Real Academia Sevillana de Ciencias

Excmo. Ateneo de Sevilla

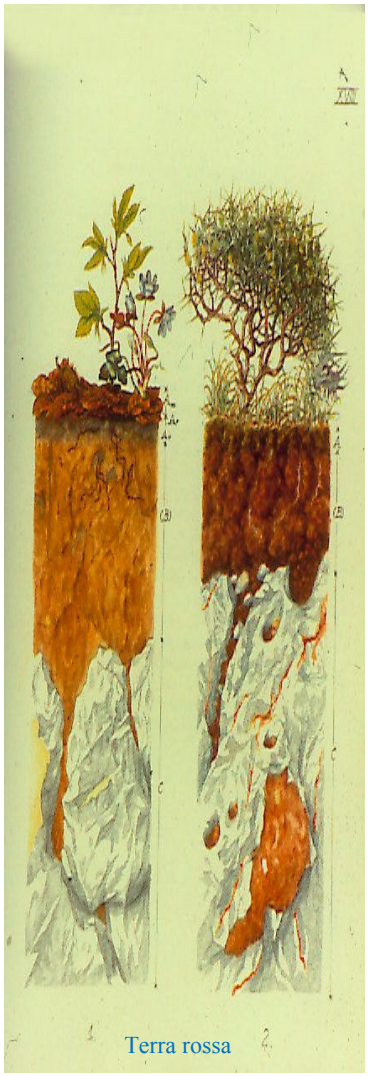
Sevilla, 21 Febrero 2012

Ciclo divulgativo "Los Martes de la Academia"

Cómo proteger los suelos y garantizar la seguridad alimentaria

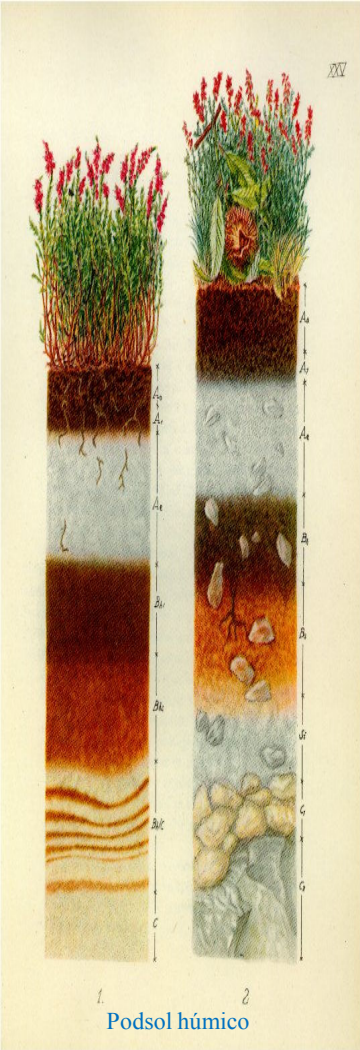
Diego de la Rosa

CSIC



Objetivo:

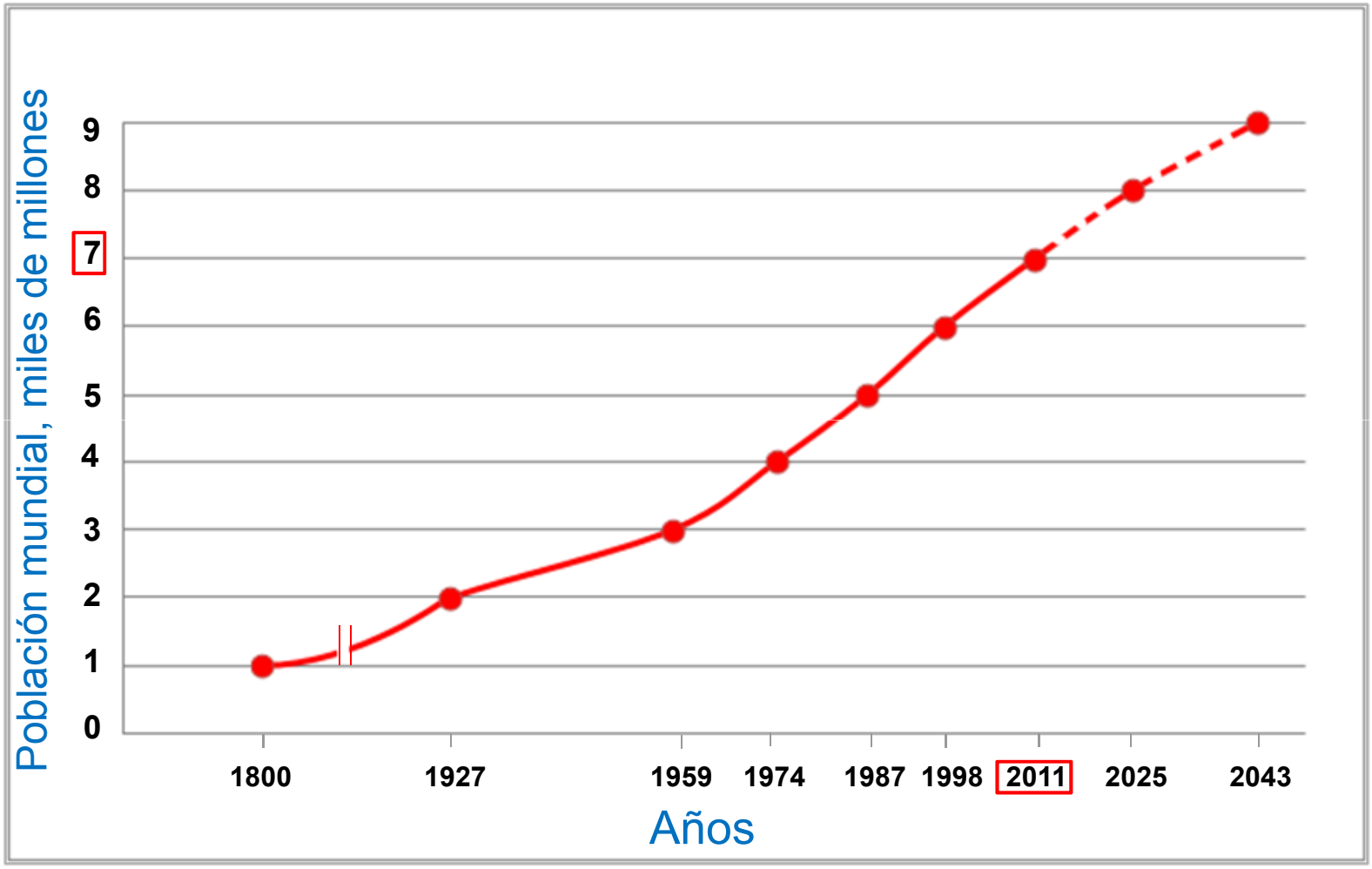
Desde los actuales conocimientos científicos, se trata de llamar la atención sobre la importancia del suelo como recurso natural no-renovable y muy vulnerable, y como elemento clave para la seguridad alimentaria.


Podsol húmico

Seguridad alimentaria*

(*) Según FAO, capacidad de facilitar a toda la población el **aprovisionamiento alimentario y nutricional** adecuado.

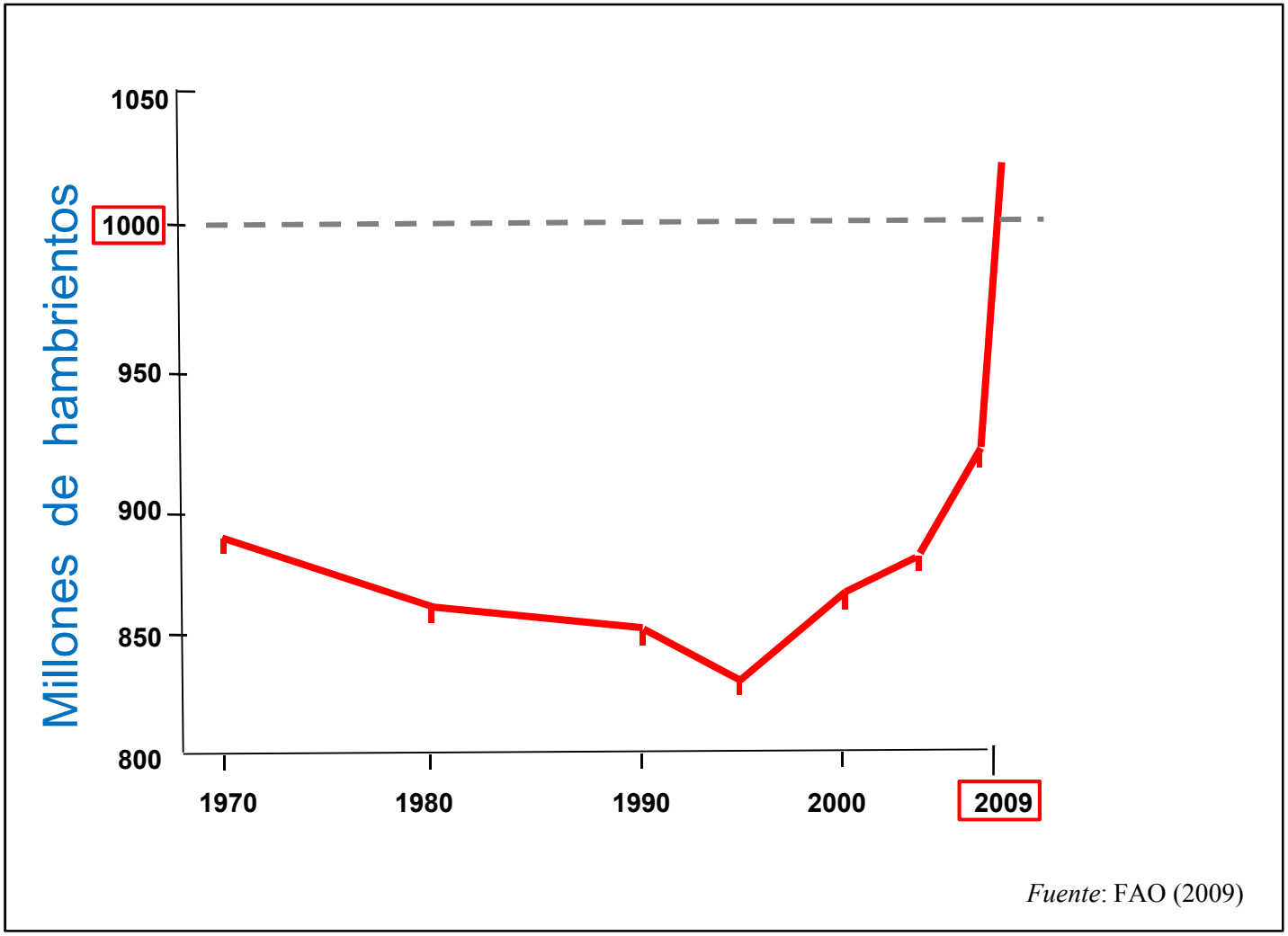
Crecimiento demográfico



Fuente: Time Pub. Oct 31, 2011

En 2050, la población mundial sobrepasará los 9.000 millones

Hambrientos en el mundo



En 2009, se alcanzó el umbral crítico de 1.000 millones

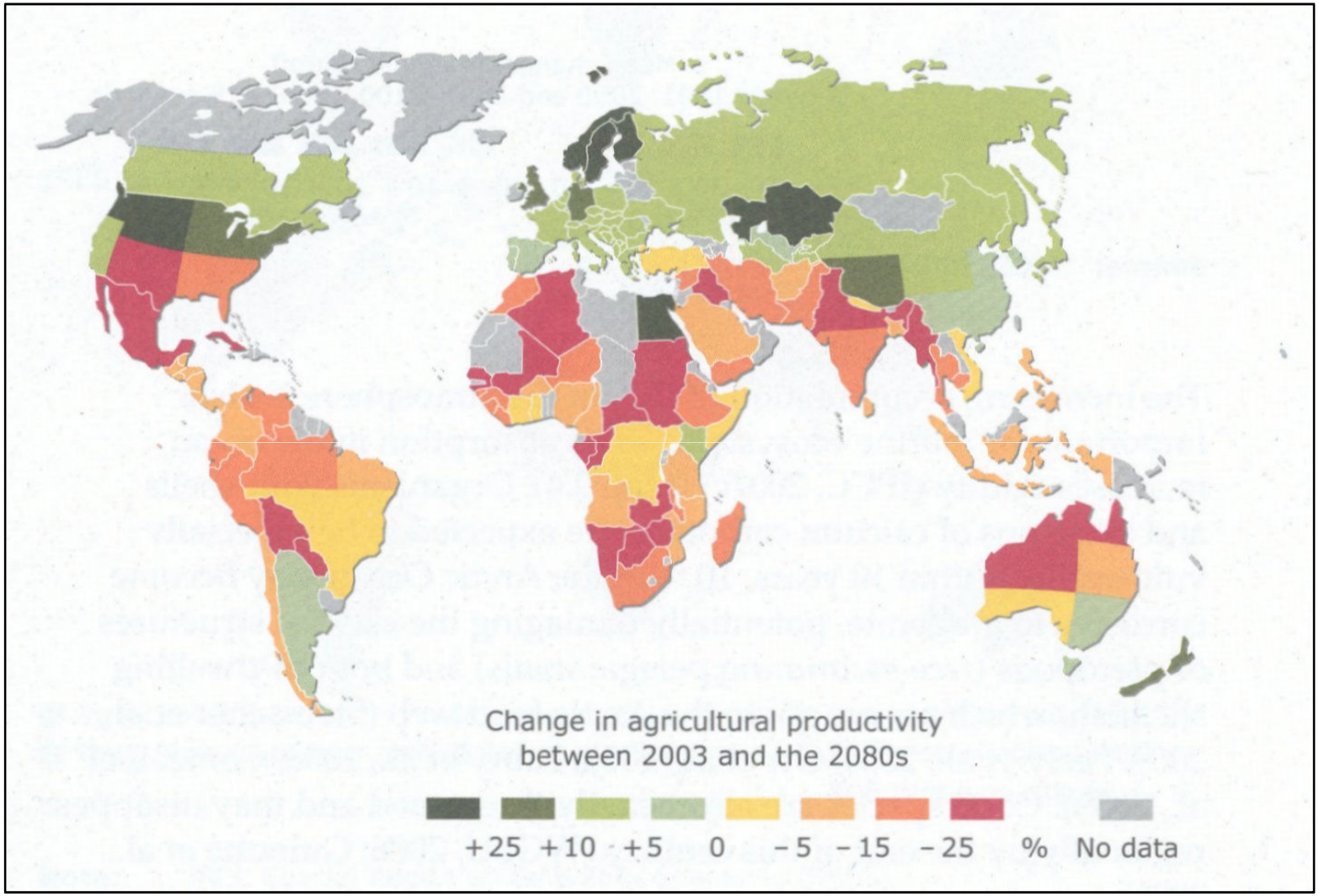
Población, suelos y cosechas

	Años				
	1800	1850	1900	1950	2000
Población mundial, millones	980	1.260	1.650	2.520	6.060
Suelos agrícolas, millones de hectáreas		537	913	1.170 ➡	1.500
Intensificación agrícola*, toneladas por hectárea		2.0	2.2	3.0 ➡	6.0

