GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD | SECRETARÍA DE ESTADO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE AULA DEI

mncn
museonacionaldecienciasnaturales

Técnicas radiométricas en el estudio de la erosión y la redistribución del suelo

Dr Leticia Gaspar

MNCN – CSIC
Departamento de Geología

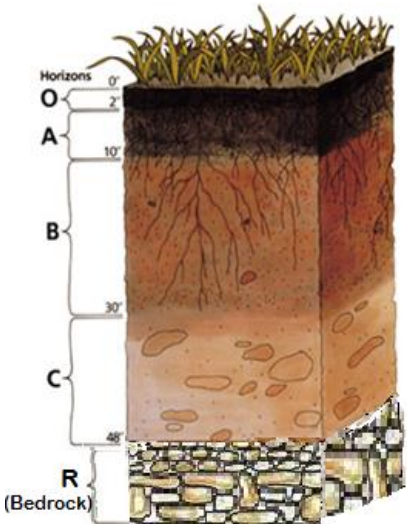
Contrato Programa Post-doctoral 2013
Supervisor Gerardo Benito
Email leticia.gaspar@mncn.csic.es
leticia.gaspar.ferrer@gmail.com

I Jornadas Científicas MNCN
Madrid, 21-22 Febrero 2017

PÉRDIDA DE SUELO EN EL MUNDO

- Las TASAS DE EROSIÓN son 10-20 veces mayores a las TASAS DE FORMACIÓN
- Se superan casi 12 veces las TASAS DE PÉRDIDA DE SUELO SOSTENIBLE
- La degradación del suelo es irreversible a escala humana
- Perdidas anuales

CAMBIO CLIMÁTICO + PRESIÓN ANTRÓPICA = DESERTIFICACIÓN regiones áridas y semiáridas



EL SUELO

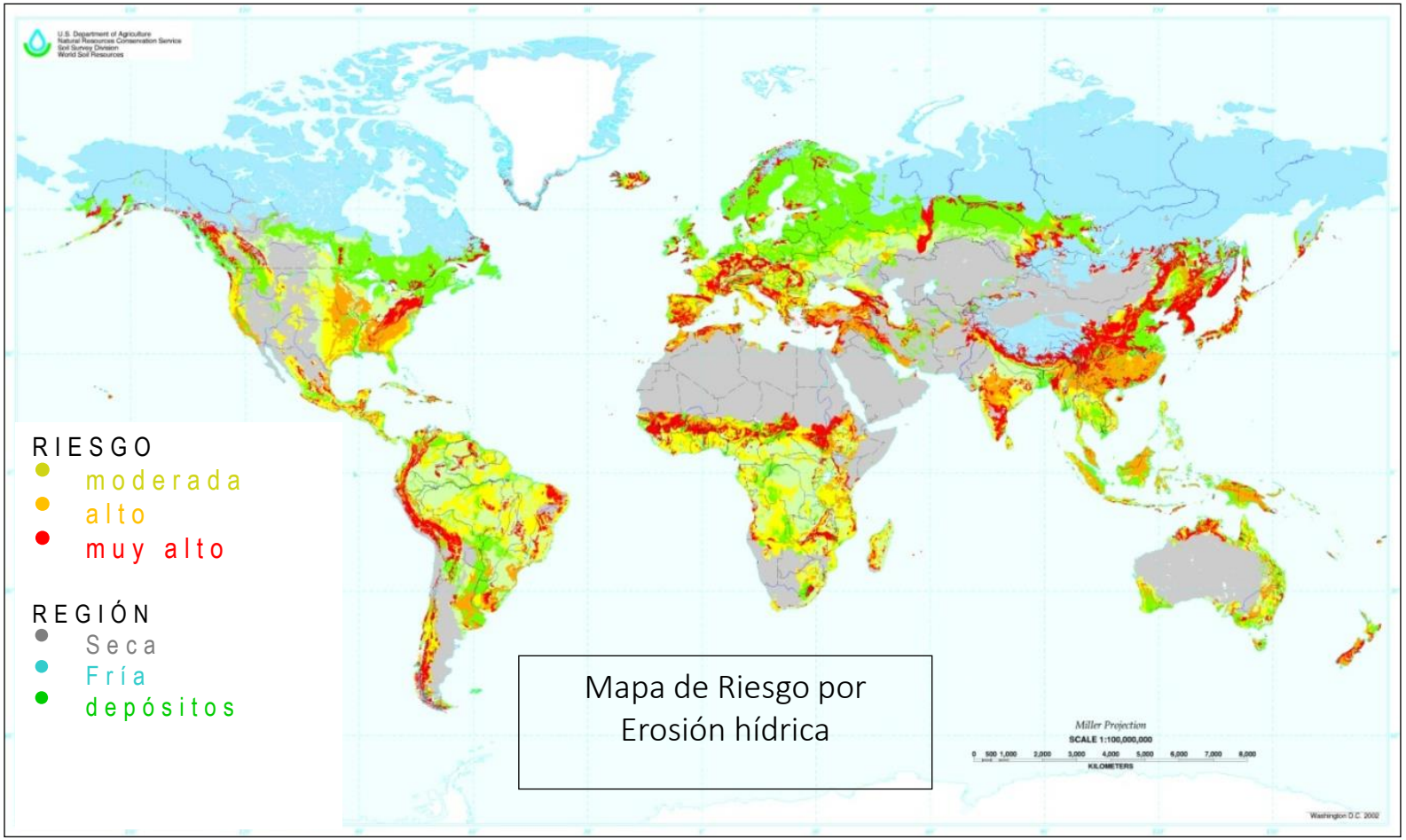
- Recurso limitado y NO renovable

- Suelos con producciones
  - ALTAS 3 %
  - LIMITACIONES MODERADAS 19 %
  - LIMITACIIONES FUERTES 78 %

PÉRDIDA DE SUELO EN EL MUNDO

PROCESOS HÍDRICOS

Responsables del **48 %** de la degradación de tierras áridas



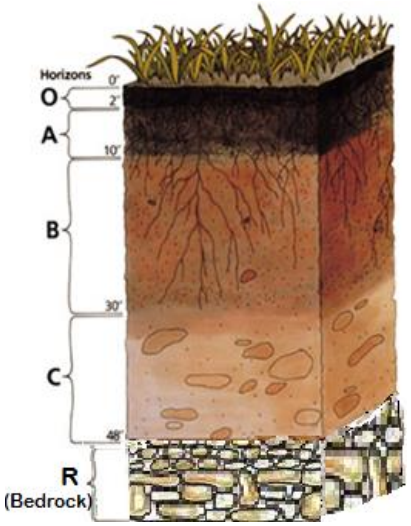
Mapa de Riesgo por Erosión hídrica

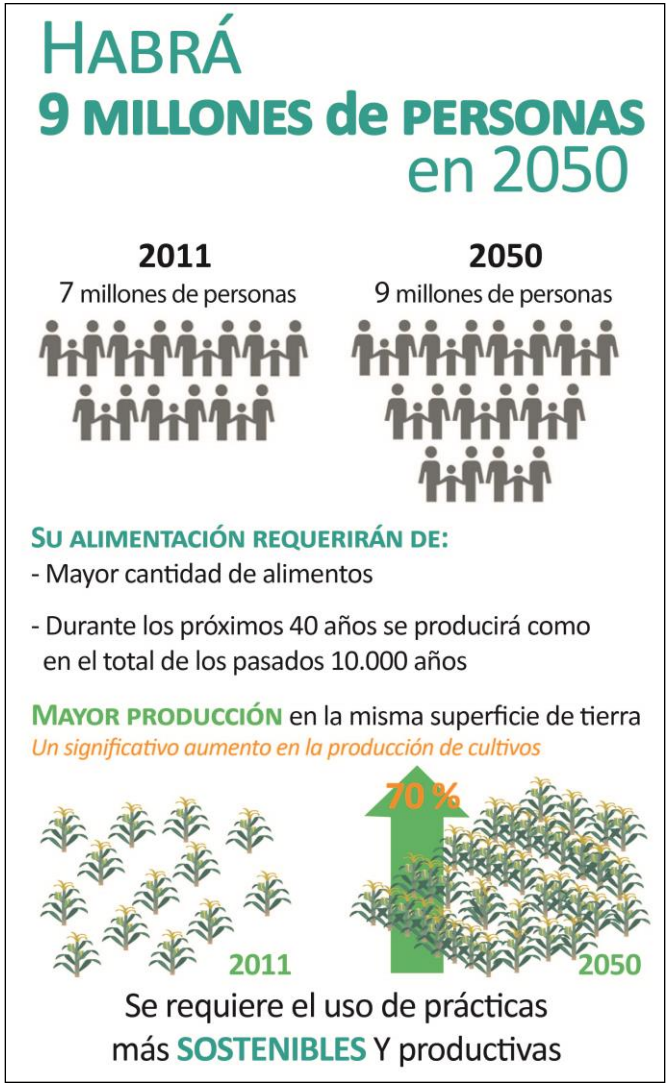
CALIDAD DEL SUELO

La erosión moviliza y transporta las partículas minerales así como los nutrientes, lo que afecta a la fertilidad del suelo y en definitiva a la producción de cultivos

Si en 2050 se duplicará la producción de alimentos

- Preservar los suelos
- Preservar la diversidad edáfica
- Garantizar la seguridad alimentaria
- Mejorar la calidad del suelo





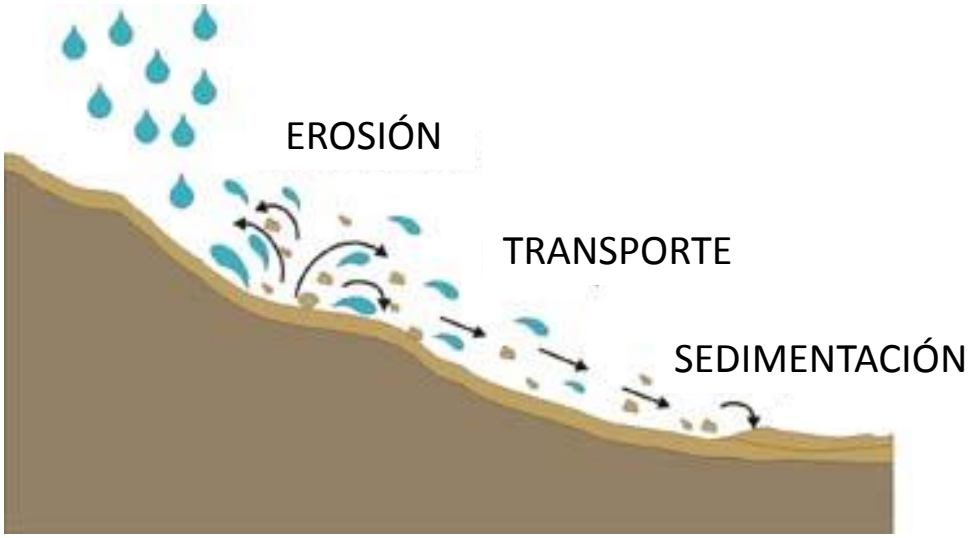
EROSIÓN

- Movilización de las partículas de suelo
- Pérdida de la materia orgánica y nutrientes
- Degradación de la estructura del suelo
- Compactación del suelo

IMPACTOS

SEDIMENTOS - NUTRIENTES - PESTICIDAS

- Se reduce la capacidad productiva del suelo
- Contaminación difusa



OBTENER DATOS DE EROSIÓN

- La **adquisición de datos** reales sobre erosión de suelo es compleja

- Se requiere **conocer la magnitud** de la pérdida de suelo para implementar las medidas de conservación

- Diferentes aproximaciones para el estudio de la erosión del suelo:

