).
- Densidad del suelo (Kg/m³).
- Profundidad de la labranza (m).

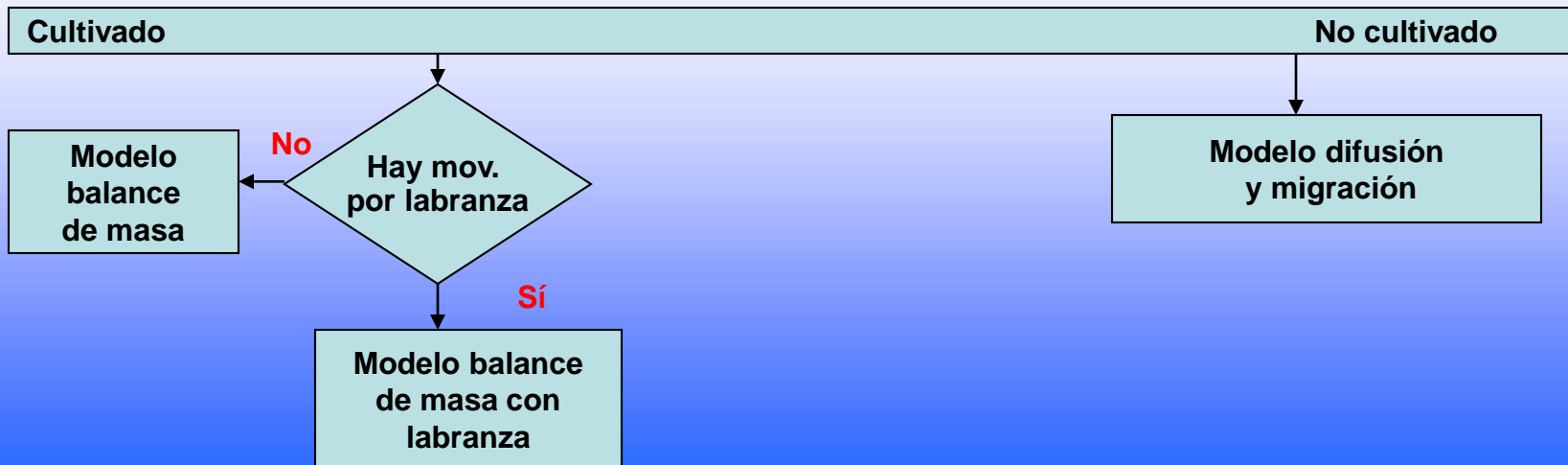
Modelos más utilizados

Rn.	Cultivados	No disturbado
^{137}Cs	<ul style="list-style-type: none">▪ Proporcional▪ Balance de masa simplificado (I)▪ Balance de masa (II)▪ Balance de masa con labranza (III)	<ul style="list-style-type: none">▪ Forma de perfil▪ Difusión y migración
^{210}Pb	<ul style="list-style-type: none">▪ Balance de masa (II)▪ Balance de masa con labranza (III)	<ul style="list-style-type: none">▪ Difusión y migración
^7Be	<ul style="list-style-type: none">▪ Forma de perfil	<ul style="list-style-type: none">▪ Forma de perfil

Guía para la selección de modelos



$^{210}\text{Pb exc.}$



Necesidad de parámetros

Modelos	Parámetros requeridos
Modelo proporcional (Balance de masa simplificado) (BM1)	Profundidad del cultivo, densidad total, año de comienzo del cultivo.
Balance de masa (BM2)	Profundidad del cultivo, año de comienzo del cultivo, factor proporcional, profundidad de relajación, flujo anual precipitación radiactiva.
Balance de masa con cultivo (BM3)	Profundidad del cultivo, constante del cultivo, factor proporcional, profundidad de relajación, pendiente de entrada y salida y su longitud para cada sección de la transecta, flujo anual de la precipitación radiactiva.
Difusión y migración	Coeficiente de difusión, profundidad de relajación, coeficiente de migración, flujo anual de la precipitación radiactiva.
Forma del perfil	Factor de forma del perfil

Comparación entre Rn.