Fuente: FAO (2000), *Wild (1998)

En 2050, el incremento de la demanda de producción agrícola puede ser del 70%

Impacto del cambio climático



Fuente: EEA (2011)

En 2050, el cambio climático puede reducir un 12% la producción de alimentos

Ranker de podsol

Degradación del suelo*

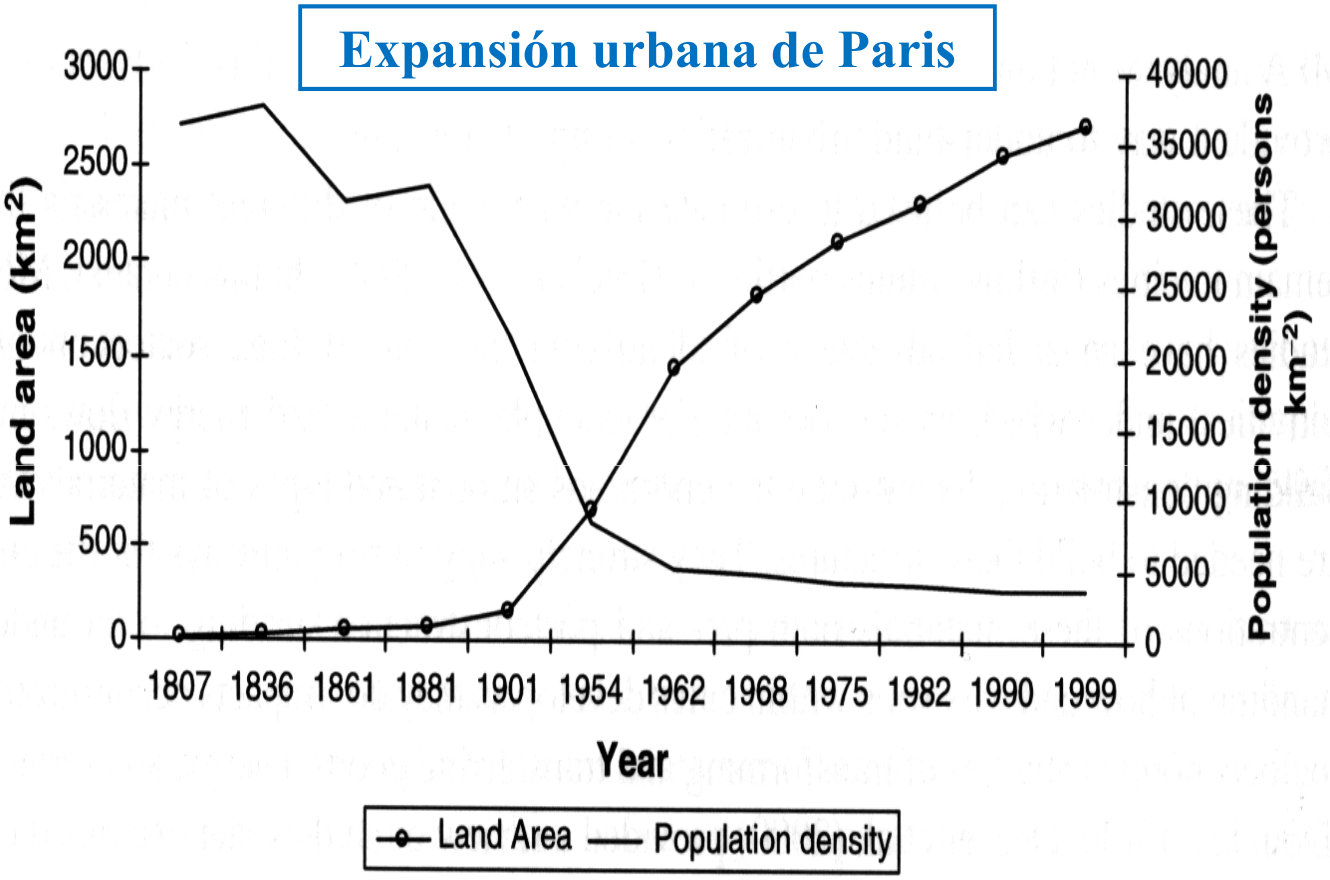
(*) El suelo, como consecuencia de un inadecuado uso, se deteriora en sus funciones por **erosión hídrica o eólica**, **sustancias químicas contaminantes**, **compactación**, **sellado urbano** o **cambio climático.**

Erosión hídrica del suelo

Fuente: SECS (2012)

Es la amenaza más grave, que puede llegar a la completa desaparición del suelo

Sellado del suelo



Fuente: Braimoh & Vlek (2008)

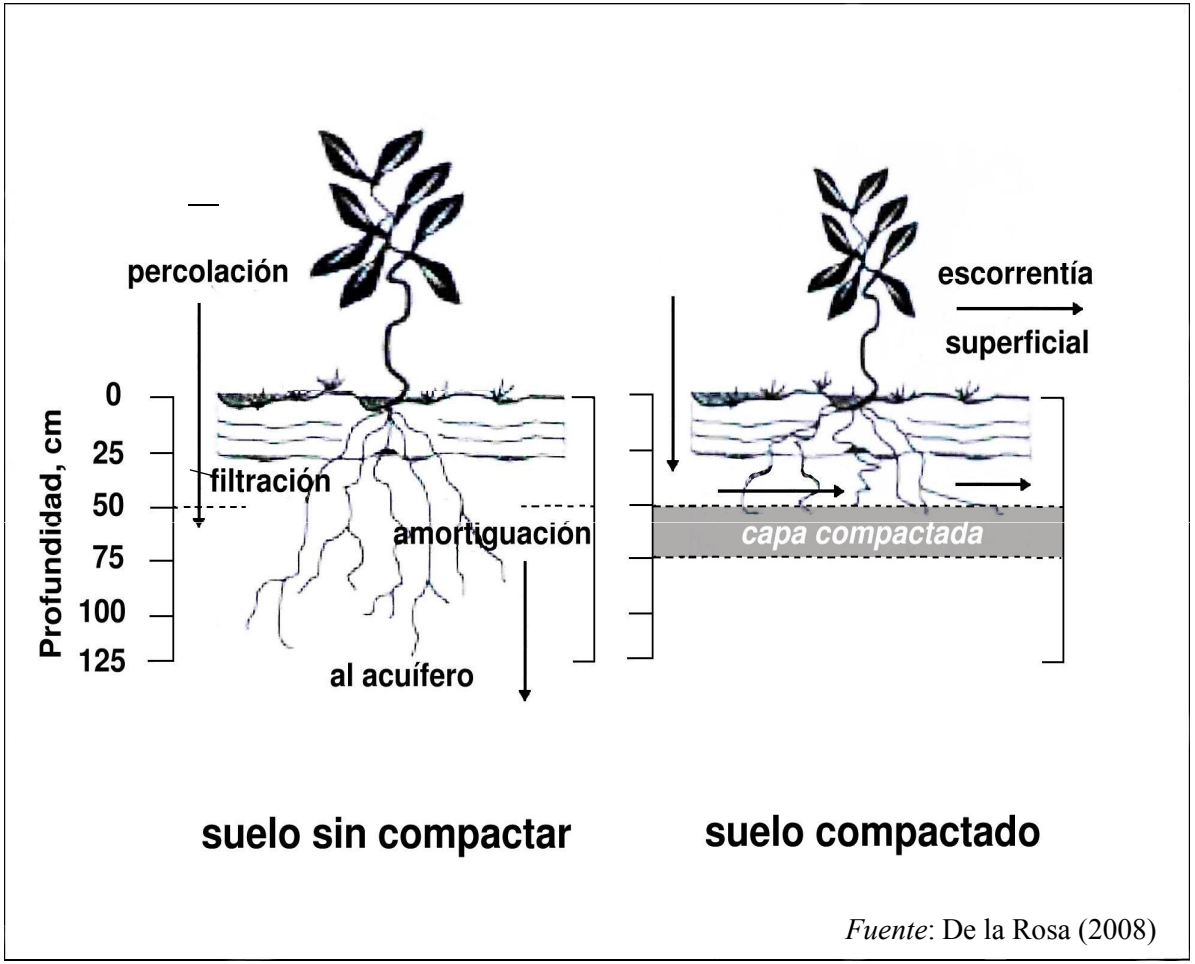
Eliminación drástica por recubrimiento de edificios, con frecuencia de los mejores suelos agrícolas

Contaminación del suelo

Fuente: CSIC (2008)

Se degradan las principales funciones del suelo y se deteriora el medio ambiente

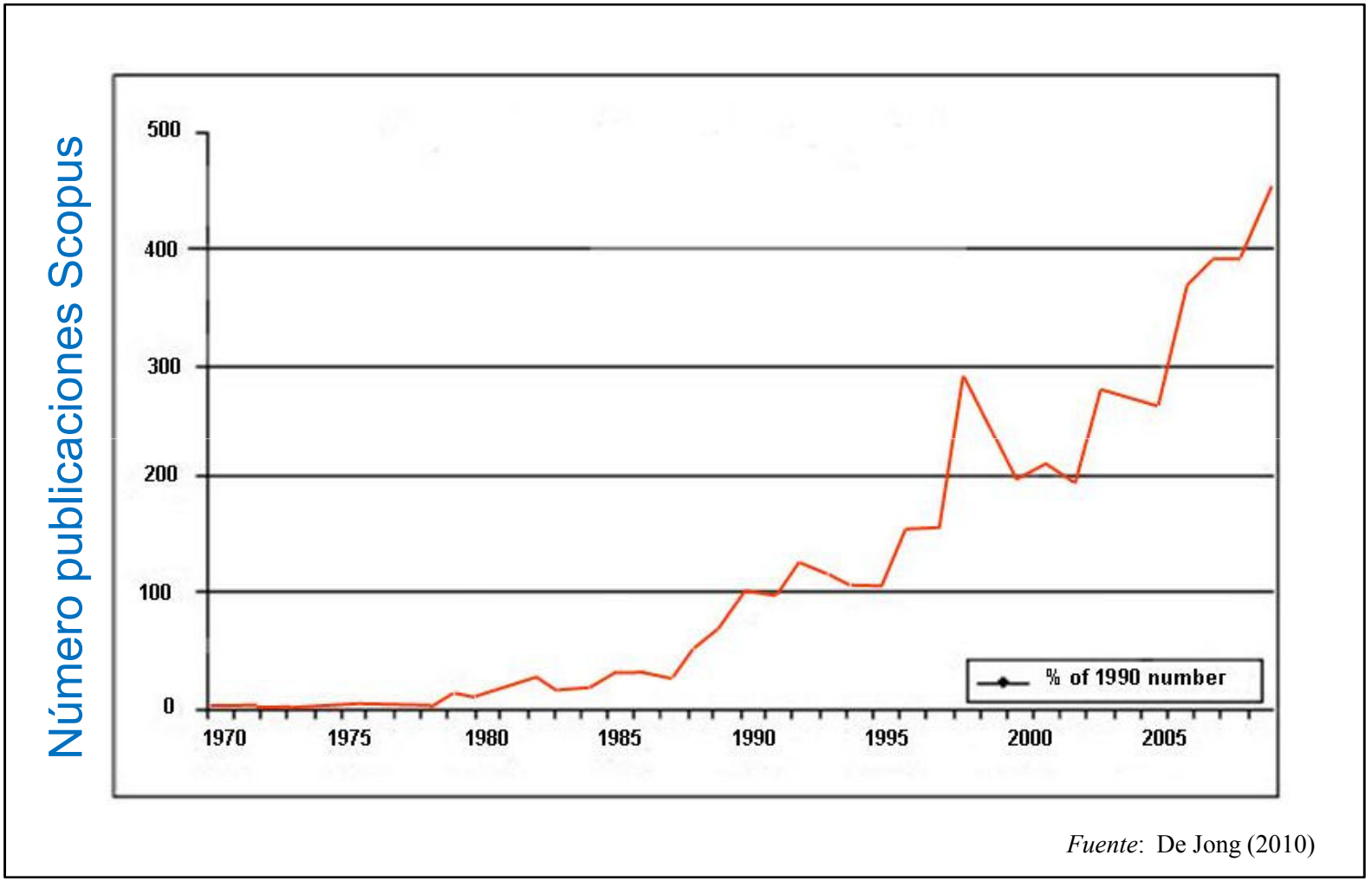
Compactación del suelo



Fuente: De la Rosa (2008)

El tránsito de maquinaria es la principal causa de compactación

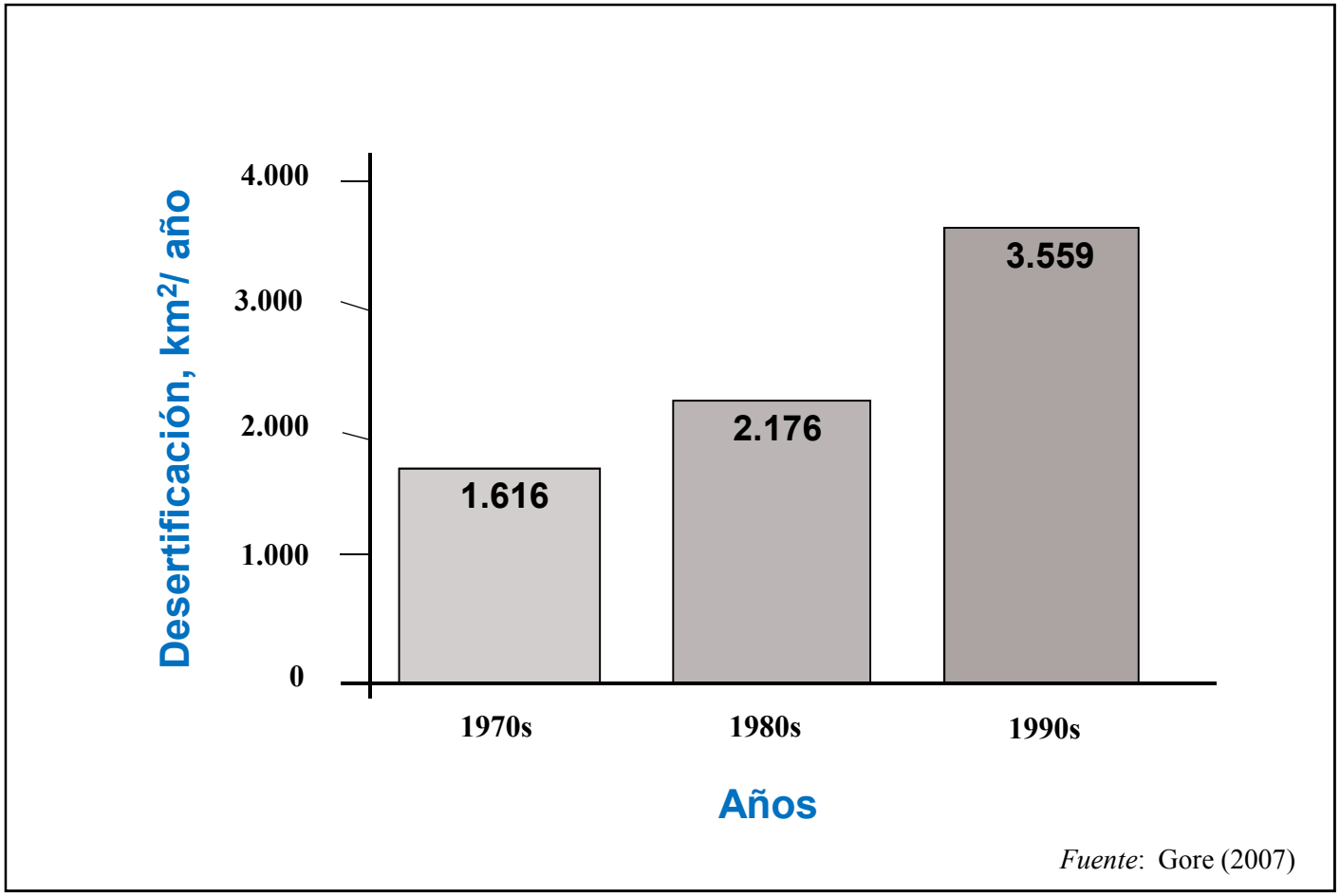
Interés por la degradación del suelo



Fuente: De Jong (2010)