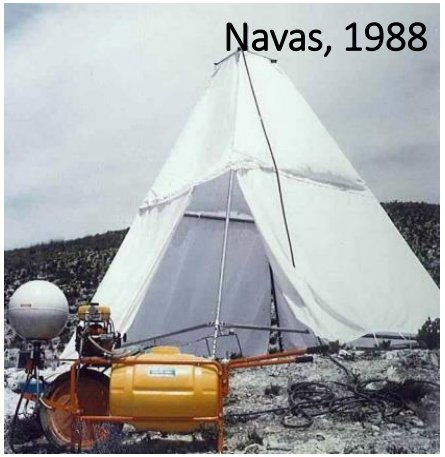
Monitorización de procesos naturales
- Cuencas aforadas
- Parcelas experimentales de erosión

Instalaciones experimentales de campo
- Simulación de lluvia
- Microperfiladores
- Clavos de erosión
- Tazas de salpicadura

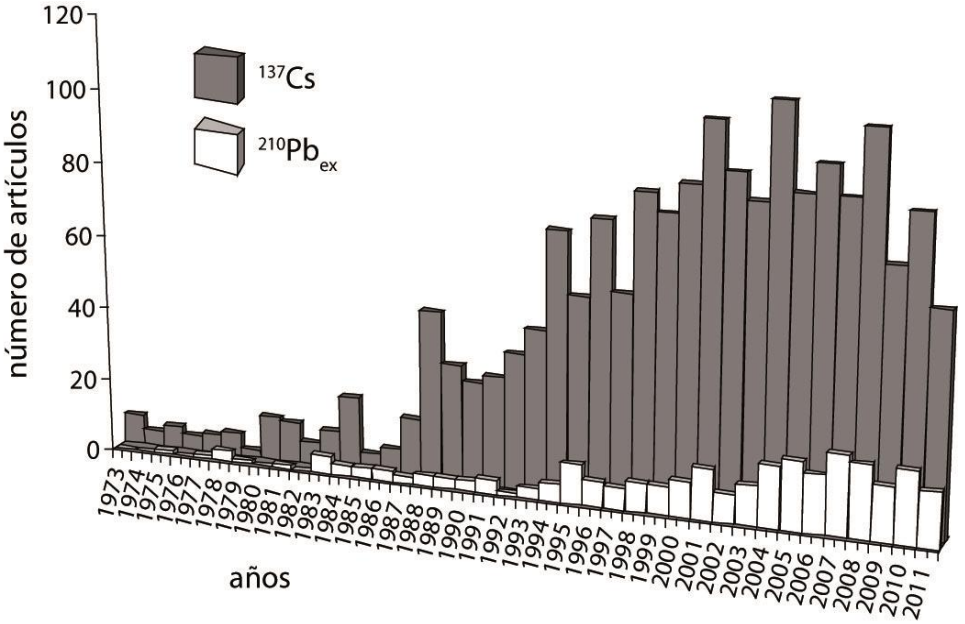
Modelos de predicción: RUSLE | RMMF | WATEM/SEDM
- Ecuación USLE *Universal Soil Loss Equation* A = R K L S C P

LAS **TÉCNICAS RADIOMÉTRICAS** FRN'S (^{137}Cs y $^{210}Pb_{ex}$)

Cuantifican y evalúan el impacto medioambiental de la erosión y la sedimentación del suelo



TÉCNICAS RADIOMÉTRICAS



- La aplicación de ^{137}Cs se inicia a finales 70's
- La aplicación de $^{210}Pb_{ex}$ es más reciente - última década y no aplicado en España

Beneficios:

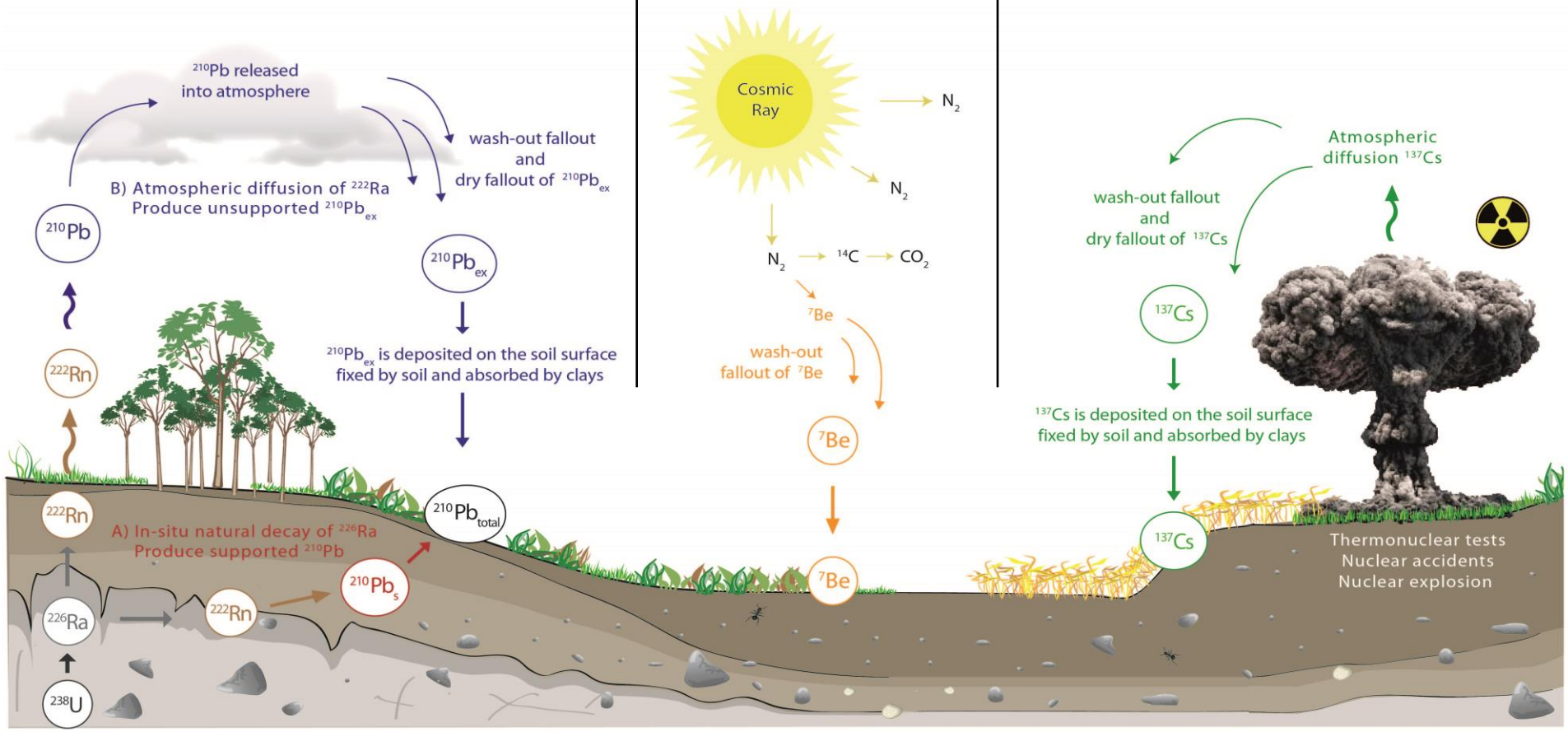
- Medida **puntual** de la erosión / sedimentación del suelo
- Estimación **retrospectiva** de la redistribución del suelo
- Integran los procesos erosivos superficiales que ocurren en un punto
- Diferentes **escalas** temporales
- **No** se necesita mantener instalaciones de **medición** durante **periodos prolongados**

TÉCNICAS RADIOMÉTRICAS

$^{210}Pb_{ex}$

^{7}Be

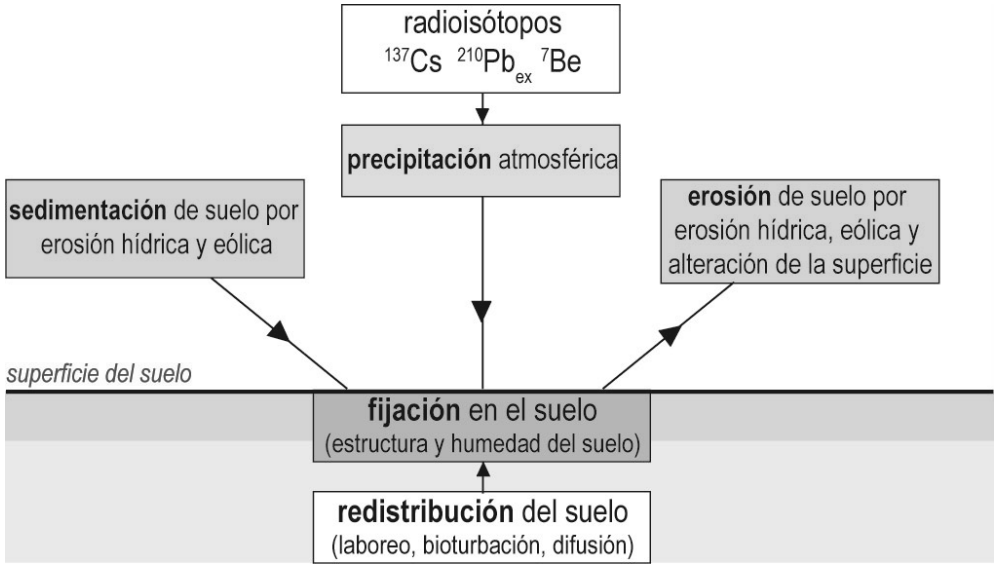
^{137}Cs

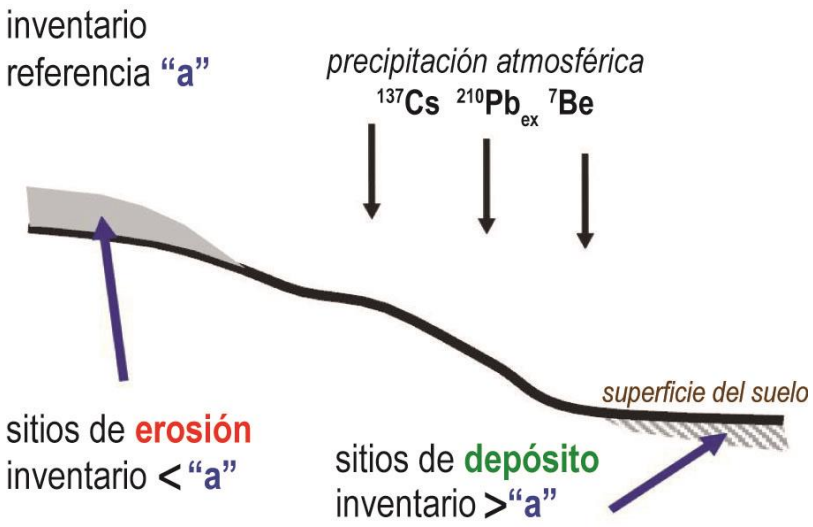


APLICACIÓN DE LA TÉCNICA

- **Distribución** Planetaria corrientes atmosféricas
- **Precipitación** atmosférica lluvia-gravedad
- Radioisótopos alcanzan **superficie** suelo
- Rápida **adsorción** por partículas finas del suelo
- La migración post-depósito es **limitada**
- **Movimiento** asociado al de las partículas de suelo : . Procesos físicos erosión/depósito
  . Laboreo