RADINUCLEIDO	^{137}Cs	Excess ^{210}Pb	^7Be
Origen	Prueba de armas nucleares	Geogénico Natural	Cosmogénico Natural
Vida media	30.2 years	22.3 years	53.3 días
Período de tiempo	Since 1954	> 100 years	Días-Meses
Patrón temporal de entrada	Entrada fundamental comenzó en 1954, con picos en 1963 and cesa en 1980s*	Entradas continuas con limitada variación inter-anual.	Entrada diaria se necesita para ser sumado.
Patron global de referencia (inventarios)	Alto en el hemisferio Norte y bajo en el hemisferio Sur	Desconocido en gran medida	Desconocido en gran medida
Distibución en profundidad de los sitios erosionados bajo: (1) cultivos y (2) pastos	(1) Distribution uniform (2) Decaimiento exponencial	(1) Uniform distribution, (2) Exponential decrease	Exponential decrease (both)
Influence cultivos	Posible	Posible	No aplicable
Período de tiempo para estimar tasas de redistribuc. suelos	Promedio anual	Promedio anual	De acuerdo al evento

* Excepción “accidente Chernobil”, el cual causó deposiciones de ^{137}Cs en 1986
OJO: limitado geo-gráficamente

MODELOS (SUELOS CULTIVADOS)

MODELO PROPORCIONAL

Ventajas:

- ✓ Poca información necesaria

Desventajas:

- ✓ Simplificación de la realidad
- ✓ Puede sobreestimar o subestimar la erosión

MBM 1 (SIMPLIFICADO)

Ventajas:

- ✓ Poca información
- ✓ Toma en cuenta la reducción del ^{137}Cs por incorporación de suelo

Desventajas:

- ✓ No toma en cuenta la erosión por cultivo
- ✓ Asume que el total de inventario ocurre en el 1963, es una simplificación

MBM 2 (SIN CULTIVO)

Ventajas:

✓ Más realista toma en cuenta la variación temporal de ^{137}Cs y su distribución en el suelo.

Desventajas:

✓ Mas parámetros a tomar en cuenta.

MBM 3 (CON CULTIVO)

Ventajas:

- Más realista toma en cuenta la variación temporal de ^{137}Cs por el cultivo

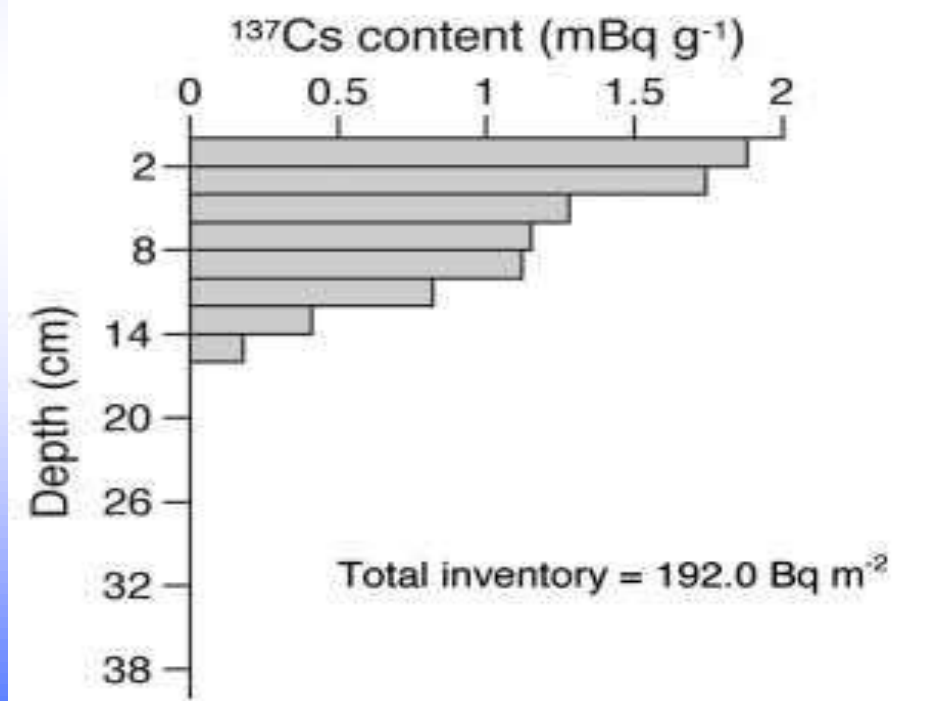
Desventajas:

- Mas parámetros a tomar en cuenta (pendiente, longitud de la pendiente, etc), solo se emplea para **transectas individuales**