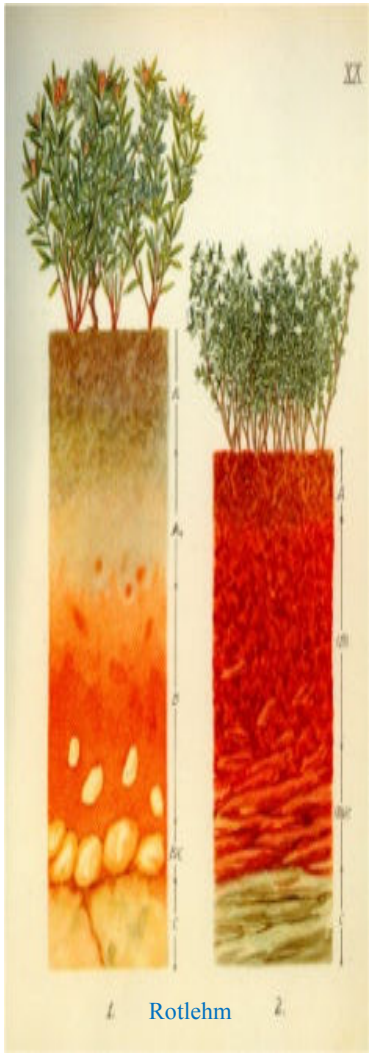
Tras los espectaculares aumentos de cosechas de la Revolución Verde, surge la preocupación por la degradación del suelo

Desertificación: Indice de degradación total



Fuente: Gore (2007)

La degradación del suelo suele pasar desapercibida, rara vez tiene efectos alarmantes, y continua siendo un problema medioambiental grave



Ciencia del suelo*

(*) La enorme complejidad y variabilidad de los suelos, así como la manifiesta multifuncionalidad e interdependencia, proporcionan a su estudio un gran interés científico, razón de ser de la **Edafología o Ciencia del Suelo**.

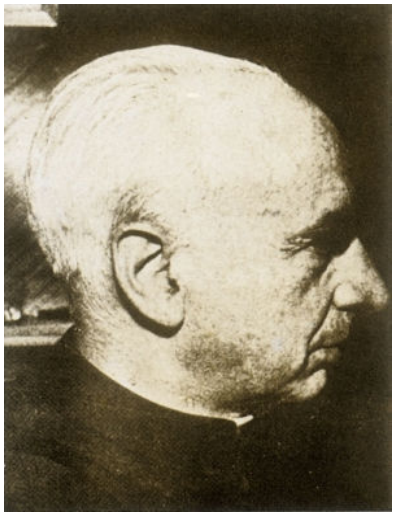
Padres de la Edafología

A nivel mundial

Vasily V. Dokuchaev (1846-1903)

Curtis F. Marbut (1863-1935)

Walter L. Kubiena (1897-1970)



José M. Albaréda (1902-1966)

Emilio Huguet del Villar (1871-1951)

En España

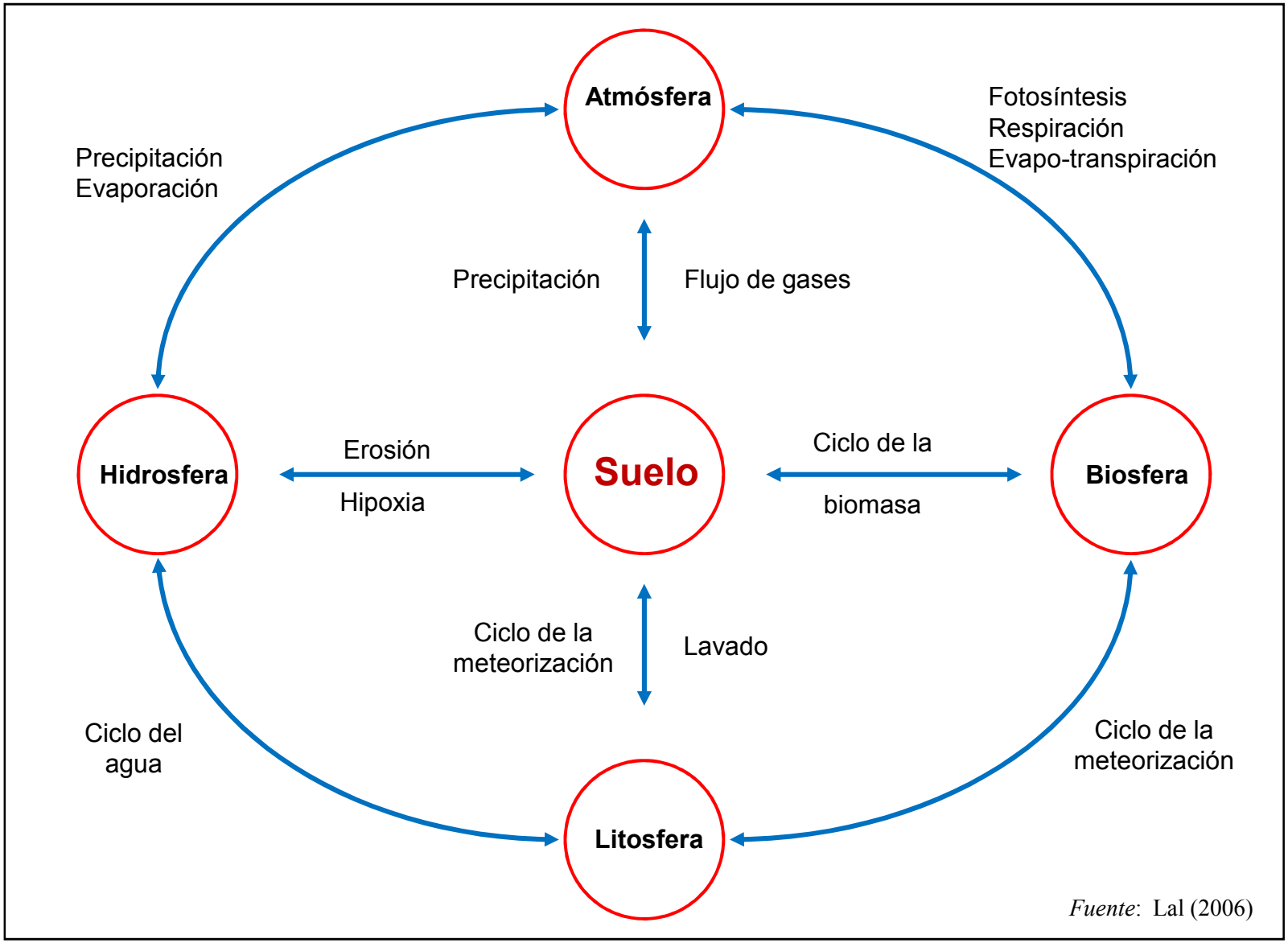
El suelo es la piel de la Tierra

Imagen del satélite SUOMI , NASA 27.01.2012

Suelo Calcic Rhodoxeralf

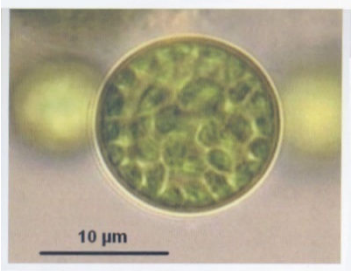
Recurso no-renovable: 1.000 años para generar un centímetro de suelo

Complejidad y funciones del suelo



Papel central de los suelos entre la tierra, el aire, el agua y la vida

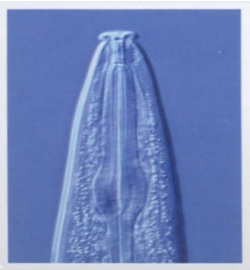
Increíble número de organismos vivos



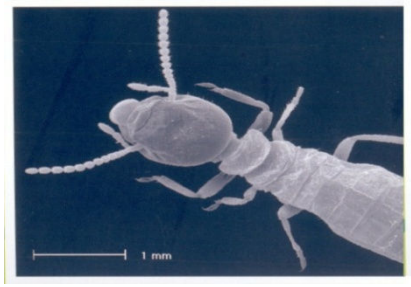
Bacterias

Protozoos

Hongos


Nematodos

Hormigas



Termitas

Lombrices

Ácaros

Miriápodos

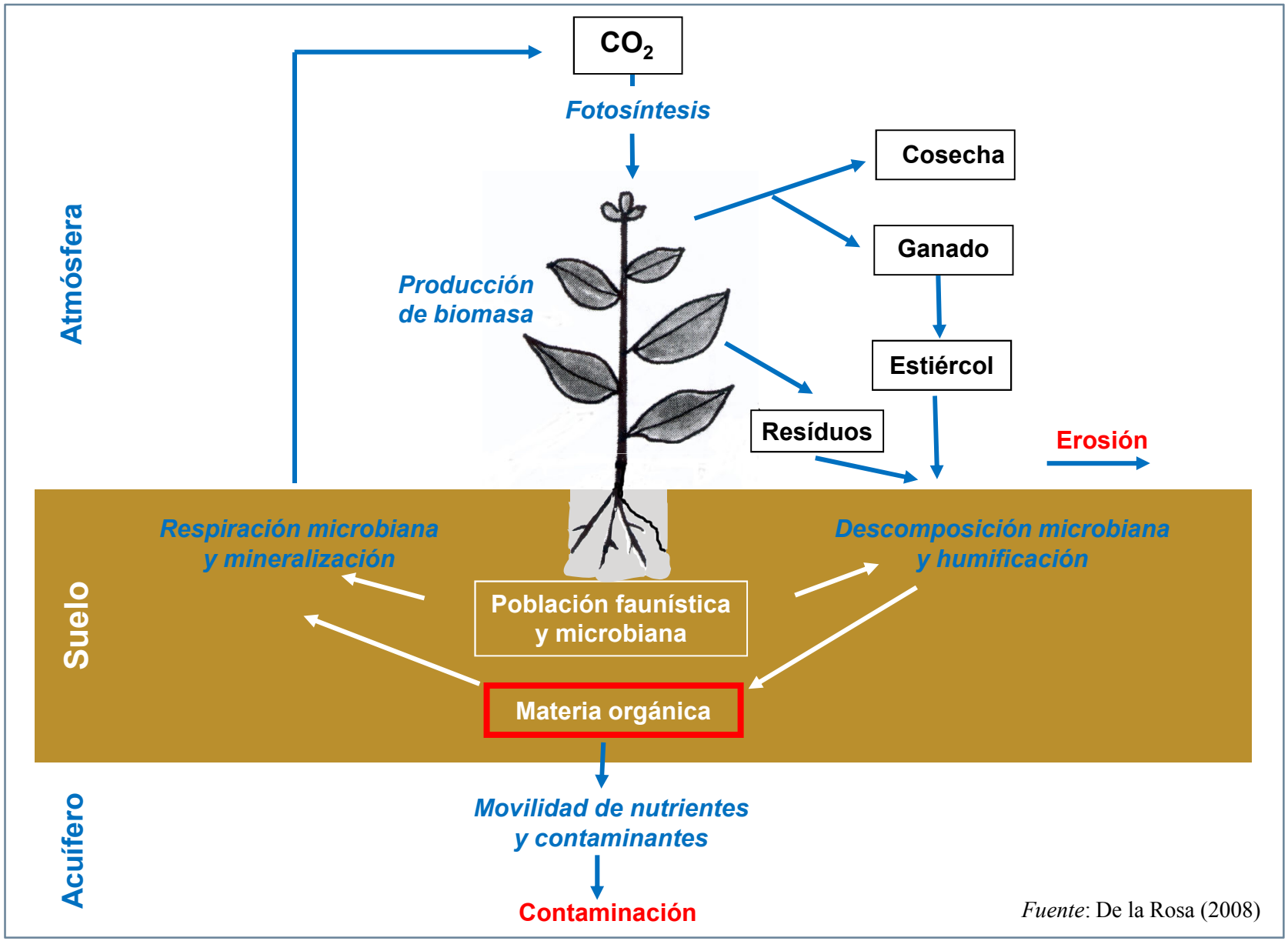
Arácnidos

Mamíferos

Fuente: EC (2010)