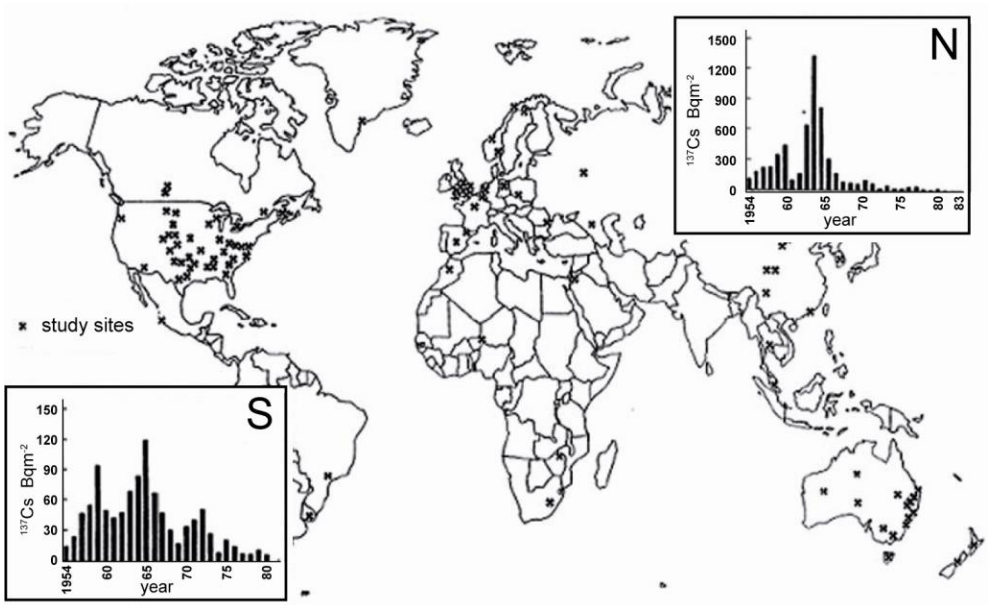
- Establecer **Inventarios de Referencia**
- Extraer perfiles de suelo y analizar el contenido radioisótopo
- La **comparación** entre los inventarios del punto de muestreo con el inventario de referencia permite:
  . Calcular: **Residuales** del radioisótopo
  . Estimar: Pérdida o ganancia de **suelo**

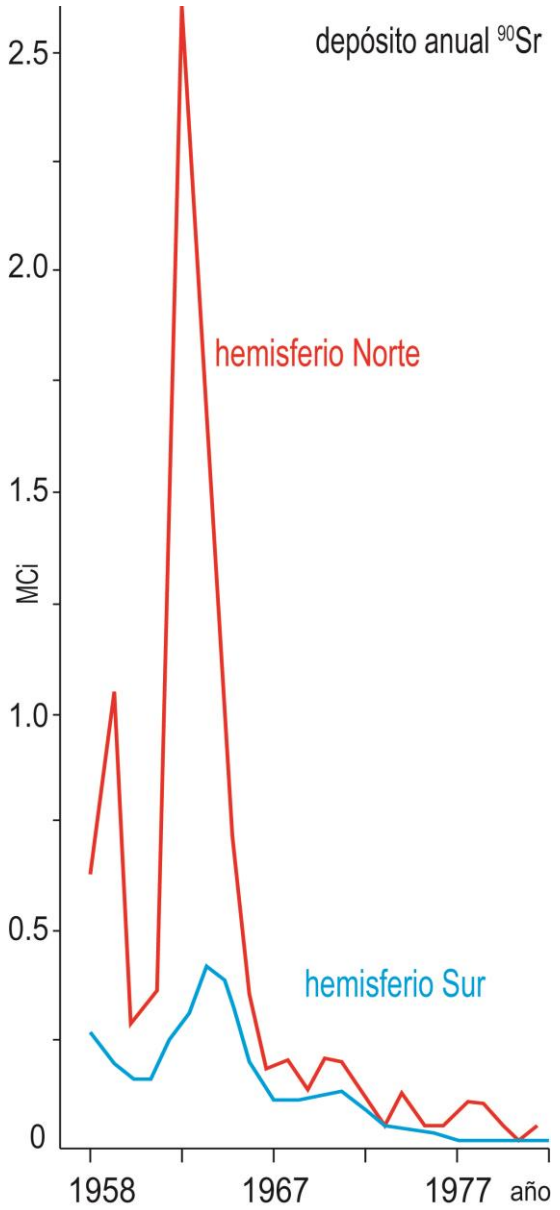




^{137}Cs

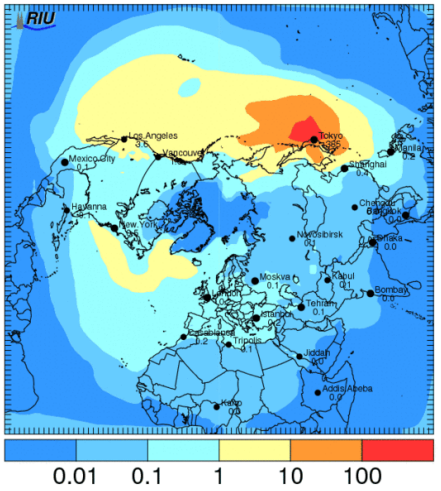
- Isótopo artificial
- Vida media: 30.17 años
- Subproducto de ensayos nucleares a partir de1954
- Proporciona tasas medias de la redistribución del suelo
- Una distribución irregular entre hemisferios → Norte (3-4 veces >) Sur
- Depósito ^{137}Cs Inicio 1954
  Pico máx 1963
  Finaliza 1983

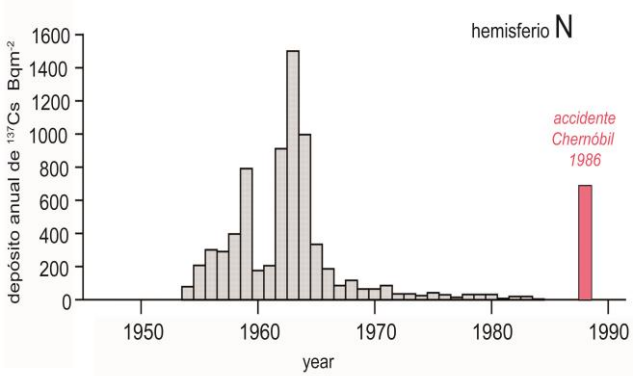


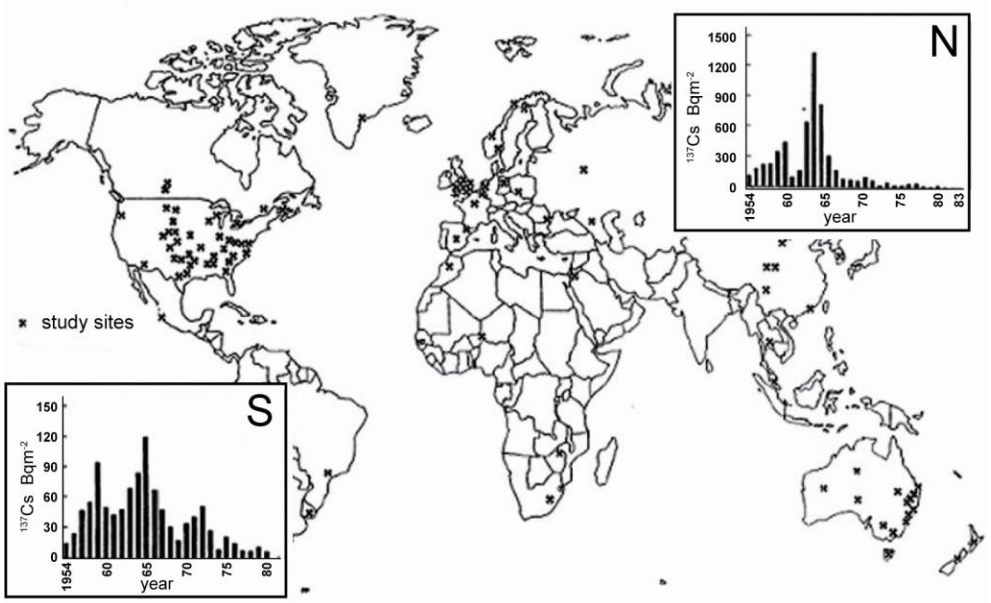


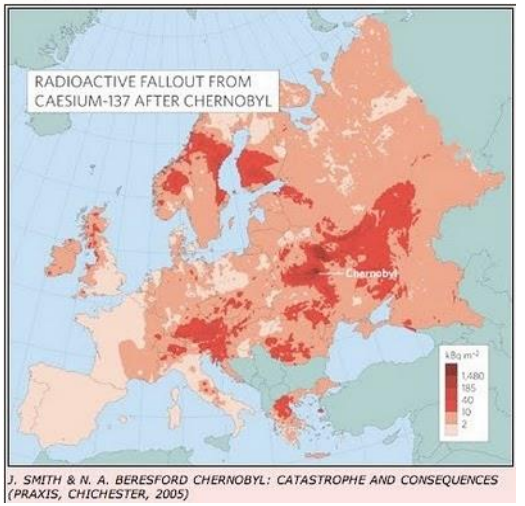
^{137}Cs

- Isótopo artificial
- Vida media: 30.17 años
- Subproducto de ensayos nucleares a partir de1954
- Proporciona tasas medias de la redistribución del suelo
- Una distribución irregular entre hemisferios
- Depósito ^{137}Cs Inicio 1954
  Pico máx 1963
  Finaliza 1983



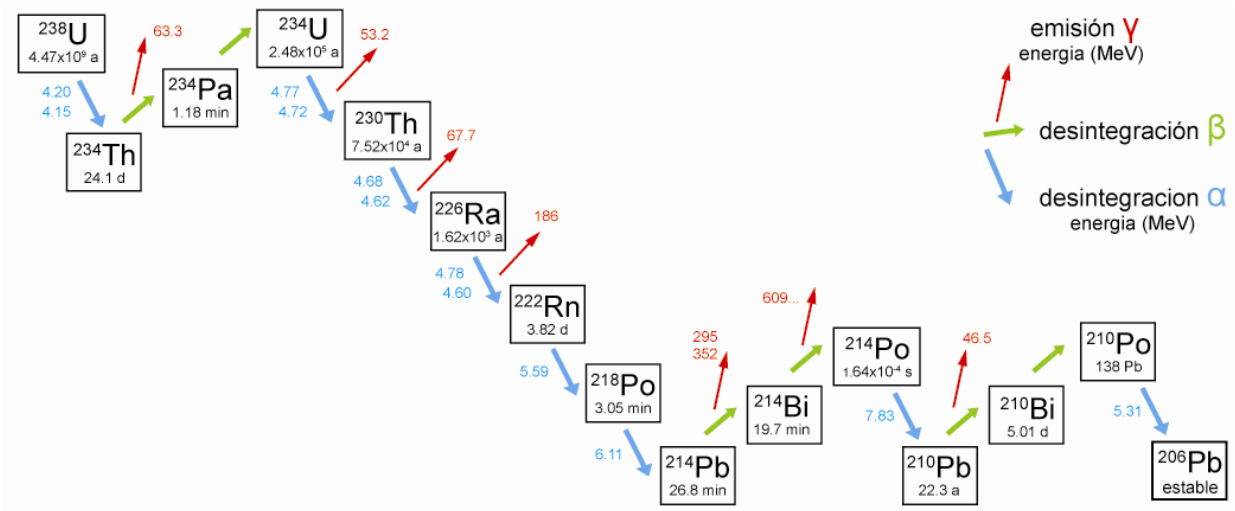






$^{210}Pb_{ex}$

- Isótopo natural
- Vida media: 22.26 años
- Se caracteriza por una entrada atmosférica continua con pocas variaciones interanuales
- Proporciona tasas medias de la redistribución del suelo:
- Hasta 4 periodos de semi-desintegración
- Depósito constante enfatiza los procesos más recientes
- Su uso es complementario al ^{137}Cs y una alternativa:
- En áreas con inventarios de ^{137}Cs bajos (Hemisferio Sur)
- Problema de la desintegración radiactiva del ^{137}Cs