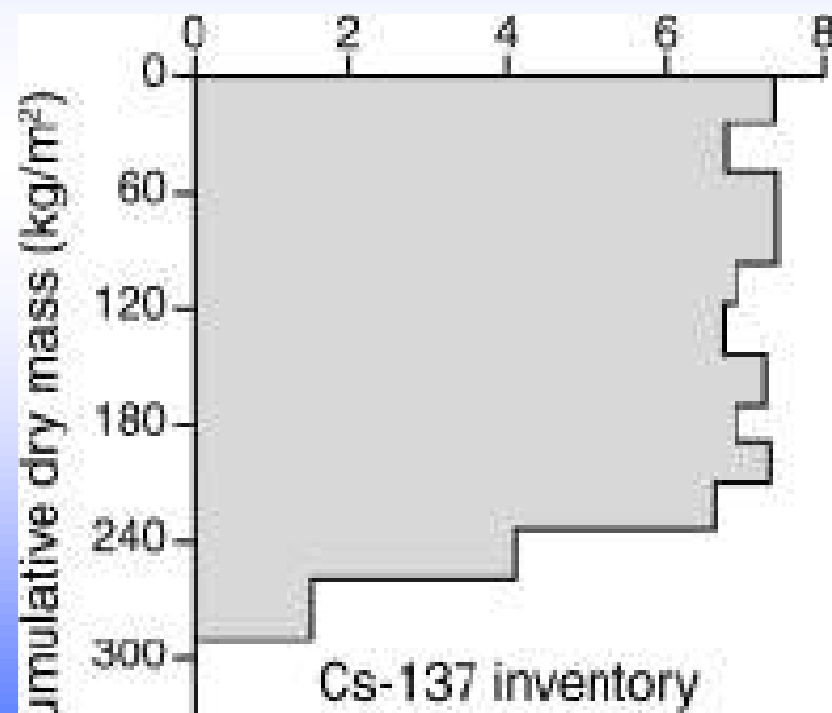
MODELOS (SUELOS NO CULTIVADOS)

MODELOS (SUELOS NO CULTIVADOS)