Millones de microorganismos, y legiones de pequeños animales

Ciclo global del carbono

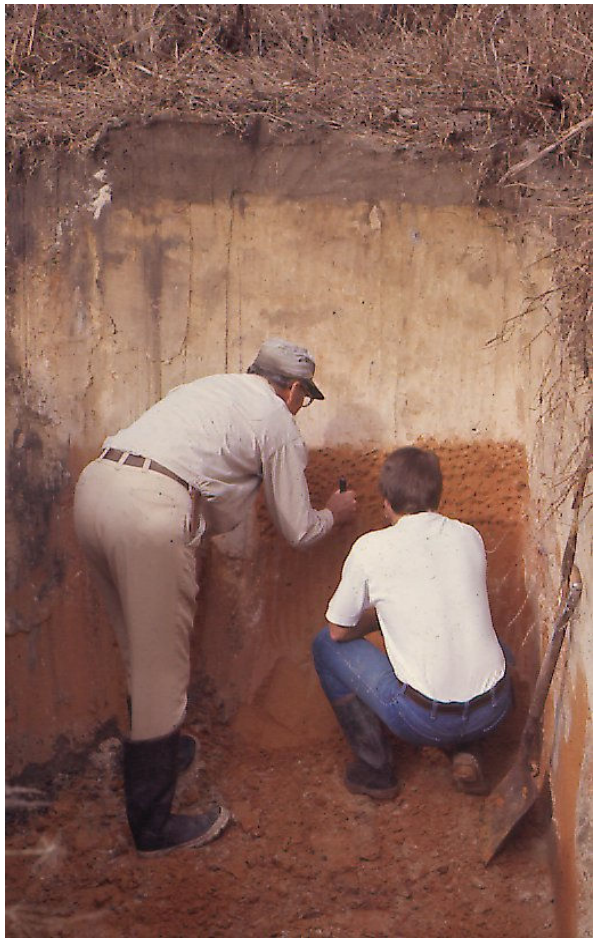


El carbono es el principal componente de la materia orgánica del suelo

Caracterización del individuo-suelo

Paisaje

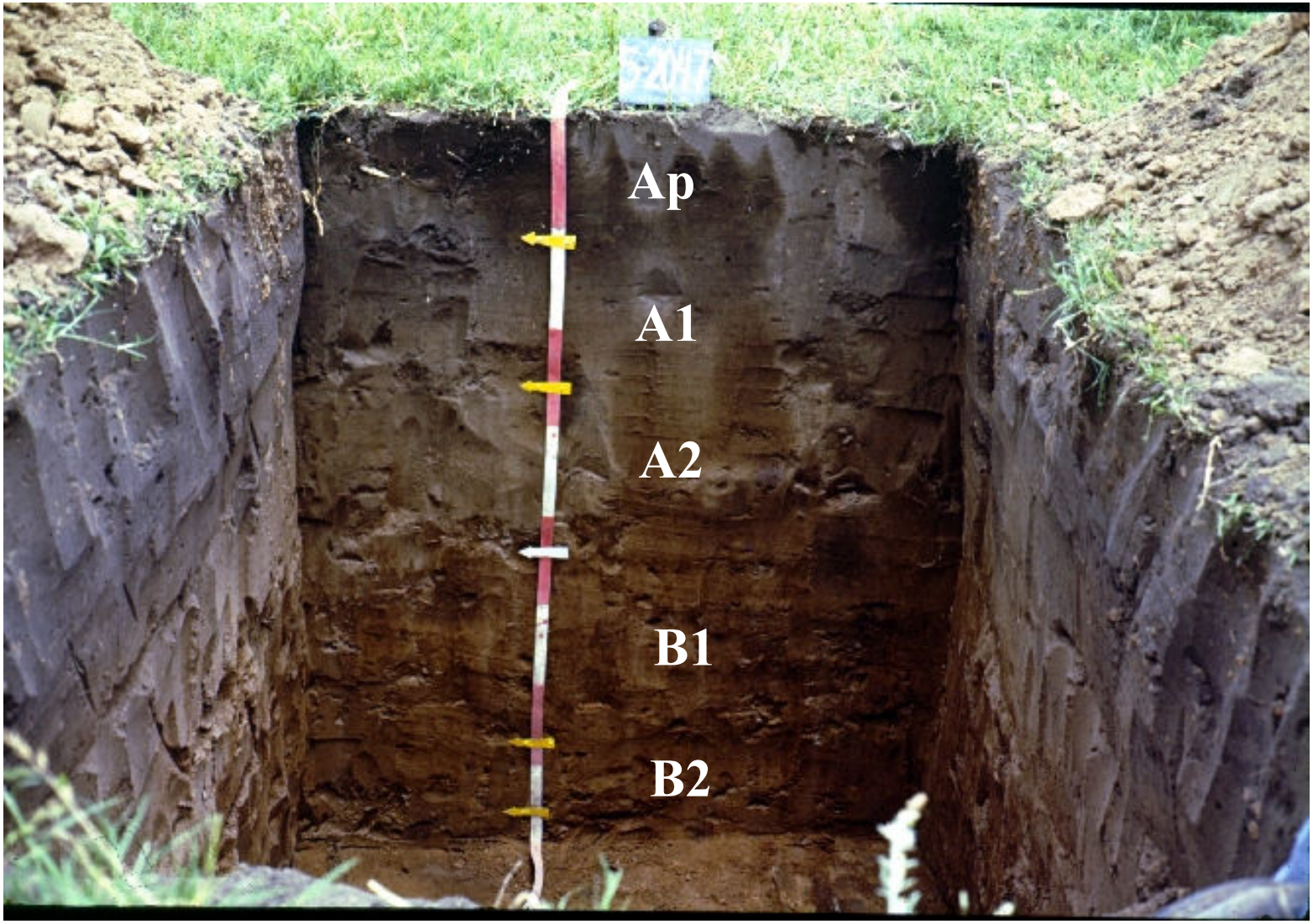
Perfíl vertical



Suelo Mollic Hapludalf

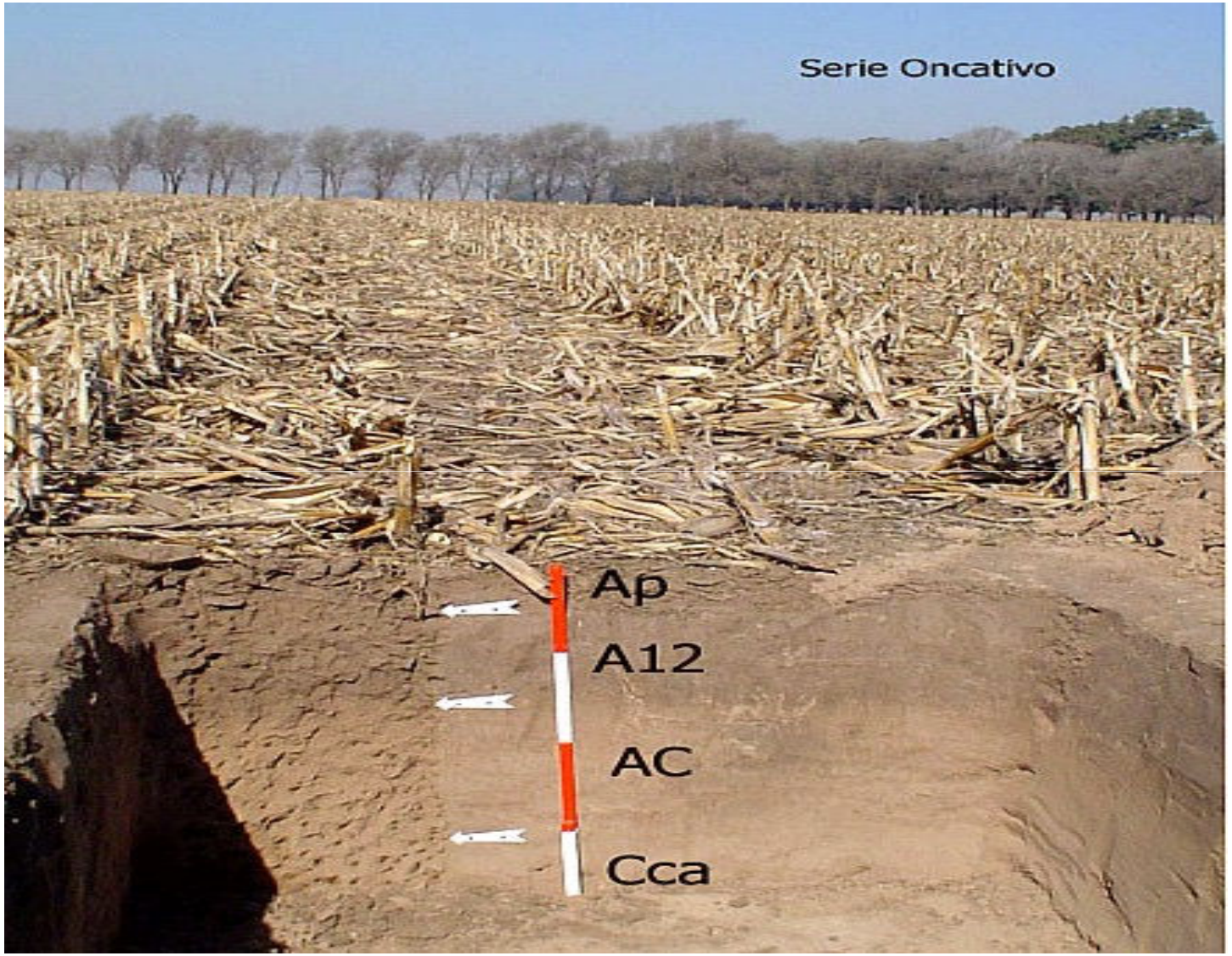
Los suelos se clasifican taxonómicamente como los animales o las plantas

Suelo Aquic Hapludoll



Ejemplo de suelo con elevado contenido en materia orgánica

Suelo Typic Xeropsamment



Ejemplo de suelo arenoso ligeramente desarrollado

Caracterización analítica

Cromatógrafo de gases / espectrómetro de masa

Aparatos de laboratorio cada vez más precisos y sofisticados

Finca experimental

Información observacional e información experimental

Caracterización de suelos: Principales variables

Variables físicas

Textura	Pedregosidad	Drenaje
Estructura	Densidad aparente	Infiltración
Porosidad	Retention de agua	Conductividad
Costras	Compación	Profundidad útil

Variables químicas

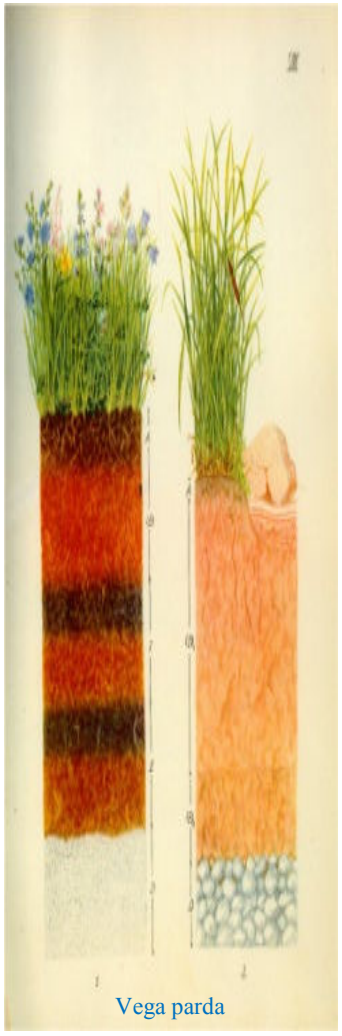
Arcilla	Salinidad	Carbonatos
Color	Nutrientes	Saturación en sodio
Reacción	Oxidos de hierro	Elementos tóxicos

Variables biológicas

Materia orgánica Abundancia de organismos

Actividad biológica: índice de respiración, actividad enzimática, etc.

Las determinaciones cuantitativas han ido sustituyendo a las aproximaciones cualitativas



Vega parda

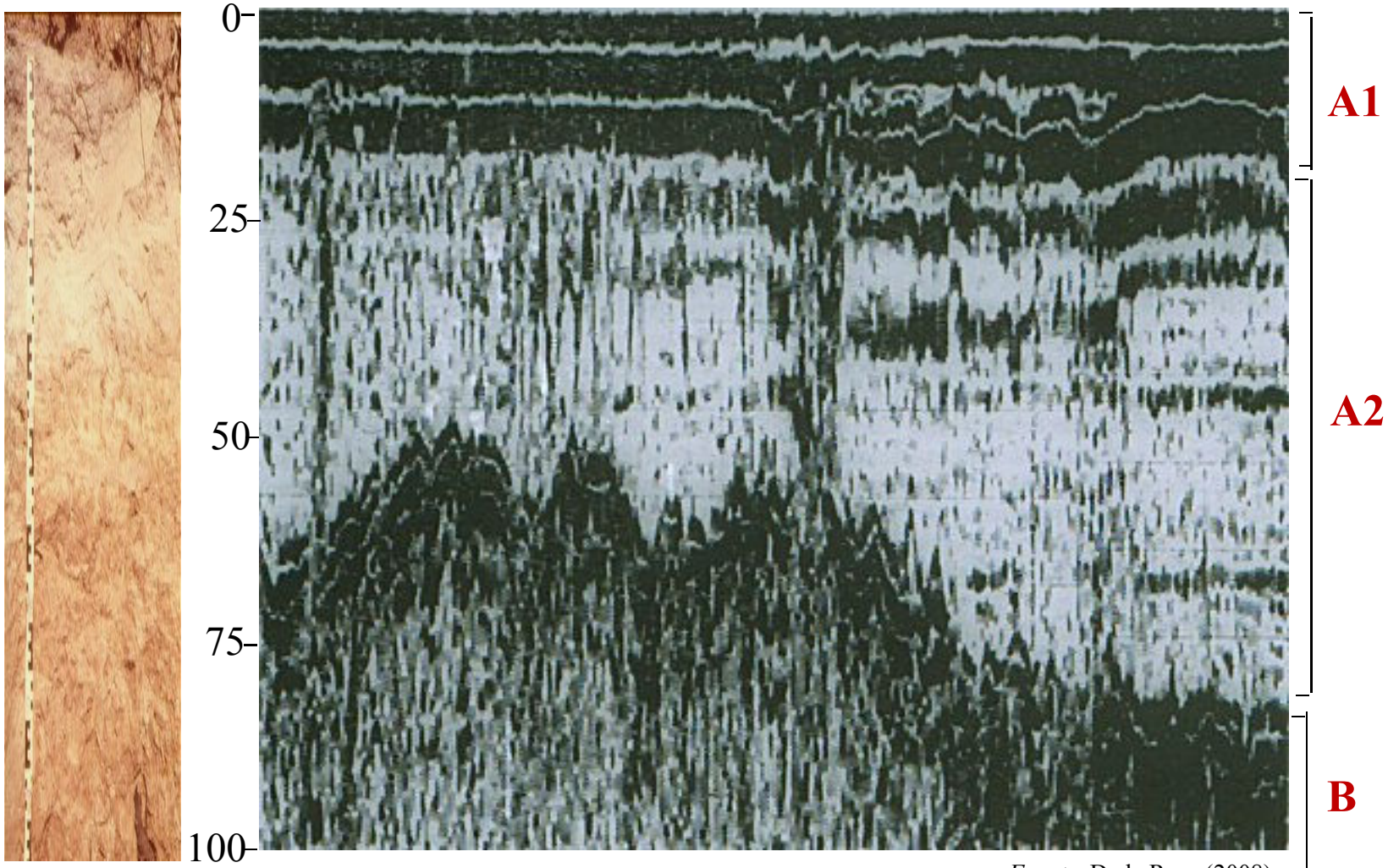
Reconocimiento de suelos*

(*) Estudio geográfico de los suelos mediante la **cartografía, inventario o monitorización**, y la elaboración de mapas.