APLICACIÓN DE LA TÉCNICA

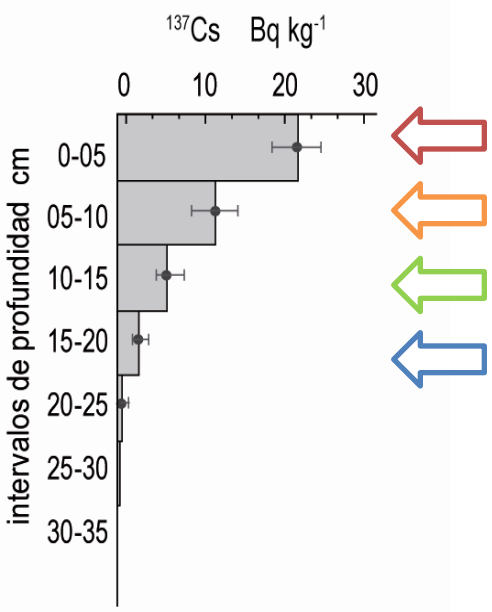
Profundidad cm

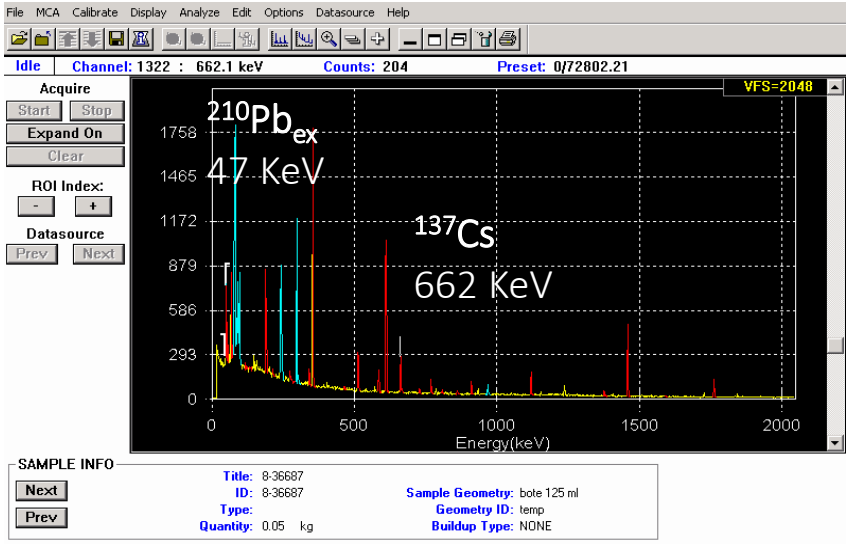
0- 5 cm

5-10 cm

10- 15 cm

15-20 cm





Laboratorio de Radiometría

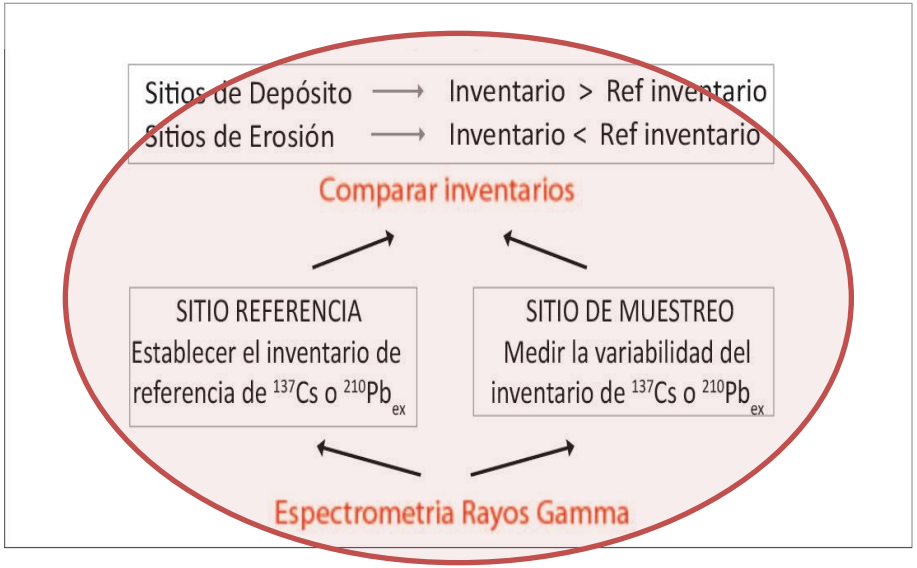
Dr. Ana Navas

Estación Experimental de Aula Dei - CSIC

Grupo: Erosión y Evaluación de Suelo y Agua

LA TÉCNICA FRN'S PERMITE…

- ? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?
- ? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?
- ? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?
- ? De donde proceden los sedimentos erosionados?
- ? Podemos datar sedimentos?



EEAD – CISC
Dr. Navas | *más de 25 años de experiencia en el uso de FRN's*

LA TÉCNICA FRN'S PERMITE…

? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

? De donde proceden los sedimentos erosionados?

? Podemos datar sedimentos?

EEAD – CISC

Dr. Navas | *más de 25 años de experiencia en el uso de FRN's*

LA TÉCNICA FRN'S PERMITE…

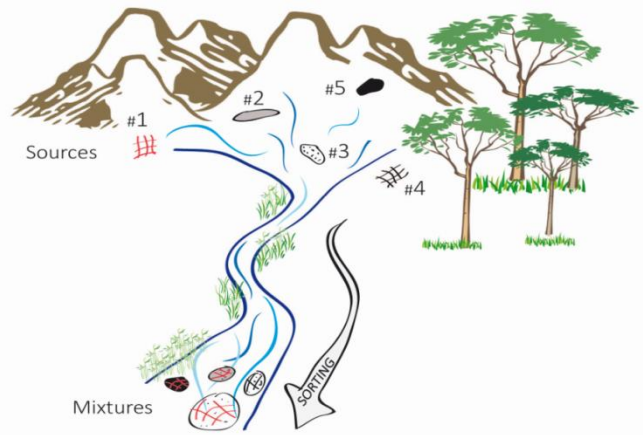
? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

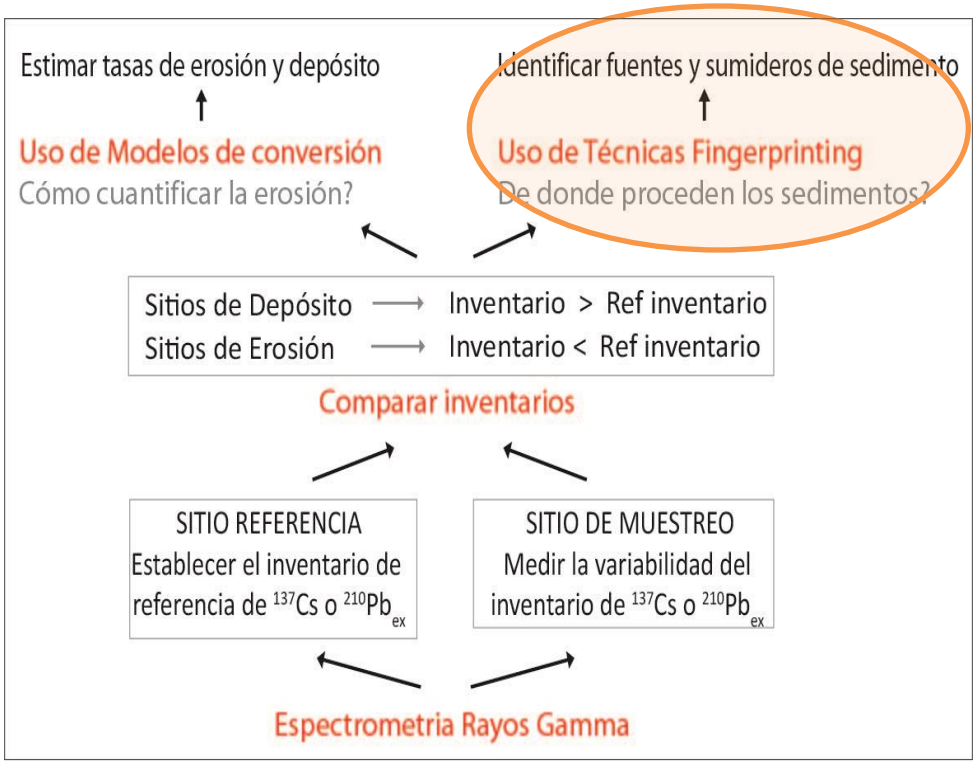
? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

? De donde proceden los sedimentos erosionados?

? Podemos datar sedimentos?





EEAD – CISC

Dr. Navas | *más de 25 años de experiencia en el uso de FRN's*

LA TÉCNICA FRN'S …

? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

- Inventarios de referencia en España | ^{137}Cs – $^{210}Pb_{ex}$
- Distribución de perfiles seccionados | ^{137}Cs – $^{210}Pb_{ex}$

? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

? De donde proceden los sedimentos erosionados?

? Podemos datar sedimentos?

DOI: 10.1007/s10967-007-1119-8 *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 274, No.2 (2007) 331–339*

Variability in ^{137}Cs inventories and potential climatic and lithological controls in the central Ebro valley, Spain

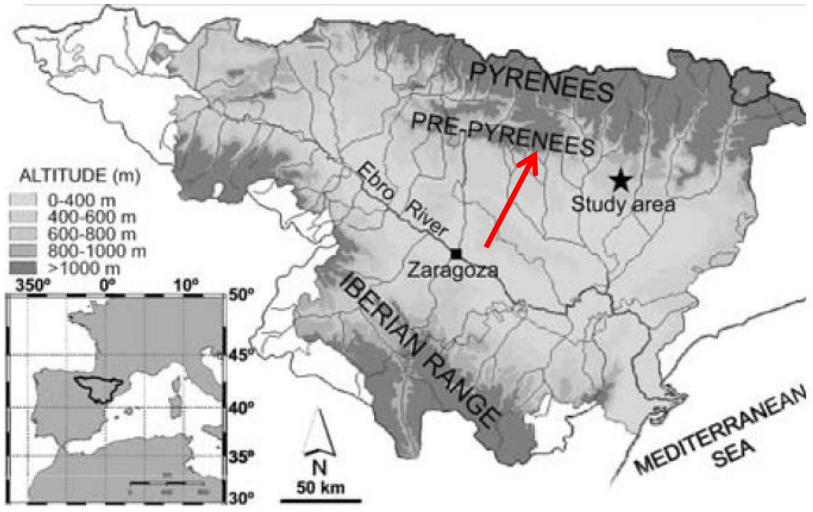
A. Navas,[1]* D. E. Walling,[2] T. Quine,[2] J. Machín,[1] J. Soto,[3] S. Domenech,[1] M. López-Vicente[1]

[1] *Department of Soil Science, Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Apartado 202, 50080 Zaragoza, Spain*
[2] *Department of Geography, University of Exeter, Amory Building, Rennes Drive, Exeter EX4 4RJ., U.K.*
[3] *Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Cantabria, Avenida Cardenal Herrera Oria s/n, 39011 Santander, Spain*

- Árido a Semiárido | de 300 a 450 mm media annual de precipitación — 1190 Bq m^{-2} / 1500 Bq m^{-2} / 1710 Bq m^{-2}

- Inventarios incrementan con las precipitaciones en una corta distancia (140 km)