- Zonas de pastos
- Áreas de cubierta permanente
- Sitios de referencia



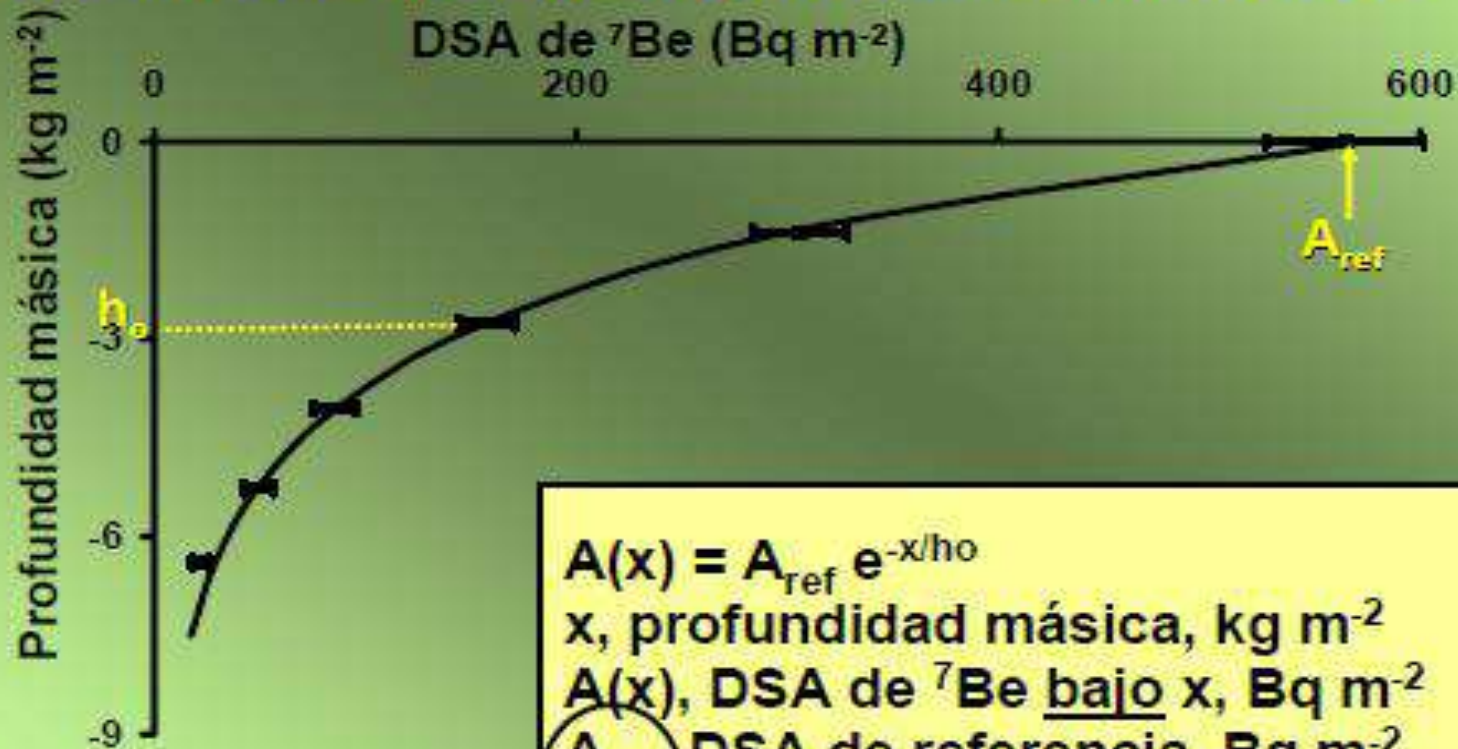
No cultivado



Cultivado

Modelo de perfil (suelos no cultivados-Referencia)

La distribución inicial de la DSA de ${}^7\text{Be}$ (A , Bq m^{-2}) en el suelo decrece exponencialmente en profundidad (x , kg m^{-2}). En el sitio de referencia es afectada sólo por decaimiento radiactivo.



$$A(x) = A_{\text{ref}} e^{-x/h_0}$$

x , profundidad másica, kg m^{-2}

$A(x)$, DSA de ${}^7\text{Be}$ bajo x , Bq m^{-2}

A_{ref} , DSA de referencia, Bq m^{-2}

h_0 , profundidad de relajación, kg m^{-2}

MODELO DE PERFIL (SUELOS NO CULTIVADOS)

Ventajas:

✓ Simple de usar, pocos parámetros necesarios

Desventajas:

✓ Incluye muchas simplificaciones, no toma en cuenta la variación temporal del fallout y la evolución del R_n en el perfil en profundidad después de la deposición.

MODELO DE DIFUSIÓN Y MIGRACIÓN (SUELOS NO CULTIVADOS)

Ventajas:

✓ Toma en cuenta la variación temporal del fallout y la evolución posterior del R_n en el perfil después de la deposición

Desventajas:

✓ Necesario más información Coeficiente de difusión, tasa de migración.

Parámetros principales

- **DSA referencia (Bq/m²)**: Factor crítico, se calcula en el sitio de referencia. El software puede estimarlo (**aproximación**).
- **Factor proporcional (-)**: Toma en cuenta la relación de la lluvia con el tiempo de cultivo. Una sola operación de cultivo y las lluvias fuertes ocurren antes del período de cultivo (1). Sino se aproxima como la relación entre las lluvias fuertes y la lluvia total anual, el software emplea (0.5).
- **Coefficiente de difusión (kg²m⁻⁴yr⁻¹) y migración (kgm⁻²yr⁻¹)**: Son estimados por el programa teniendo la distribución de la profundidad másica (kg/m²) y la DMA (Bq/kg).
- **Profundidad de relajación (kg/m²)**: Son estimados por el programa teniendo la distribución de la profundidad másica (kg/m²), la DSA (mBq/g) y el área de muestreo (m²).

Herramienta disponible

- Modelos de conversión de DSA de ^{137}Cs , ^{210}Pb y ^7Be ((**Bq/m²**) en tasas medias de redistribución de suelo (**T/ha.año**)).

Descarga libre desde el sitio (FAO-IAEA):

<http://www-naweb.iaea.org/nafa/swmn/swmcn-databases.html>

SOFTWARE disponible como un complemento para MS Excel (Addin)

Inventories conversion

Sample inventories

Model Choice

Cs-137
 Pb-210
 Be-7

Proportional model
Mass balance model I
Mass balance model II
Mass balance model III
Profile distribution model

Particle size factor Yes No

Sampling year

Reference inventory

Erosion / deposition rates