El suelo no es el mismo en todas partes

La gama de suelos es extremadamente variada: Más de 100.000 tipos diferentes

GPR: Prospección por radar



Fuente: De la Rosa (2008)

Identificación del perfil del suelo sin necesidad de perforar ni abrir

Teledetección espacial

Fuente: REDIAM (2007)

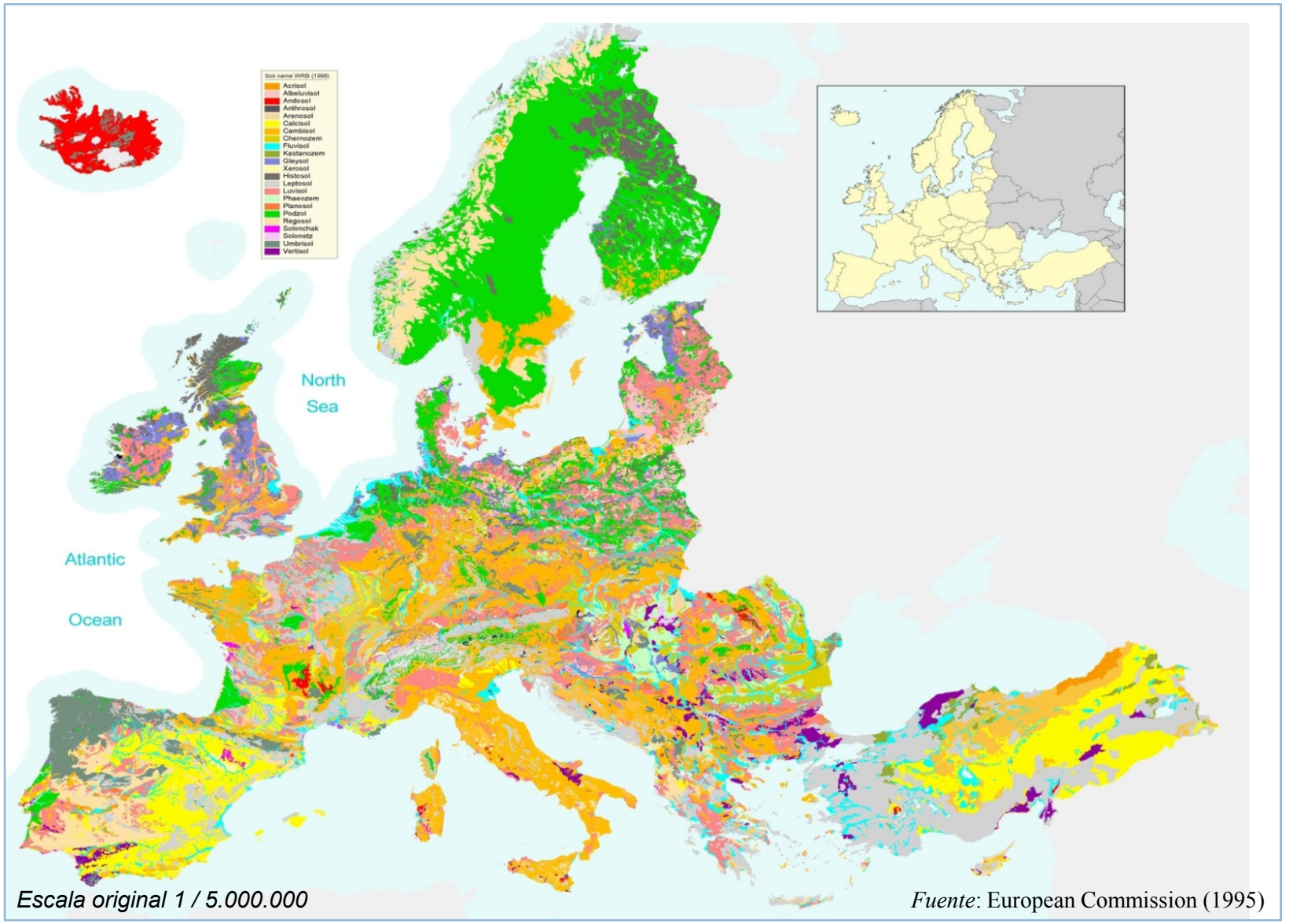
Aumento continuo de la resolución y periodicidad de estas técnicas

Teledetección aérea

Fuente: earth.google.com

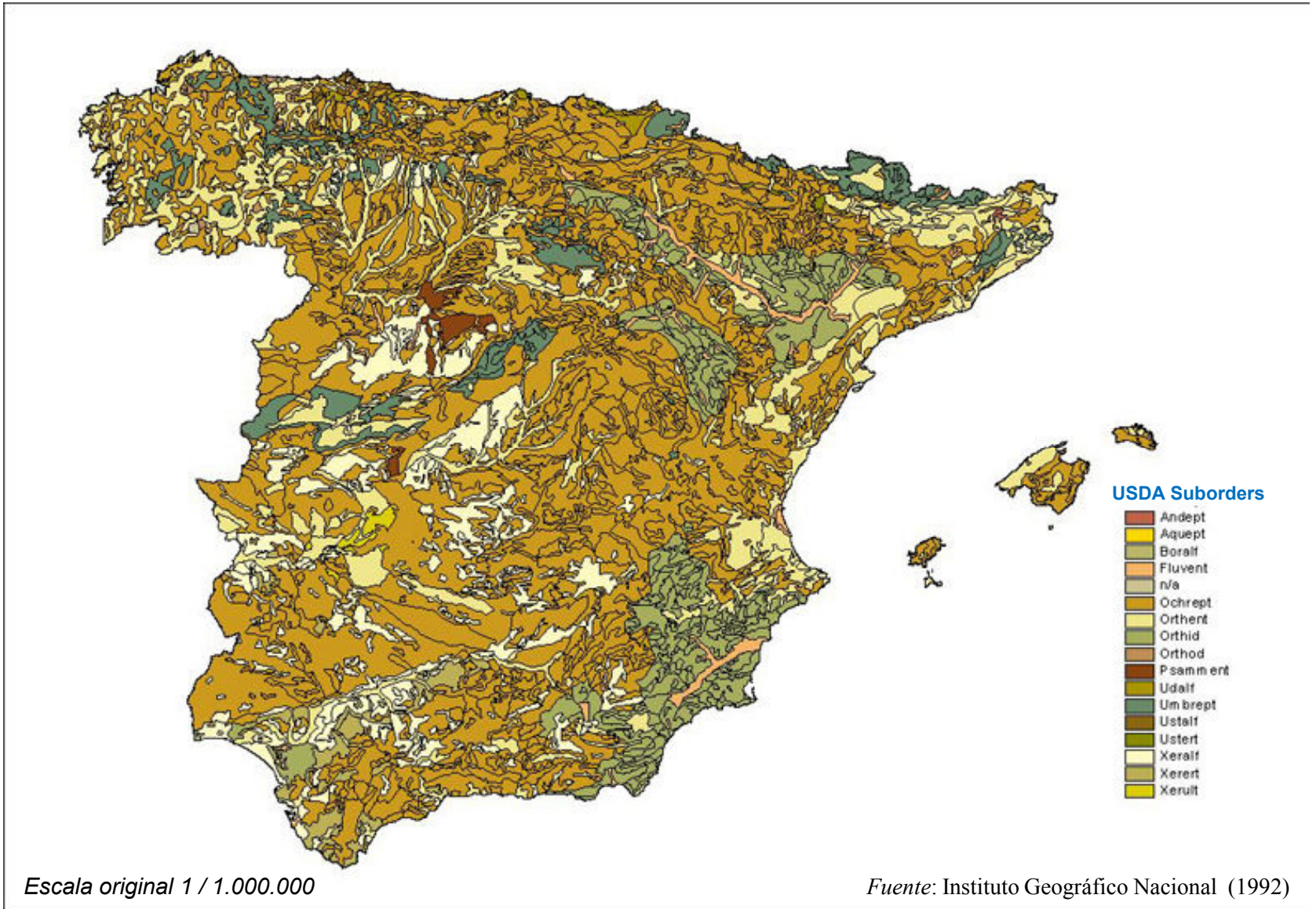
Ejemplo de campos agrícolas en regadío (pivot system)

Atlas de suelos



Ejemplo de un mapa de suelos exploratorio, escala 1/1.000.000 - 1/5.000.000

Cartografía convencional de suelos

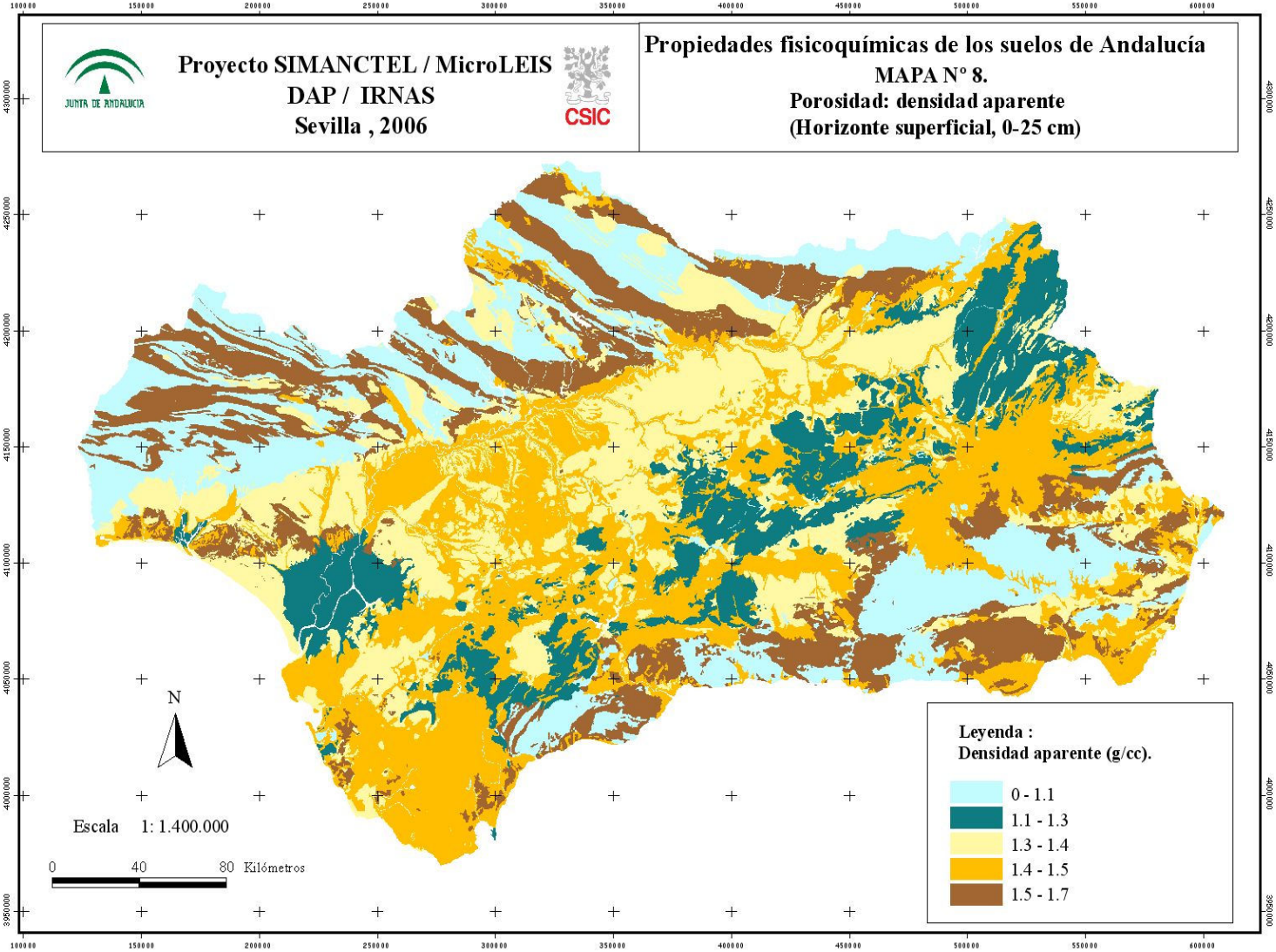


Escala original 1 / 1.000.000

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (1992)

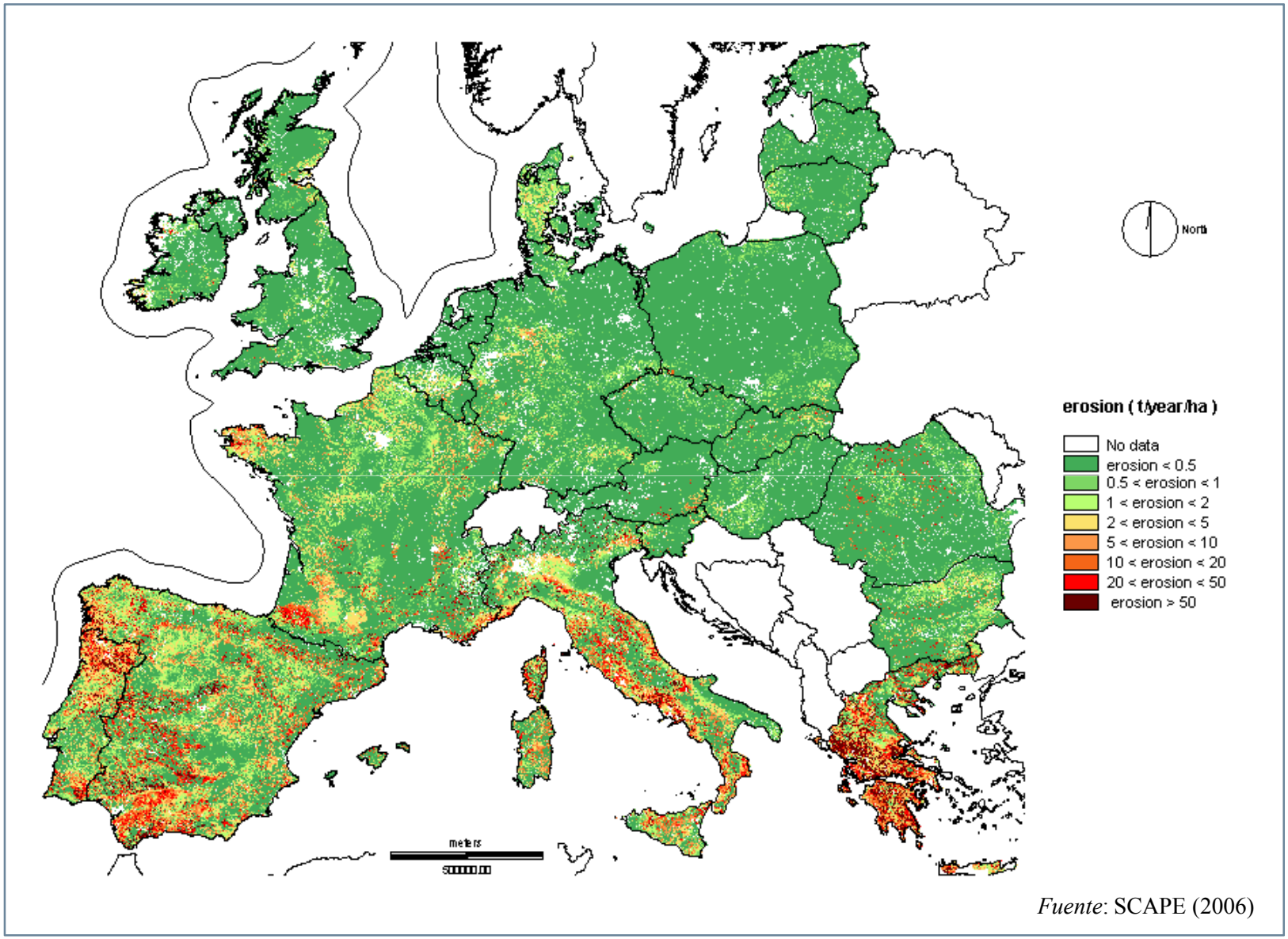
Ejemplo de un mapa de suelos generalizado, escala 1/200.000 - 1/1.000.000