- Subhumid (Estaña – Aragón) | 550 mm | 1980 Bq m^{-2}
- Temperate (Aisa – Aragón) | 1000 mm | 4040 Bq m^{-2}
- Sur de España | 1940 Bq m^{-2}
- Norte de España (Asturias) | 3750 Bq m^{-2}
- Norte de España (Lérida) | 6911 Bq m^{-2}



Geoderma 207-208 (2013) 131–143

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

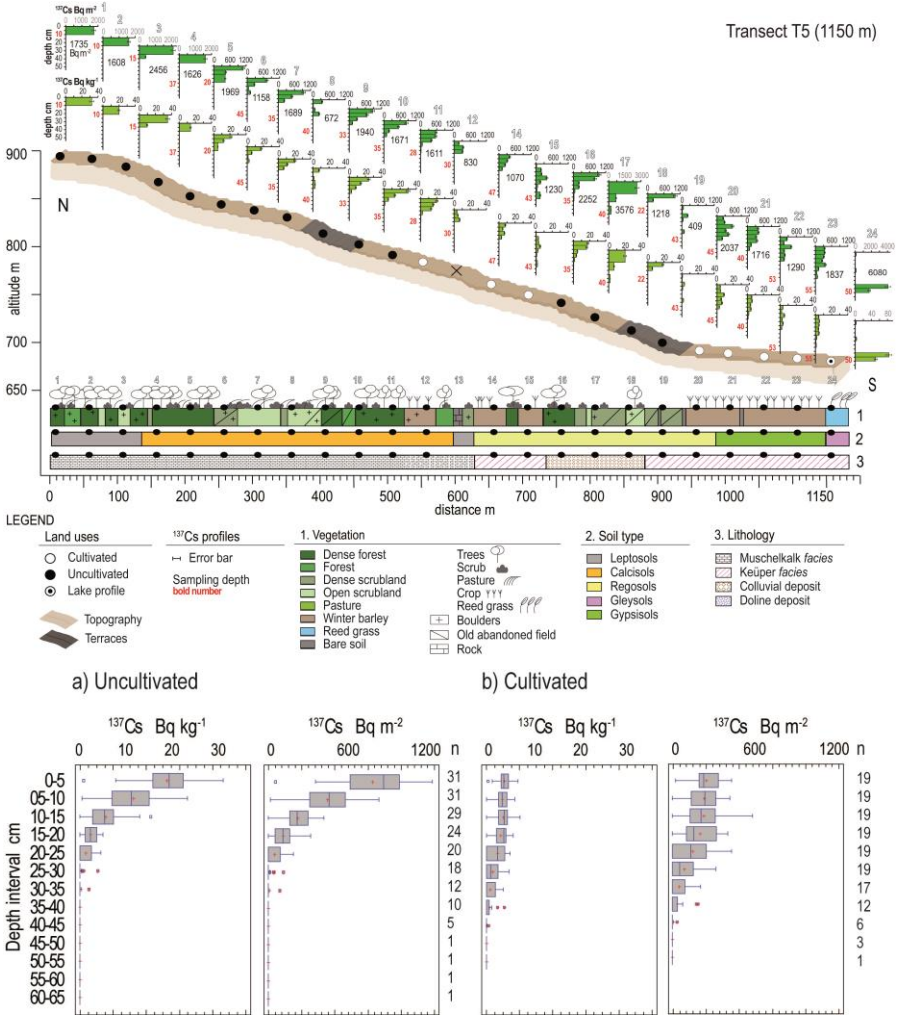
Geoderma

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geoderma

Vertical and lateral distributions of ^{137}Cs in cultivated and uncultivated soils on Mediterranean hillslopes

Leticia Gaspar *, Ana Navas

Department of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, EEAD-CSIC. Apartado 13034, 50080 Zaragoza, Spain



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE DIRECT

ELSEVIER

Agriculture, Ecosystems and Environment 105 (2005) 493–506

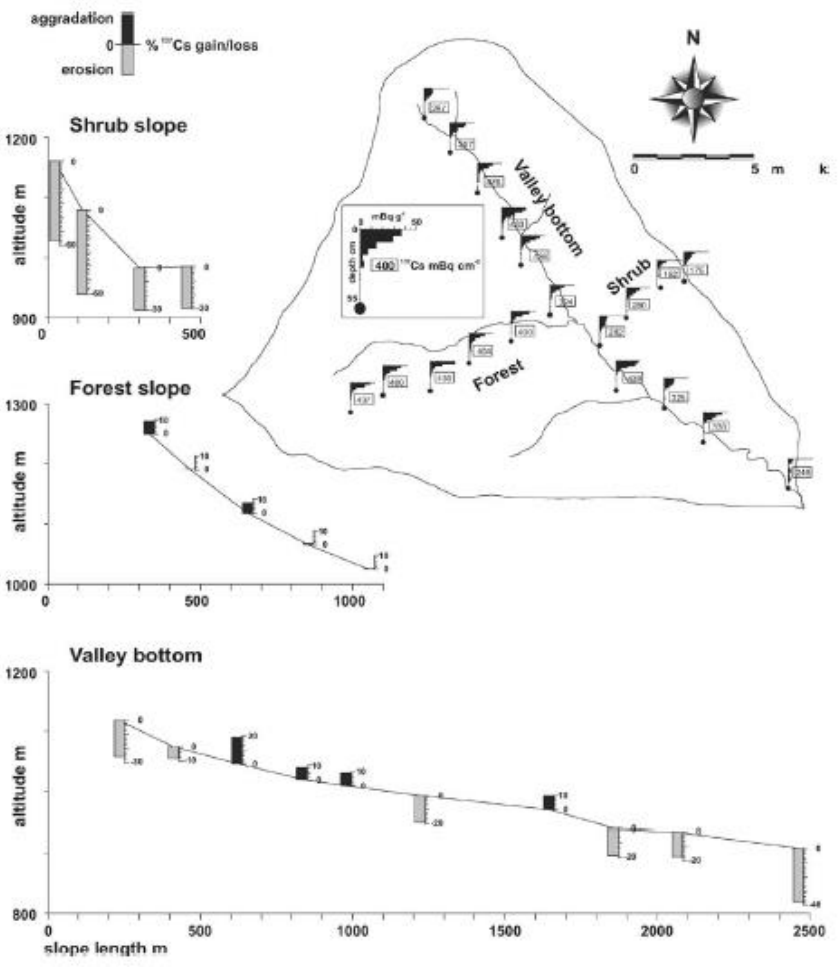
Agriculture Ecosystems & Environment

www.elsevier.com/locate/agee

Assessing soil erosion in a Pyrenean mountain catchment using GIS and fallout ^{137}Cs

A. Navas[a,*], J. Machín[a], J. Soto[b]

[a]*Estación Experimental de Aula Dei, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Apartado 202, 50080 Zaragoza, Spain*
[b]*Dpto. Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Cantabria, Avda. Cardenal Herrera Oria s/n, 39011 Santander, Spain*

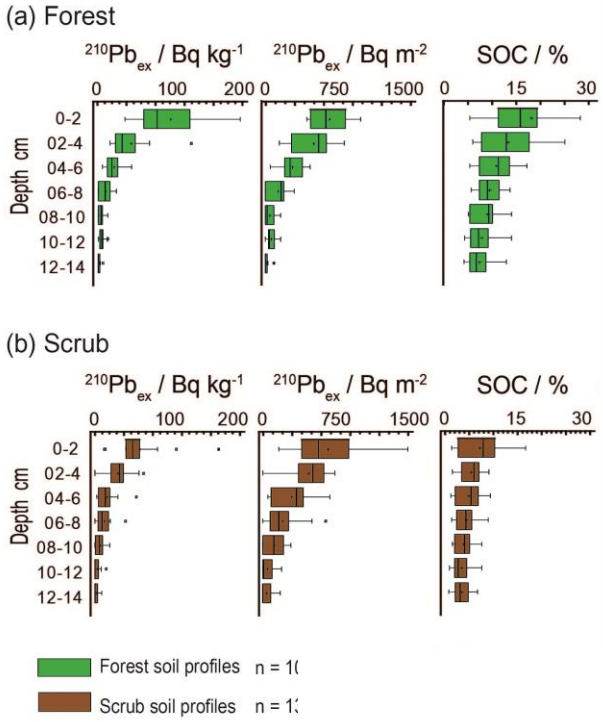


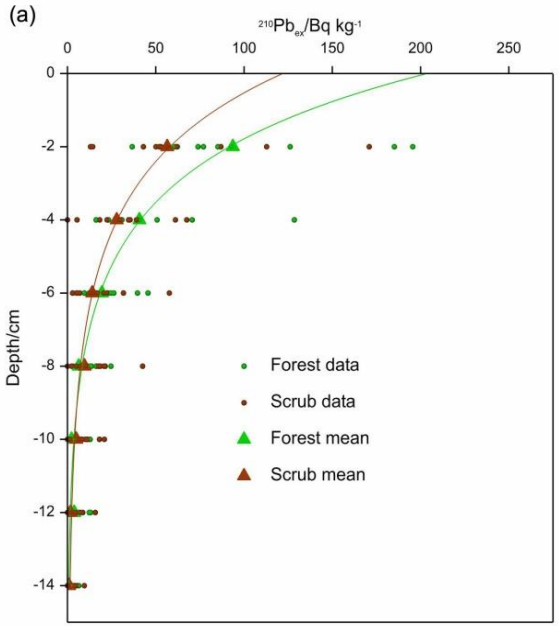
Fate of $^{210}Pb_{ex}$ fallout in soil under forest and scrub of the central Spanish Pre-Pyrenees

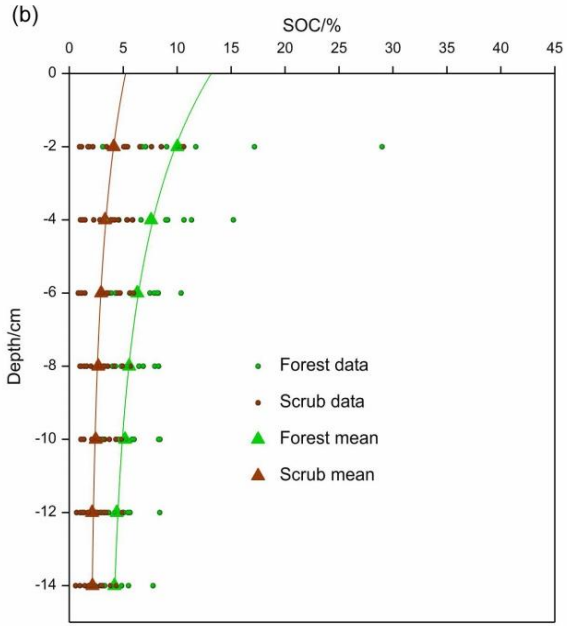
L. GASPAR & A. NAVAS

En proceso de publicación en
European Journal of Soil Science

- Plomo-210 en suelos mediterráneos, con alta pedregosidad
- Muestreo cada 2 cm
- Concentración en los primeros 14 cm – 80% en los primeros 6 cm
- Suelos con diferente cubierta: Bosque o Matorral
- Modelo exponencial para el comportamiento en profundidad del $^{210}Pb^{ex}$ y del SOC (Soil Organic Carbon)







LA TÉCNICA FRN'S …

? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

- Modelos propios de conversion de ^{137}Cs para estimar tasas en suelo pedregrosos
- Aplicación de modelos de conversión de $^{210}Pb_{ex}$
- Cuantificar tasas de erosión y depósito en España | ^{137}Cs - $^{210}Pb_{ex}$ - ^{7}Be

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

? De donde proceden los sedimentos erosionados?

? Podemos datar sedimentos?

ELSEVIER

Journal of Arid Environments 59 (2004) 719–730

Journal of Arid Environments

www.elsevier.com/locate/jnlabr/yjare

A model of ^{137}Cs activity profile for soil erosion studies in uncultivated soils of Mediterranean environments

J. Soto[a], A. Navas[b,*]

[a] Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Cantabria, Avenida Cardenal Herrera Oria s/n, Santander 39011, Spain

[b] Estación Experimental de Aula Dei, CSIC., Apartado 202, Zaragoza 50080, Spain

ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Radiation Measurements

Radiation Measurements 43 (2008) 1285–1293

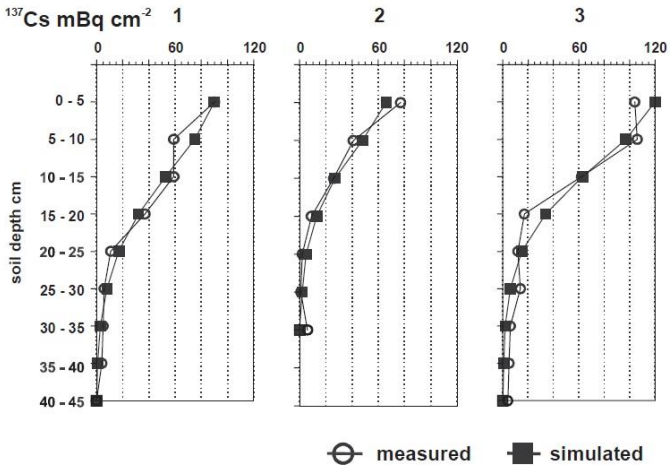
www.elsevier.com/locate/radmeas

A simple model of Cs-137 profile to estimate soil redistribution in cultivated stony soils

J. Soto[a], A. Navas[b,*]

[a] Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Universidad de Cantabria, Avenida Cardenal Herrera Oria s/n, 39011 Santander, Spain

[b] Departament of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Apartado 202, 50080 Zaragoza, Spain



Catena 102 (2013) 46–54

Contents lists available at ScienceDirect

Catena

journal homepage: www.elsevier.com/locate/catena

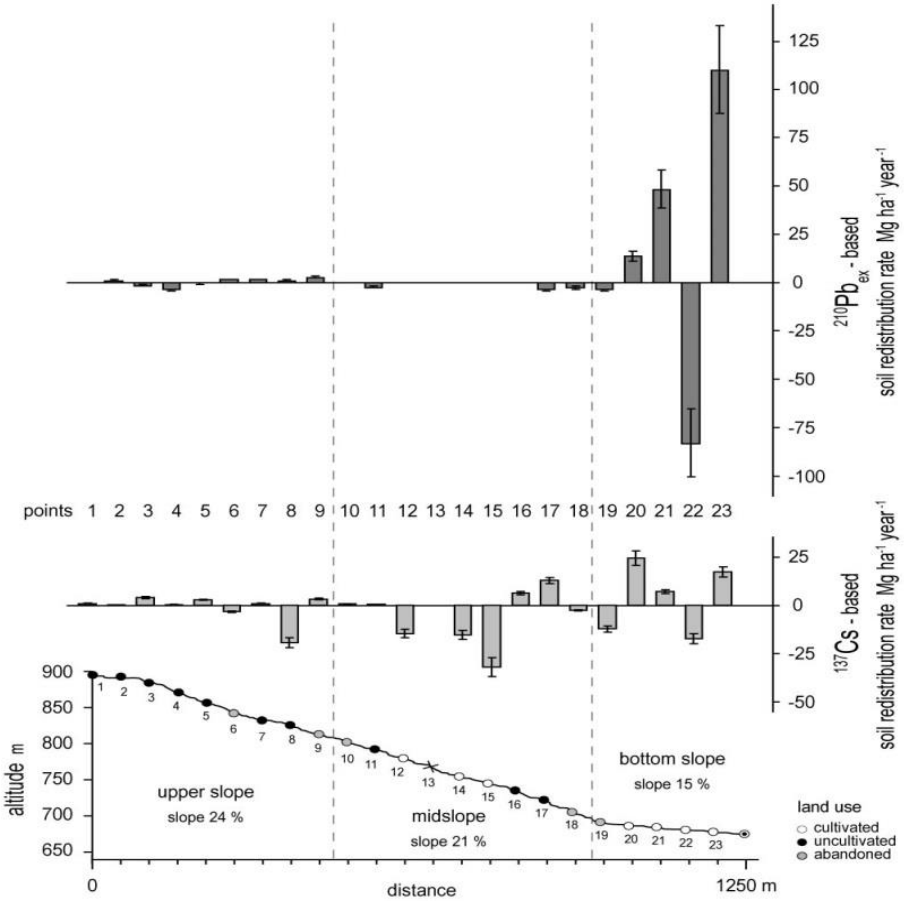
Using ^{137}Cs and $^{210}Pb_{ex}$ to assess soil redistribution on slopes at different temporal scales

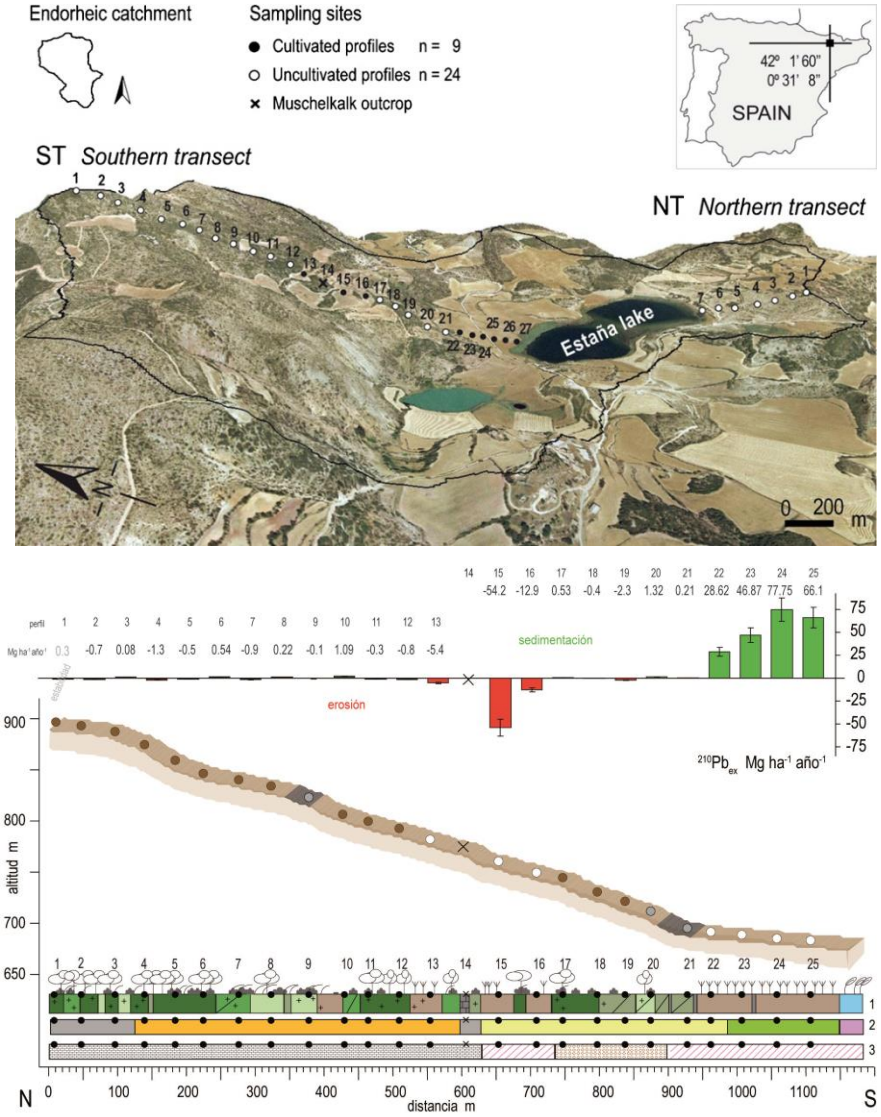
L. Gaspar [a,*], A. Navas [a], D.E. Walling [b], J. Machín [a], J. Gómez Arozamena [c]

[a] Department of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, CSIC. Apartado 13034, 50080 Zaragoza, Spain

[b] Department of Geography, University of Exeter, Exeter EX4 4RJ, UK

[c] Universidad de Cantabria, Avenida Cardenal Herrera Oria s/n, 39011 Santander, Spain





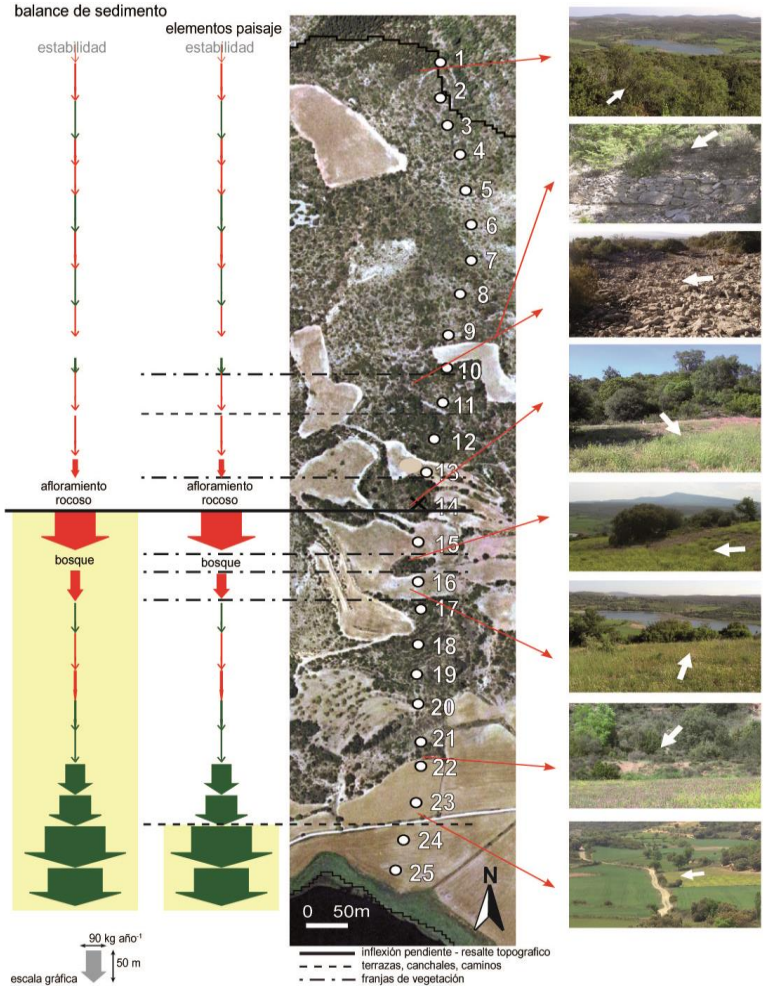
Inventario de Referencia $^{210}Pb_{ex}$
2019.8 Bq m^{-2}

Soil & Tillage Research 130 (2013) 81–90
Contents lists available at SciVerse ScienceDirect
Soil & Tillage Research
journal homepage: www.elsevier.com/locate/still

Using $^{210}Pb_{ex}$ measurements to quantify soil redistribution along two complex toposequences in Mediterranean agroecosystems, northern Spain

L. Gaspar [a,b,*], A. Navas [b], J. Machín [b], D.E. Walling [c]

[a] Cranfield University, Cranfield Water Sciences Institute, Cranfield, Bedfordshire MK43 0AL, United Kingdom
[b] Department of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, EEAD-CSIC, Avda Montañana 1005, 50059 Zaragoza, Spain
[c] Department of Geography, College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter, Amory Building, Rennes Drive, Exeter EX4 4RJ, United Kingdom



LA TÉCNICA FRN'S …

? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

- Interpolar datos puntuales calculados con RFN's
- Uso de SIG Areas Fisiográficas Homogéneas | Asignación de tasas estimadas con FRN's
- Uso de tasas estimadas con ^{137}Cs para validar modelos (e.g. SWAT, WATEM SEDEM)

? De donde proceden los sedimentos erosionados?