Análisis e interpolación geoestadística



Ejemplo de cartografía automática de propiedades edáficas

Interpretación de datos espaciales



Fuente: SCAPE (2006)

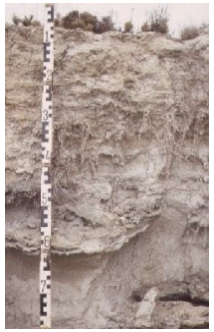
Ejemplo de un mapa interpretativo sobre riesgo de erosión de suelos

Principales suelos de Andalucía

Desértico Al-06

Volcánico Al-05

Salino SE-05



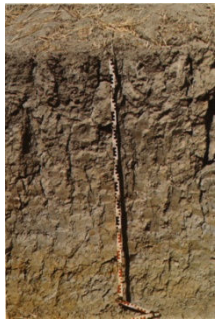
Yermo GR-06

Arenoso H-04

Vega CO-07

Albariza CA-05

Albariza JA-06



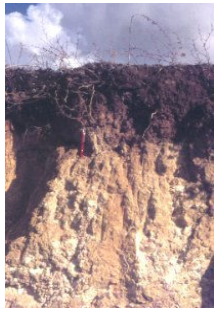
Bujeo CO-02

Bujeo SE-03

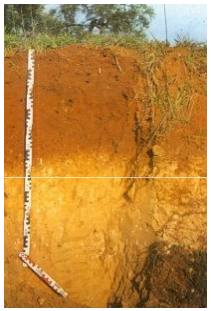
Tierra negra H-03

Tierra negra CA-01

Pardo calizo MA-01



Suelo rojo CA-03



Suelo rojo SE-01

Pseudogley SE-08

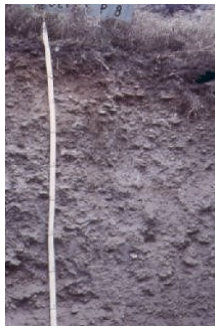
Laja H-02

Greda roja Al-01

Rendsina JA-08

Terra rossa CO-06

Terra rossa CA-06



Alpino GR-02

Tierra parda CO-04

Tierra parda H-01

Fuente: *Catalogo de Suelos de Andalucía* (De la Rosa el al., 1984).

Existen muy pocos tipos de suelos mediterráneos que no se encuentren en Andalucía

Ranker de mull

Evaluación de suelos*

(*) A partir del mayor y más preciso conocimiento científico de los suelos, las **posibilidades de procesar e interpretar los datos** han aumentado extraordinariamente como consecuencia del avance arrollador de las tecnologías de la información.

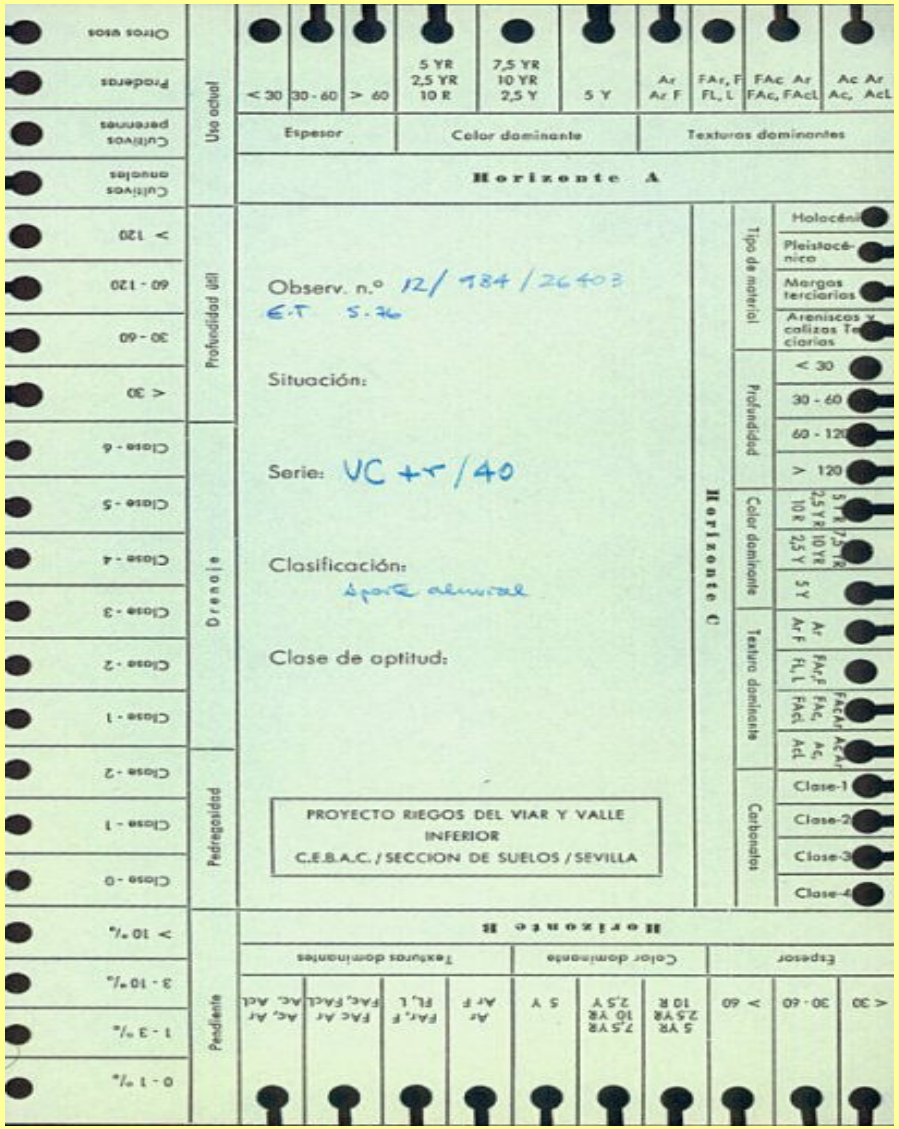
Máximo número de determinaciones

Descripción del lugar ……..	62	variables
Descripción de horizontes ……..	54*	“
Análisis químico general ……..	33*	“
Sales solubles y elementos trazas ……	27*	“
Determinaciones físicas ……..	9*	“
Determinaciones hidraulicas ……..	50*	“
Análisis especiales ……..	10*	“
Fotografías ……..	4	“
Metadatos ……..	78	“
TOTAL ……..	**327**	“

(*) Determinaciones que se repiten en cada horizonte

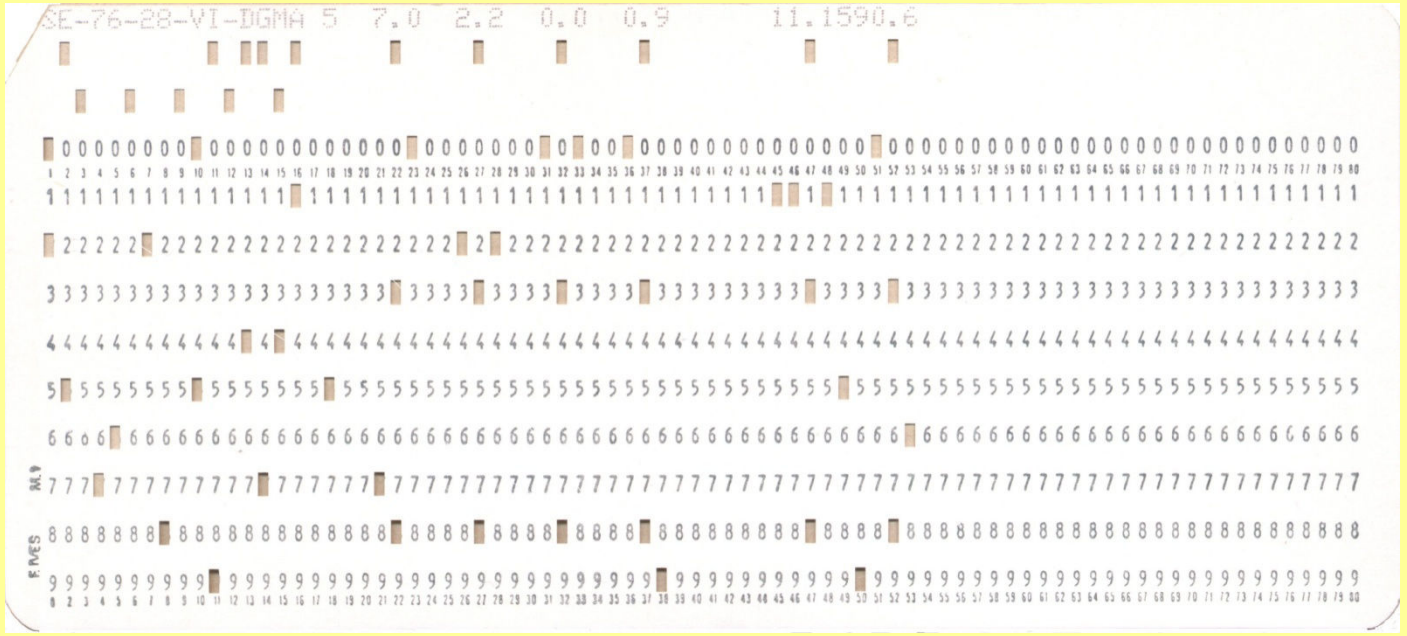
Para un suelo de 5 horizontes se sobrepasan los 1.500 registros

Recopilación de datos



Ficha de recogida de datos de suelos anterior a la “Era de la Informatización” (1974)

Recopilación y armonización



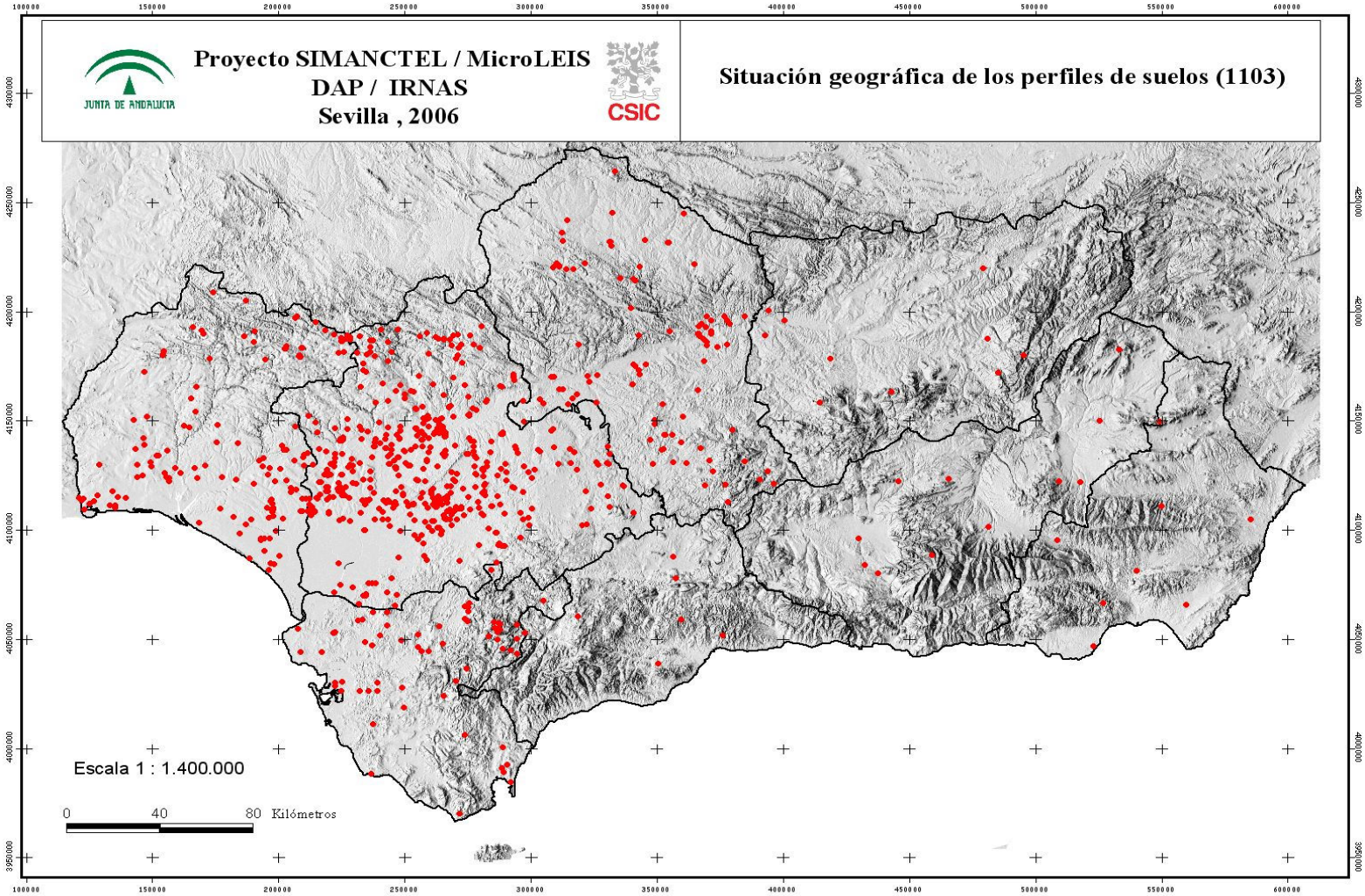
Antigua tarjeta perforada IBM con datos de un horizonte de suelo (1977)

Sistemas de información de suelos

Fuente: www.microleis.com

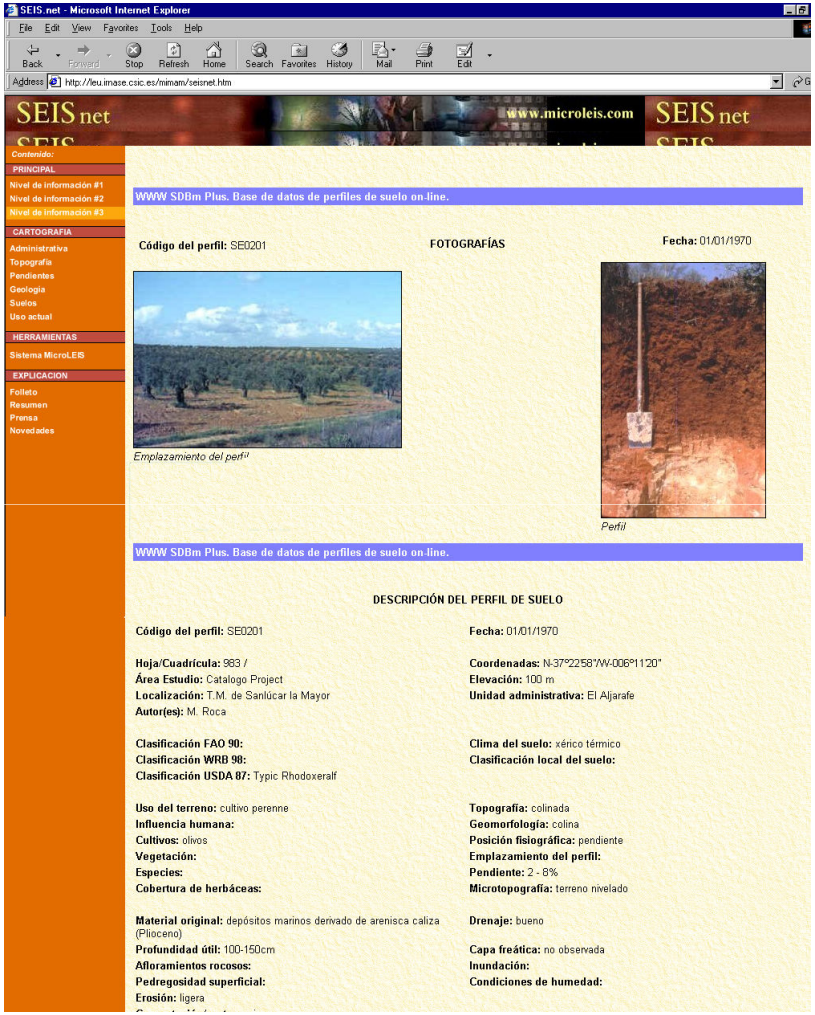
Recopilación y armonización de datos geo-referenciados

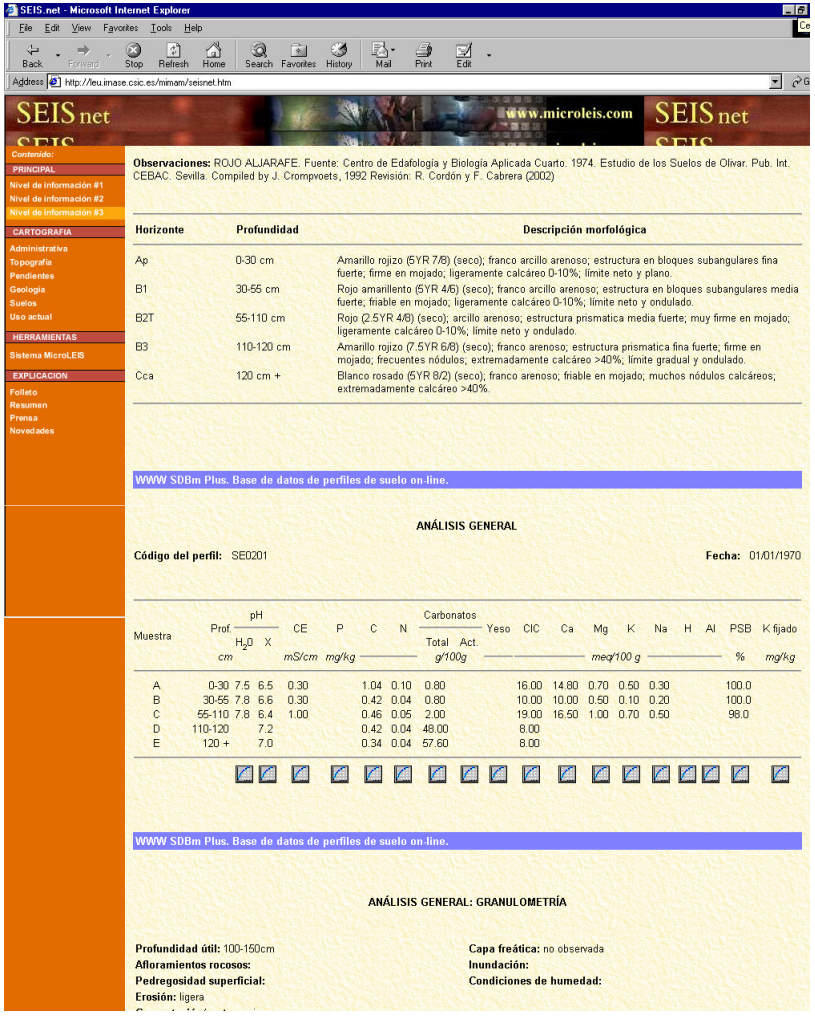
Perfiles de suelos informatizados



Más de 1.000 perfiles y 15.000 sondeos de suelos del IRNAS
(González, Chaves, Paneque, Mudarra et al.)

Ejemplo de perfil de suelo informatizado

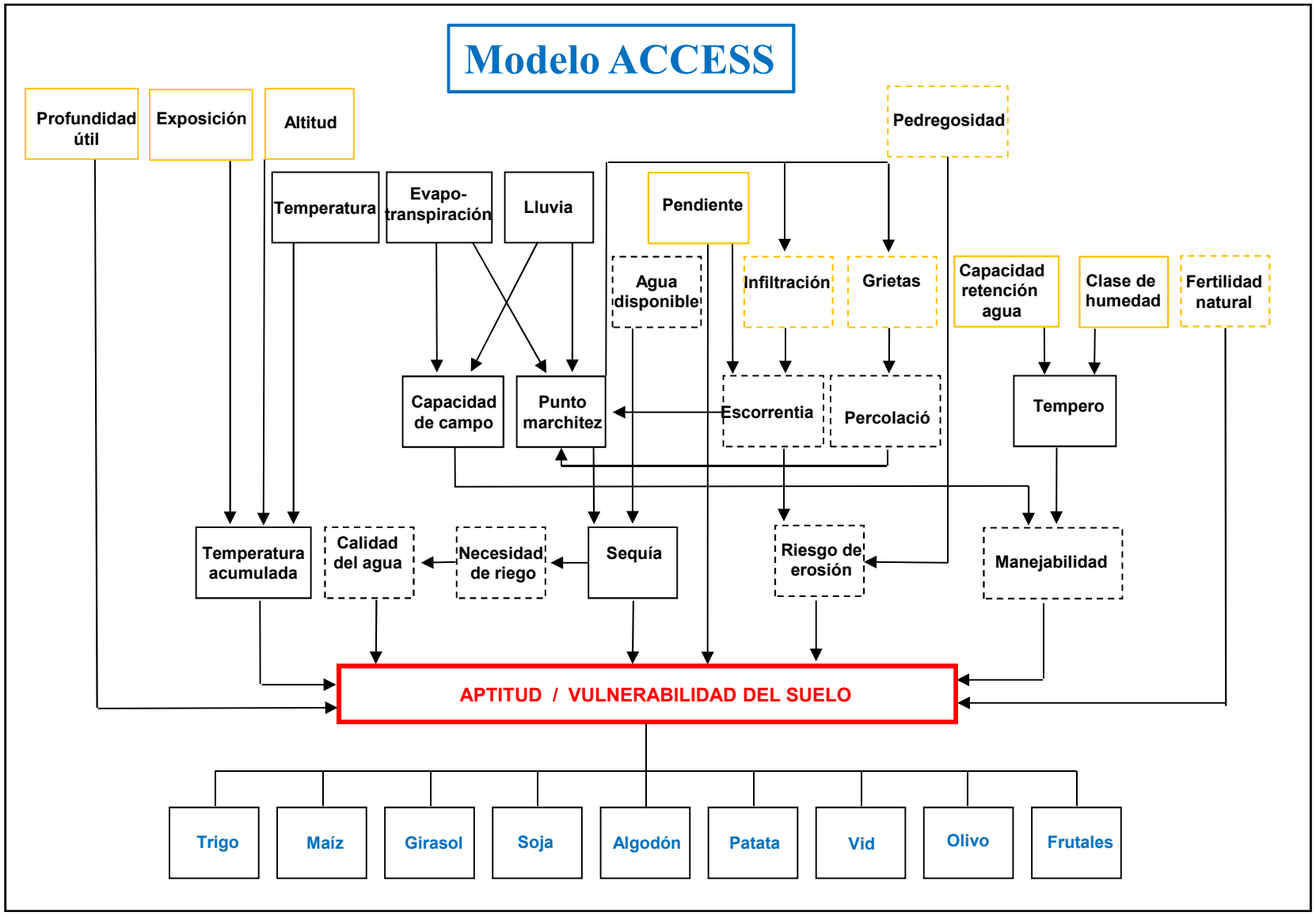




Fuente: www.microleis.com

Otras iniciativas: *EU Directive INSPIRE, 2007; IUSS Digital Soil Mapping, 2009*

Diagrama de un modelo del sistema suelo-uso



Fuente: Loveland et al. (1995)

Se pretende la mayor capacidad de explicación y predicción del modelo para generar nuevos escenarios

MicroLEIS DSS para la evaluación de suelos

Tecnología TICs

Recopilación de datos:
CDBm registros meteorológicos
SDBm datos geo-referenciados
MDBm experiencia capturada

Modelización bio-física:
ES sistema experto
HM modelo híbrido
NN red neuronal
QA sistema cualitativo
SM modelo estadístico
SS modelo de simulación

Automatización de modelos:
PC programa de ordenador
Web aplicación WWW
GI tecnología geográfica

Procesos analizados/outputs

Productividad del suelo:
AS aptitud agrícola (12 cultivos)
BD deficiencia bio-climática
CP productividad agrícola (3 cultivos)
FS aptitud forestal (61 especies)
LC capacidad de uso
NF fertilidad natural

Degradación del suelo:
CR riesgo de contaminación
CT compactación/traficabilidad
ER riesgo de erosión
IM impacto/mitigación
PW plasticidad/manejabilidad
SC contaminación específica

Componentes integrados

Bases de datos

CDBm Clima
SDBm Suelo
MDBm Manejo

Modelos de evaluación

SS Terraza BD	*ES Raizal* ER
QA Cervatana LC	*HM ImpelERO* IM
NN Sierra FS	*SM Aljarafe* PW
QA Almagra AS	*SM Alcor* CT
SM Albero CP	*ES Arenal* CR
QA Marisma NF	*ES Pantanal* SC

Automatización y espacialización

PC- Software
Web- Desarrollos
GI- Aplicaciones

Principales inputs

Variables climáticas:
Temperatura mensual
Precipitación mensual
Precipitación máxima

Atributos edáficos:
Profundidad útil
Clase textural
Materia orgánica
Tipo de drenaje
Retención de agua

Parámetros agrícolas:
Tipo de uso
Prácticas de manejo

Soluciones soportadas

Planificación territorial:
Selección de tierras agrícolas
Reforestación de tierras marginales
Diversificación de cultivos
Segregación zonas vulnerables
Problemas de fertilidad de suelos

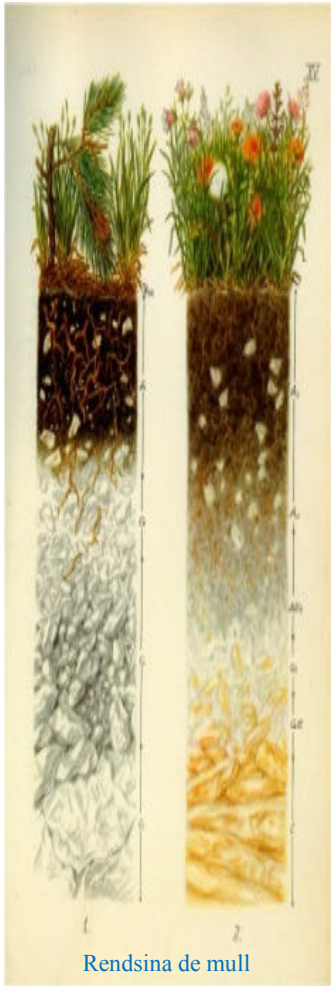
Sistemas de manejo agrícola:
Restauración de materia orgánica
Intensidad de laboreo
Tiempo de tempero
Selección de maquinaria
Racionalización de agro-químicos

Escenarios futuros:
Impacto climático
Desarrollo agrícola potencial
Vulnerabilidad y resilencia
Cultivos bio-energéticos
Prácticas de adaptación
Secuestro de carbono

Portal Web de MicroLEIS

Fuente: www.microleis.com

Disponible en Internet desde 1998, con más de 5.000 usuarios registrados

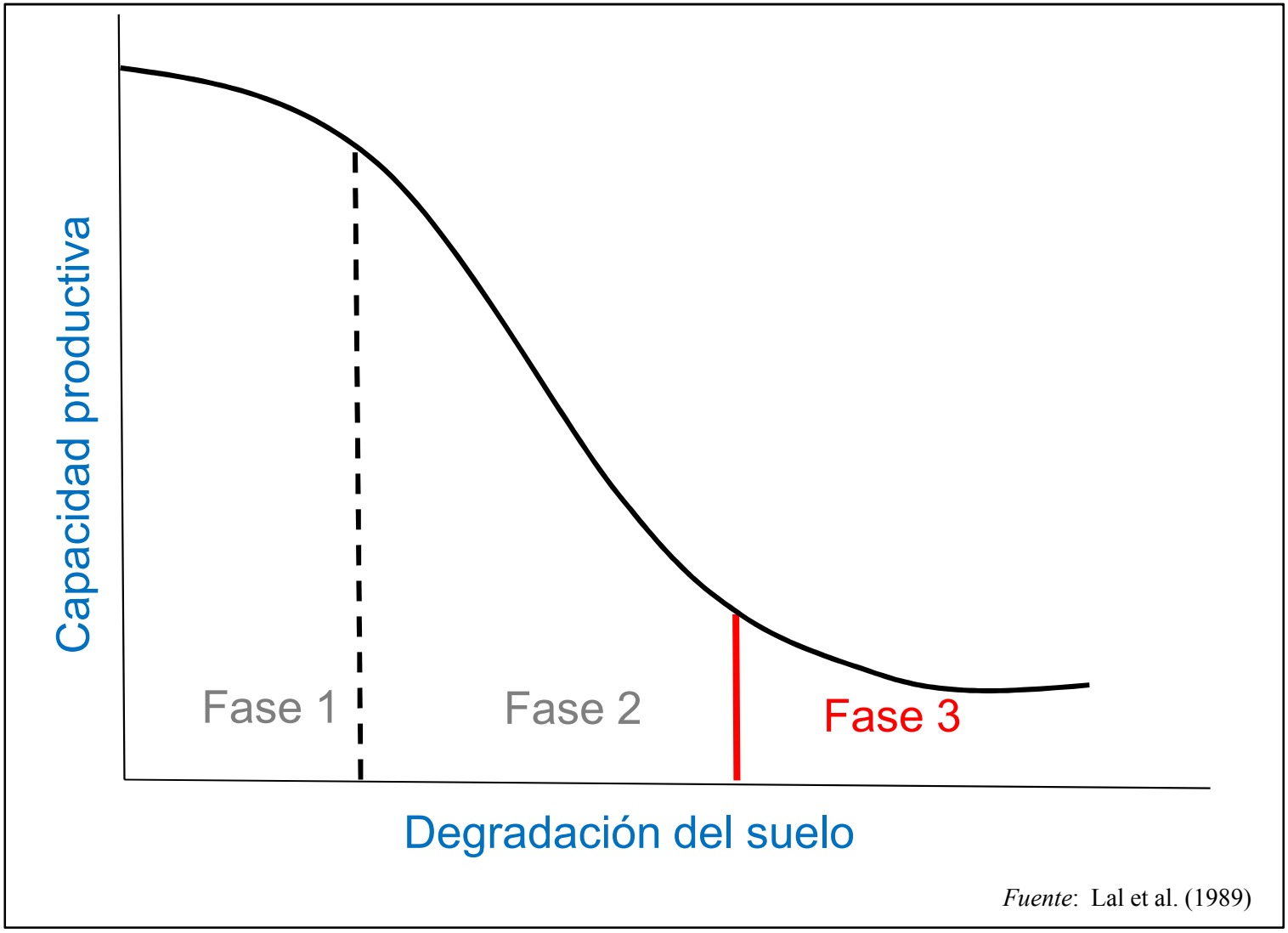


Rendsina de mull

Enfoque agro-ecológico*

(*) Nuevo enfoque para una agricultura realmente sostenible, que trata de compaginar producción y conservación mediante una **dependencia crucial del recurso suelo**.