? Podemos datar sedimentos?

Radiation Measurements 46 (2011) 261–269

Contents lists available at ScienceDirect

Radiation Measurements

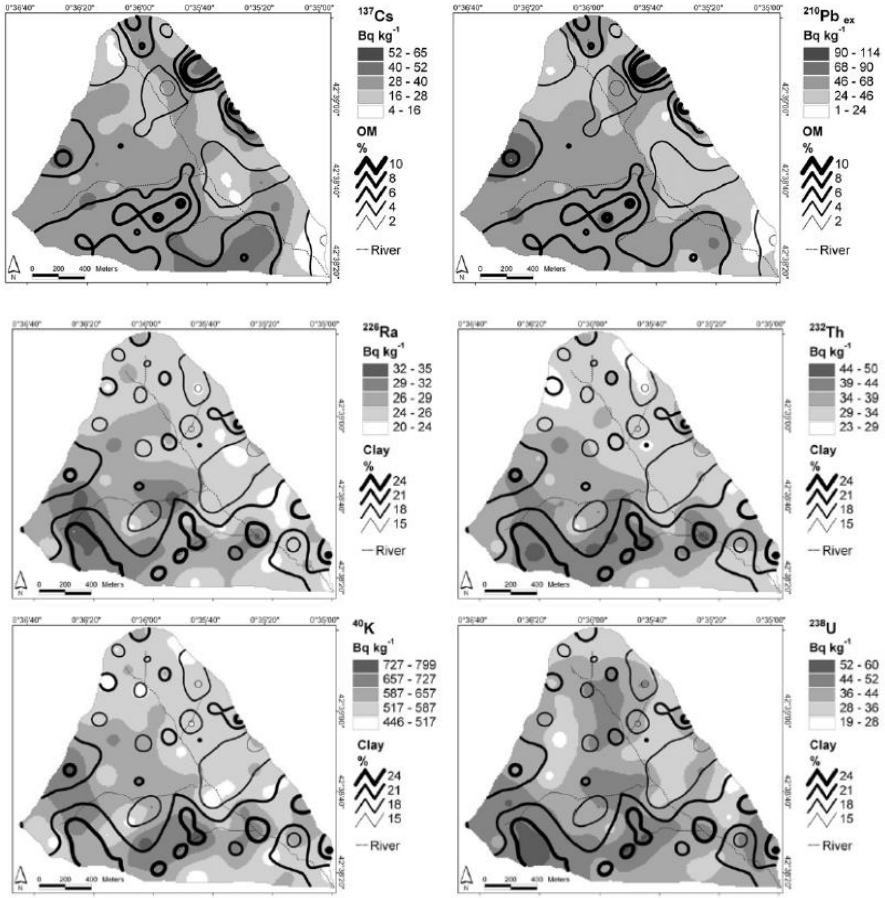
journal homepage: www.elsevier.com/locate/radmeas

Technical note

Spatial distribution of natural and artificial radionuclides at the catchment scale (South Central Pyrenees)

A. Navas [a,*], L. Gaspar [a], M. López-Vicente [b], J. Machín [a]

[a] Estación Experimental de Aula Dei, Department of Soil and Water, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, Apartado 13034, 50080 Zaragoza, Spain
[b] Department of Earth and Environmental Sciences, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 200E, B-3001 Leuven–Heverlee, Belgium



Science of the Total Environment 496 (2014) 132–143

Contents lists available at ScienceDirect

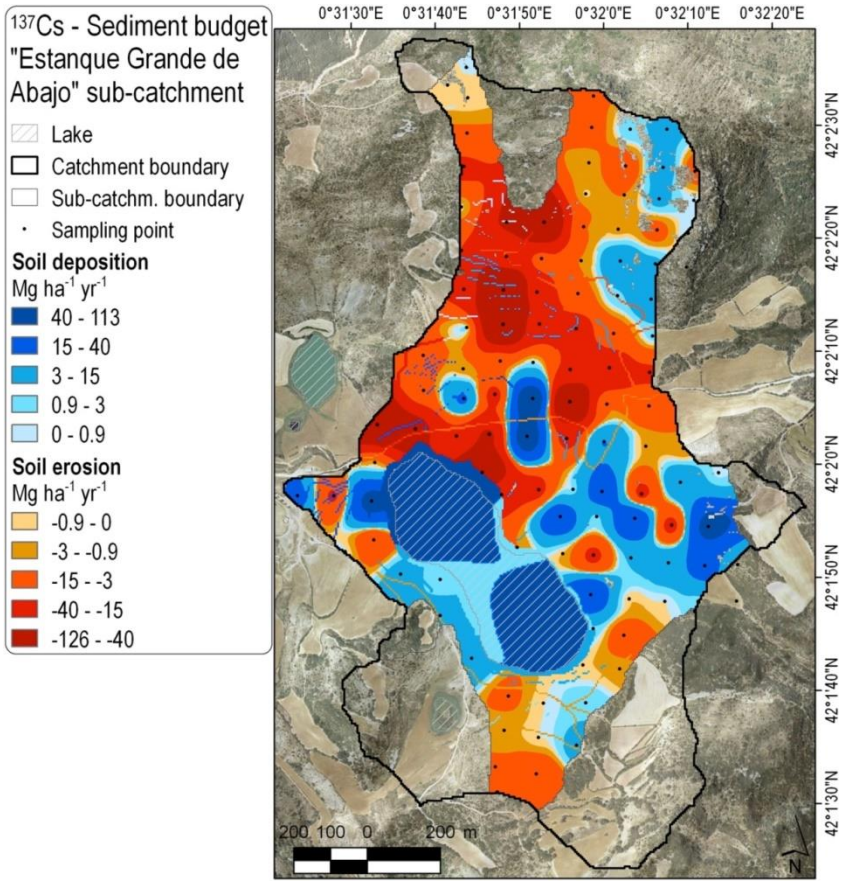
Science of the Total Environment

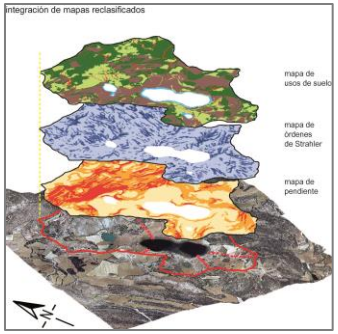
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Establishing a tracer-based sediment budget to preserve wetlands in Mediterranean mountain agroecosystems (NE Spain)

Ana Navas [a,*], Manuel López-Vicente [a], Leticia Gaspar [b], Leticia Palazón [a], Laura Quijano [a]

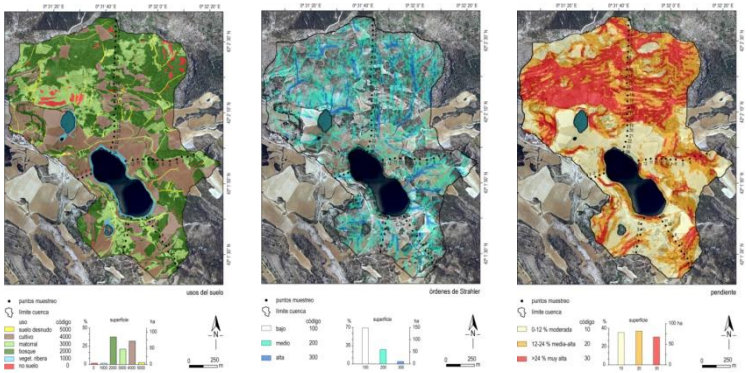
[a] Department of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, EEAD-CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza, Spain
[b] School of Geography, Earth and Environmental Science, Plymouth University, Plymouth, Devon PL4 8AA, UK





Land Use + Hydrology Map + Slope

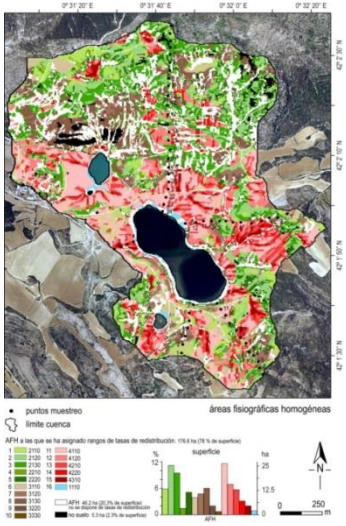
6 classes *3 classes* *3 classes*



Overlay different shapes to identify areas with similar physiographic properties

= Homogeneous Areas

54 classes



Gaspar *et al.*

En proceso de publicación

Catena 138 (2016) 38–51

Contents lists available at ScienceDirect

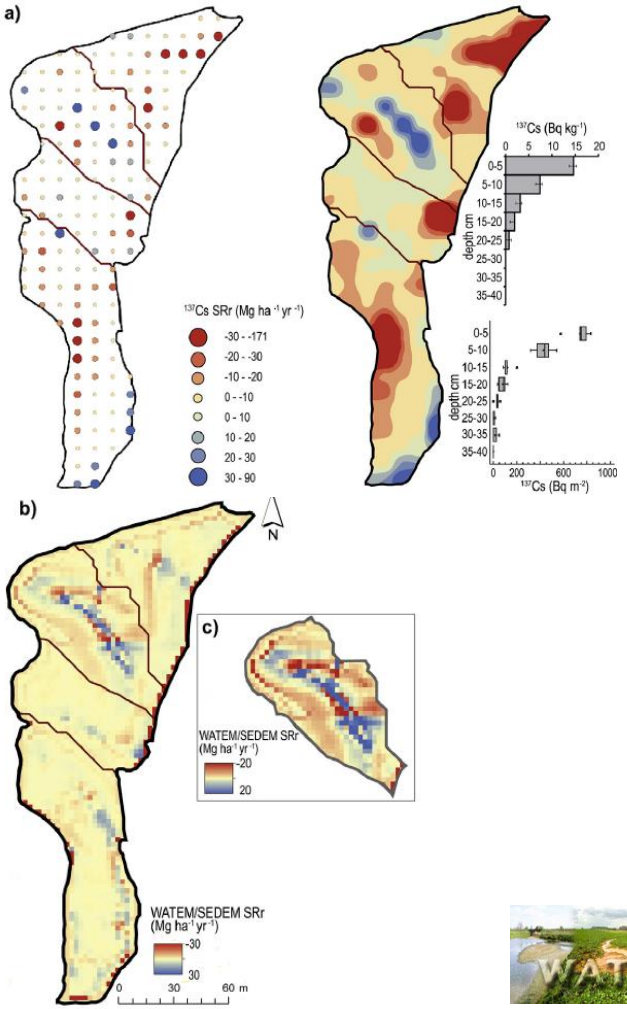
Catena

journal homepage: www.elsevier.com/locate/catena

Estimating erosion rates using ^{137}Cs measurements and WATEM/SEDEM in a Mediterranean cultivated field

Laura Quijano [a,*], Santiago Beguería [a], Leticia Gaspar [b], Ana Navas [a]

[a] Estación Experimental de Aula Dei, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEAD-CSIC), 1005 Avda. Montañana, Zaragoza, Spain
[b] Environmental Science Program, University of Northern British Columbia, 3333 University Way, Prince George, British Columbia V2N 4Z9, Canada



LA TÉCNICA FRN'S …

? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

? De donde proceden los sedimentos erosionados?

- Uso de FRN's como potencial trazador del sedimento | ^{137}Cs - $^{210}Pb_{ex}$
- Modelos Fingerprinting para identificar y estimar potenciales fuentes de sedimento

? Podemos datar sedimentos?

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

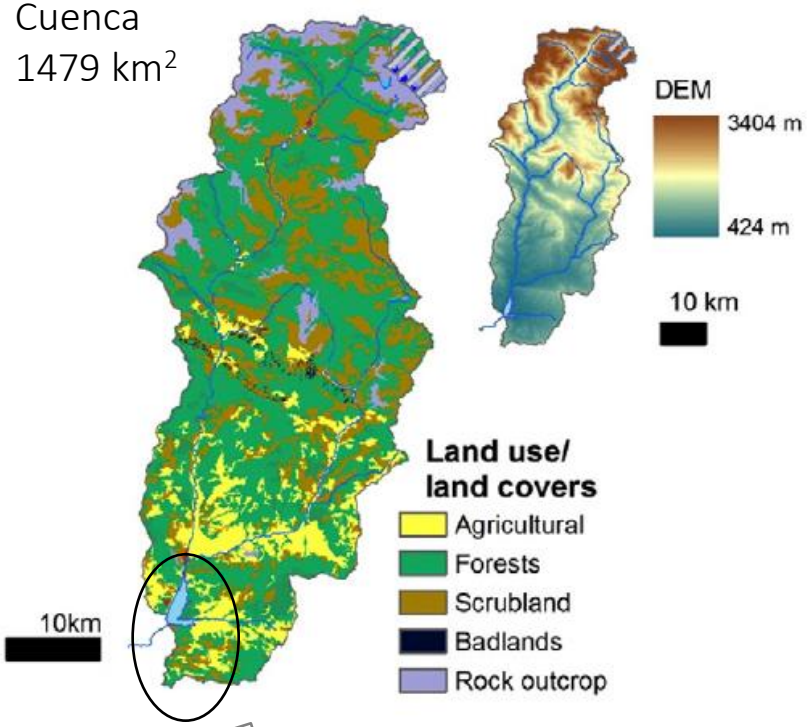
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Combining catchment modelling and sediment fingerprinting to assess sediment dynamics in a Spanish Pyrenean river system

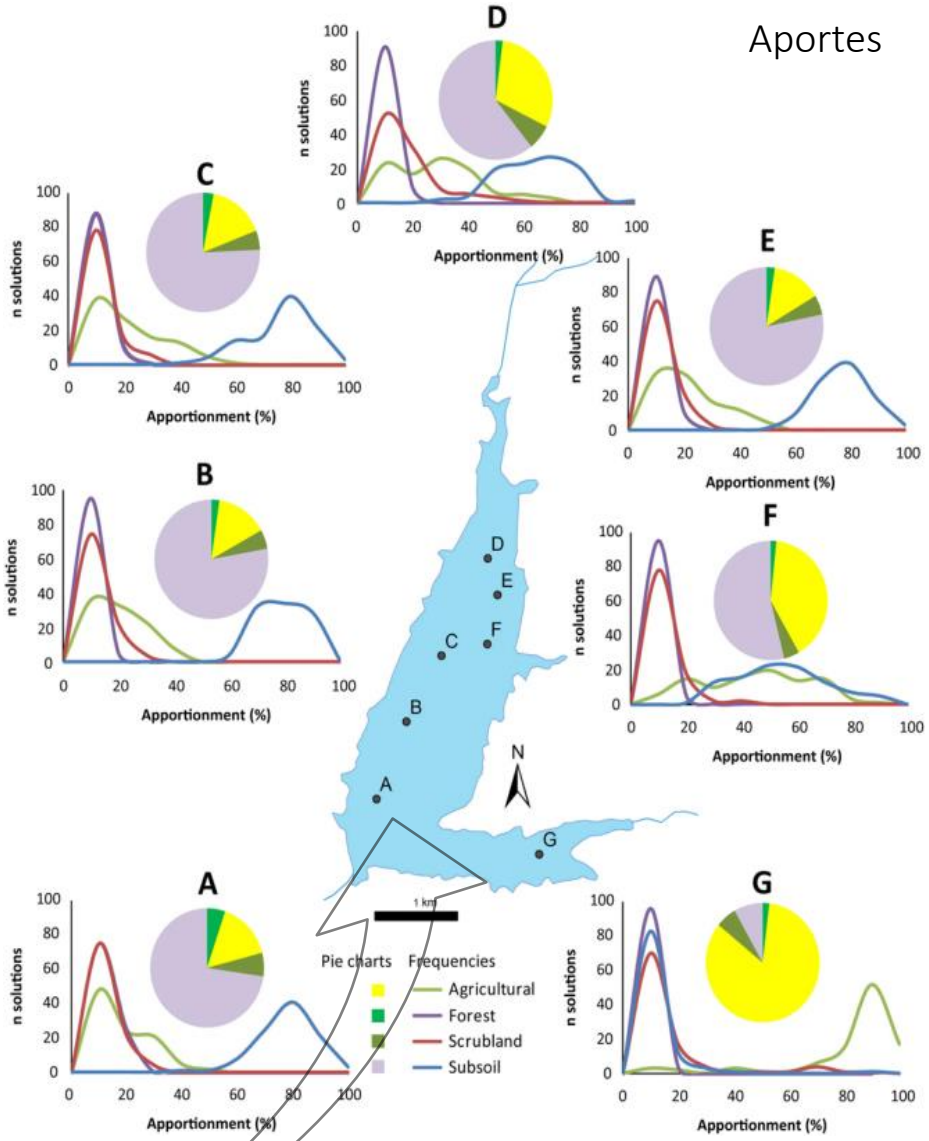
Leticia Palazón [a,*], Borja Latorre [a], Leticia Gaspar [c], William H. Blake [b], Hugh G. Smith [d], Ana Navas [a]

[a] Department of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Avda. Montañana 1005, Zaragoza, 50059, Spain
[b] School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Plymouth University, Portland Square, Drake Circus, Plymouth, Devon PL4 8AA, United Kingdom
[c] Environmental Science Program, University of Northern British Columbia,3333 University Way, Prince George, BC V2N 4Z9, Canada
[d] School of Environmental Sciences, University of Liverpool, Liverpool L697ZT, United Kingdom

Cuenca
1479 km^2



Aportes



embalse

LA TÉCNICA FRN'S …

? Podemos usar la técnica FRN's en suelos mediterraneos?

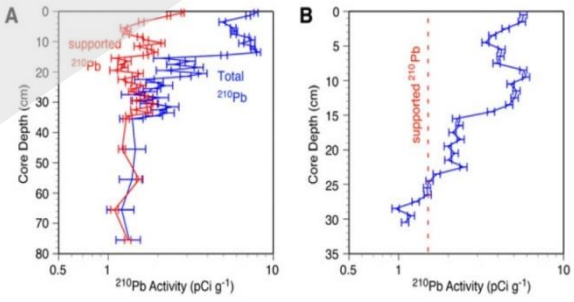
? Podemos CUANTIFICAR tasas de erosión y depósito?

? Cómo podemos extrapolar (UPSCALE) los datos puntuales?

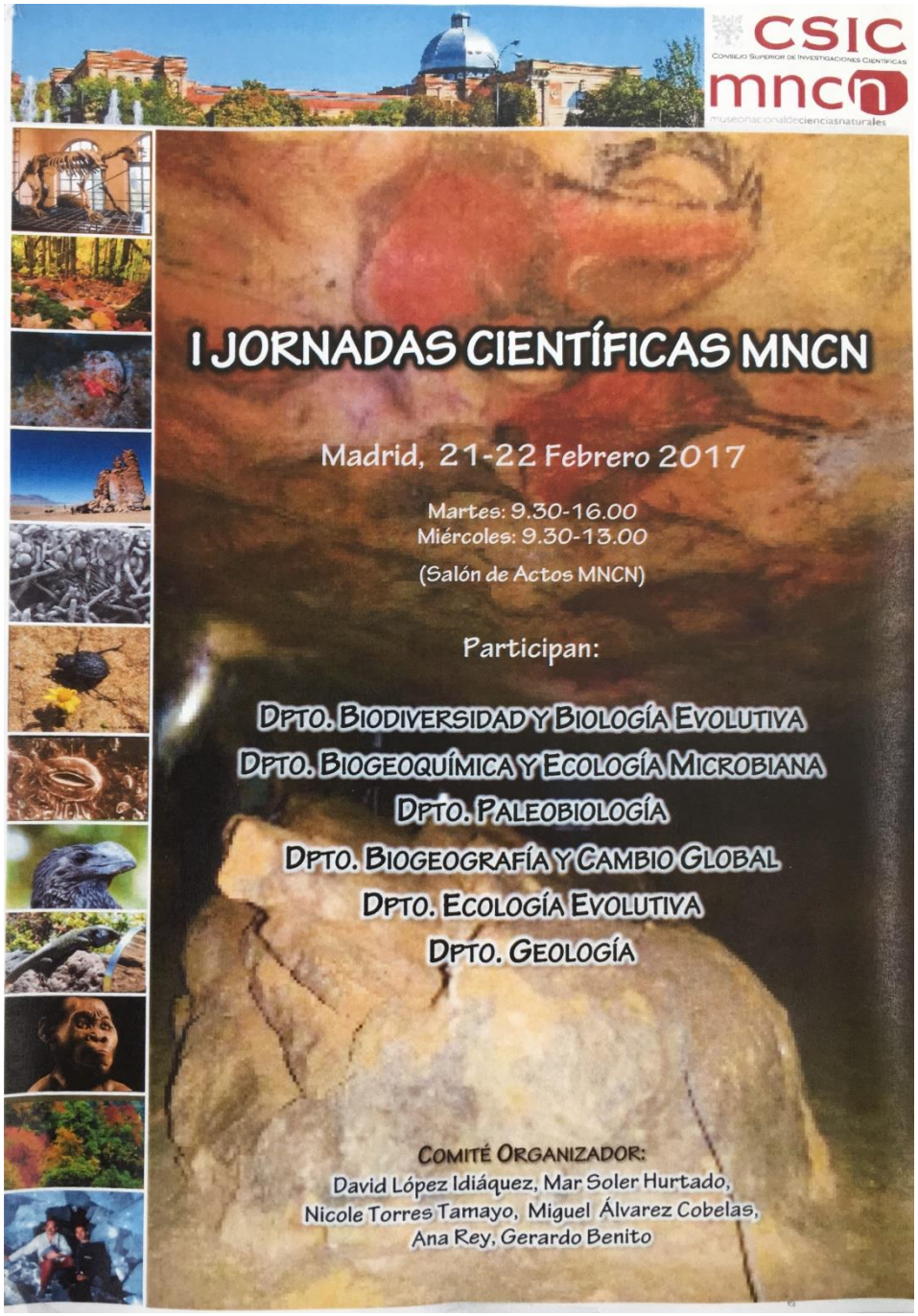
? De donde proceden los sedimentos erosionados?

? Podemos datar sedimentos?

- Datación de registros en lagos y embalses con FRNs ^{137}Cs $^{210}Pb_{ex}$ para reconstruir la dinámica histórica de acumulación de suelo
- Proporciona información de la actividad humana
- Perspectiva temporal de procesos en el tiempo



Morellón et al., 2009 (Paleolimnol)
DOI 10.1007/s10933-009-9346-3



Muchas Gracias

Madrid - 21 Febrero 2017

Dr Leticia Gaspar

MNCN – CSIC

Departamento de Geología. Spain

e-Mail: leticia.gaspar@mncn.csic.es

e-Mail: leticia.gaspar.ferrer@gmail.com