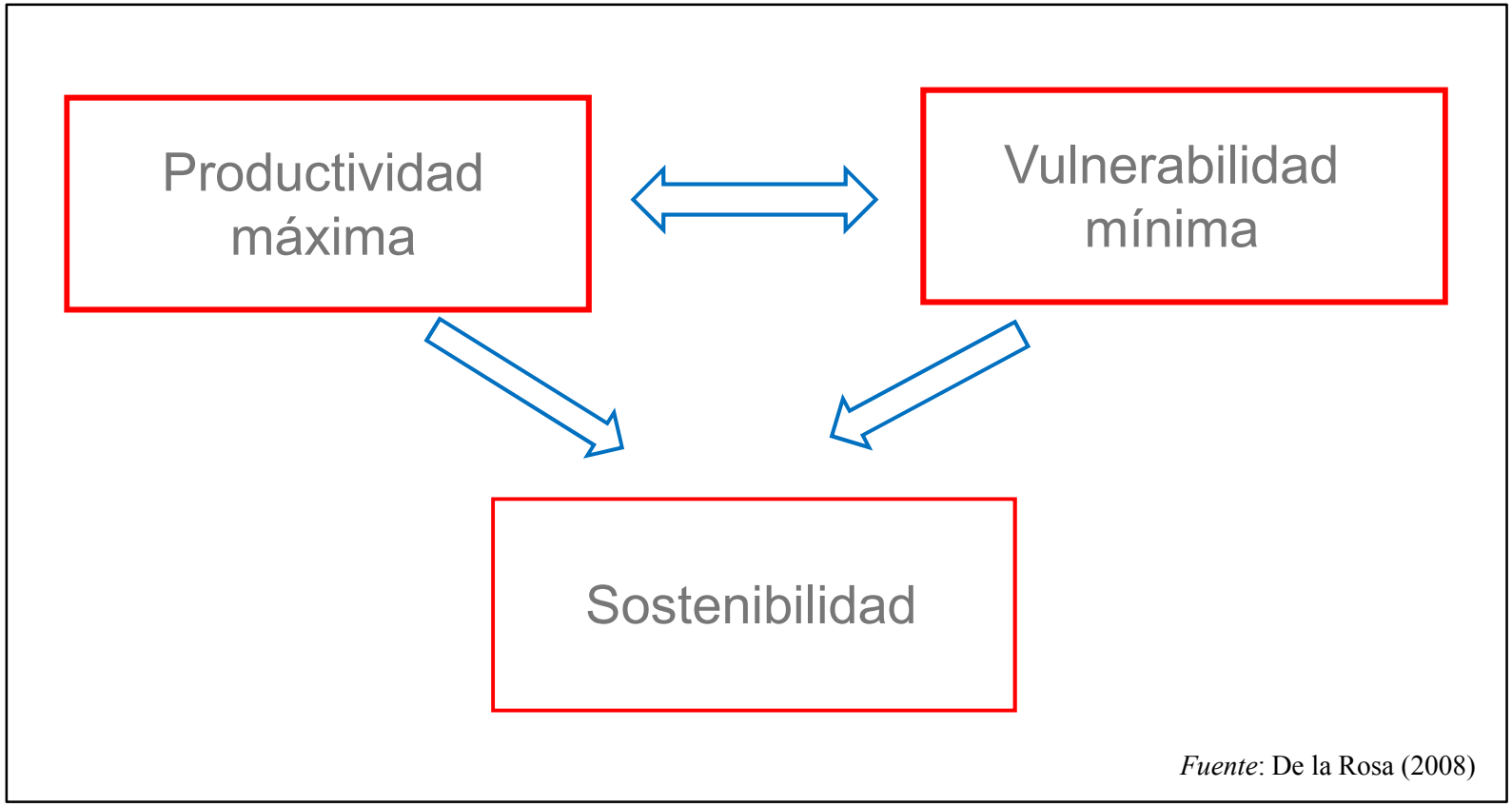
Agricultura *y* medio ambiente



Fuente: Lal et al. (1989)

La degradación del suelo se vuelve contra su propia capacidad productiva

Sostenibilidad en suelos



Fuente: De la Rosa (2008)

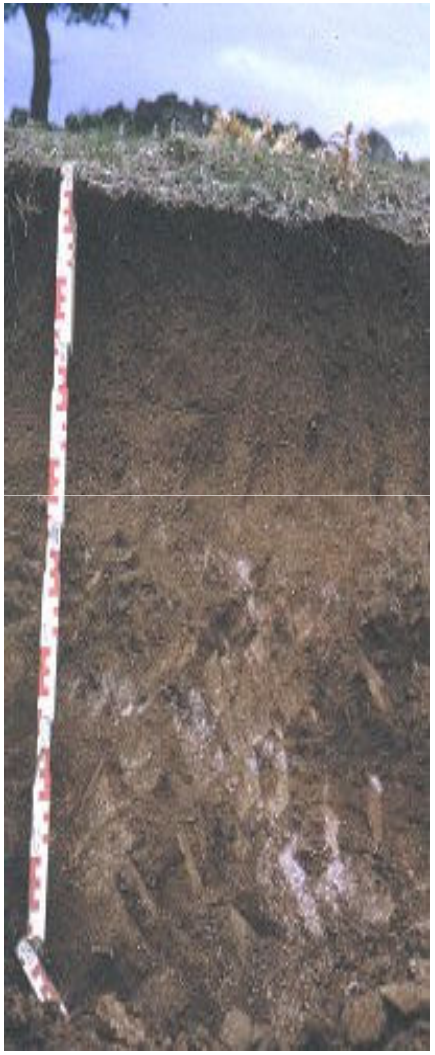
Intensificación agrícola no se relaciona necesariamente con degradación del suelo

Identificar los mejores suelos agrícolas

Tierra negra: *Typic Pelloxerert*

Según la capacidad potencial de uso y aptitud relativa para los cultivos

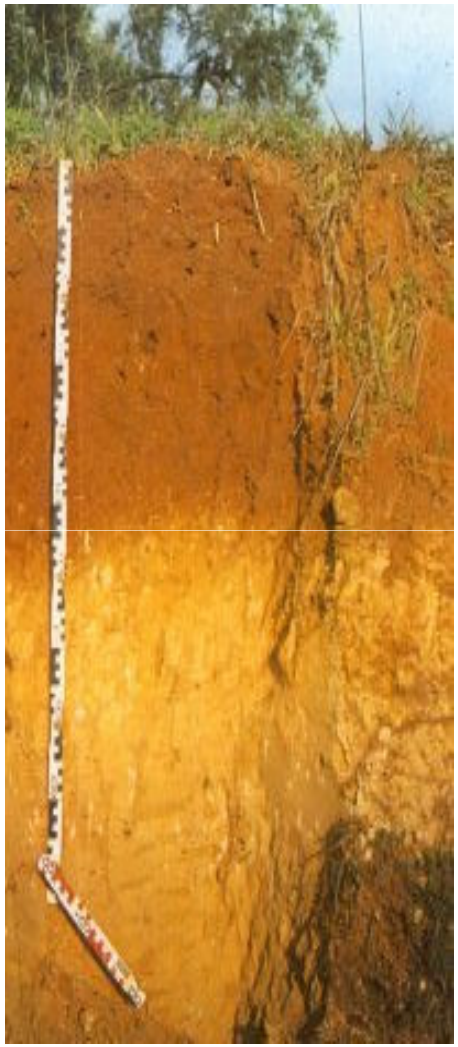
Reforestar los suelos agrícolas marginales



Tierra parda: *Lithic Xerochrept*

Los suelos marginales son el escenario ideal para el proceso de erosión

Diversificar la rotación de cultivos



Suelo rojo: *Calcic Rhodoxeralf*

Estableciendo el tipo de suelo ideal para cada cultivo

Proteger las zonas vulnerables

Suelo albariza: *Rendollic Arent*

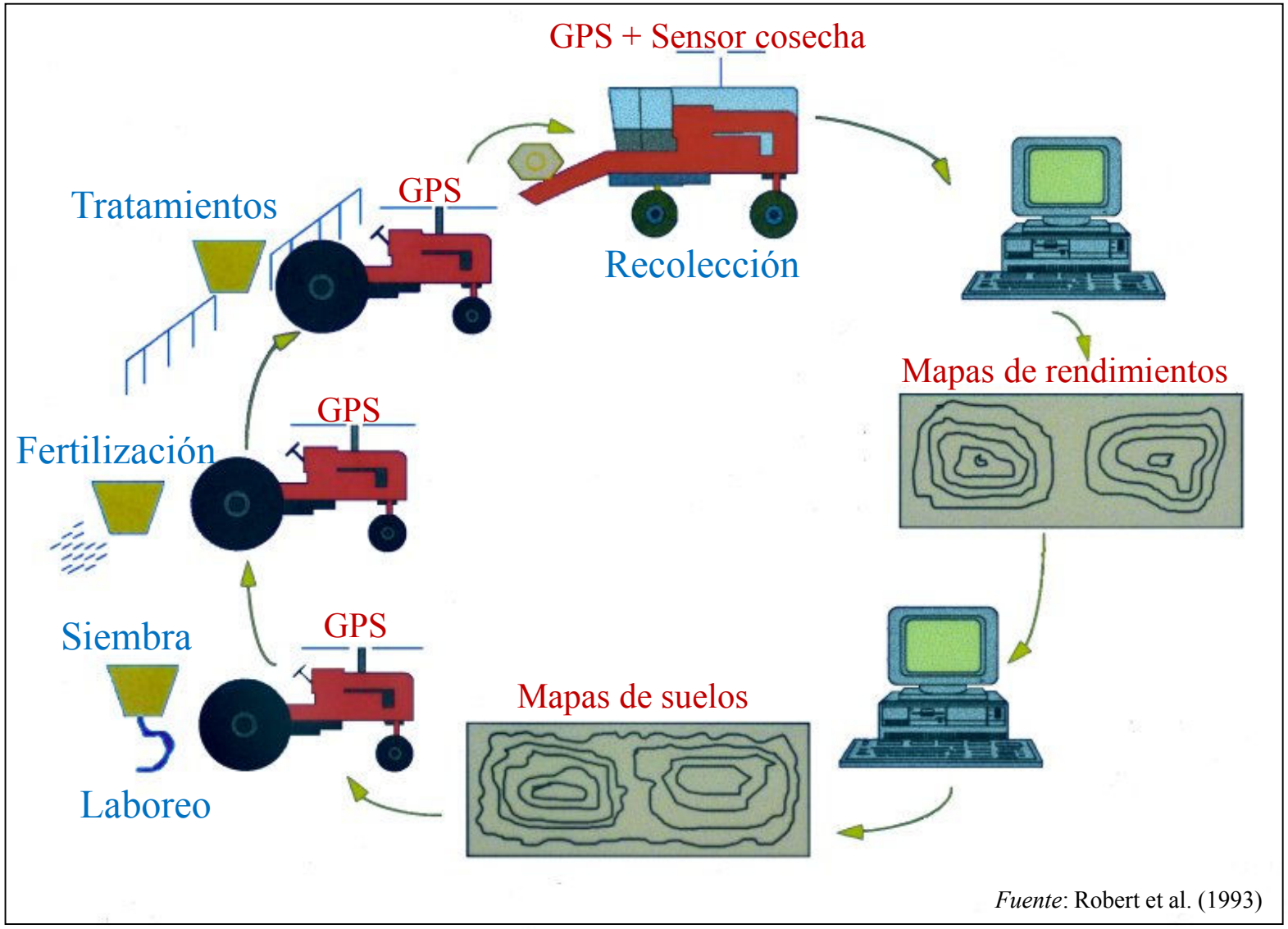
La pérdida de suelo por erosión es grave cuando supera las 10 ton/ha/año

Optimizar el uso adicional de agua

Suelo salino: *Salorthidic Fluvaquent*

El conocer los suelos es la mejor manera de ahorrar agua

Manejo agrícola de precisión



Prácticas específicas según la variabilidad geográfica de los suelos

Otros conocimientos agronómicos

Sobre los cultivos

- Control químico de malezas
- Control biológico de plagas
- Biotecnología:
  - Cultivos genéticamente modificados
  - Explotación biológica de nutrientes
  - Técnicas de bio-remediación

Tipos de agricultura

- Agricultura de precisión
- Agricultura de conservación
- Agricultura ecológica
- Sistema integrado

El enfoque agro-ecológico adapta e integra otros conocimientos innovadores

Agricultura a la medida de cada suelo

Uso territorial

- Identificar las mejores tierras agrícolas
- Reforestar las tierras marginales
- Diversificar la rotación de cultivos
- Segregar las zonas vulnerables
- Delimitar las zonas con problemas de fertilidad

Prácticas de manejo

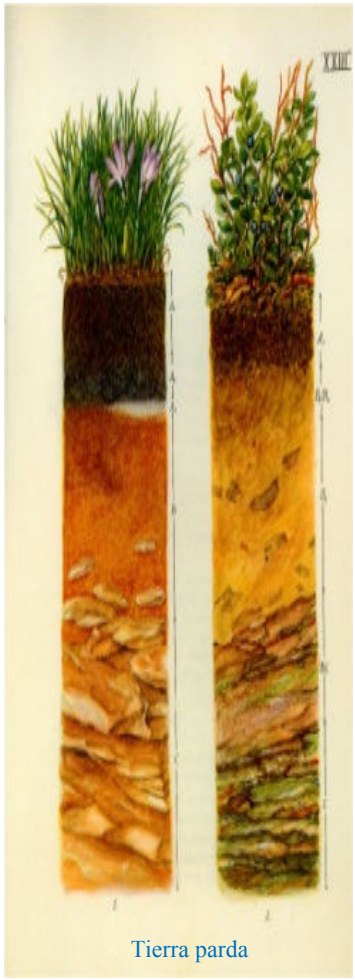
- Restaurar la materia orgánica
- Precisar la intensidad de laboreo
- Considerar el tiempo de tempero
- Seleccionar la maquinaria apropiada
- Racionalizar el uso de agro-químicos

Multifuncionalidad

- Compatibilizar los cultivos bio-energéticos
- Adaptación al cambio climático
- Aprovechar la capacidad de secuestro de C

No caben normas generales, sino decisiones individualizadas

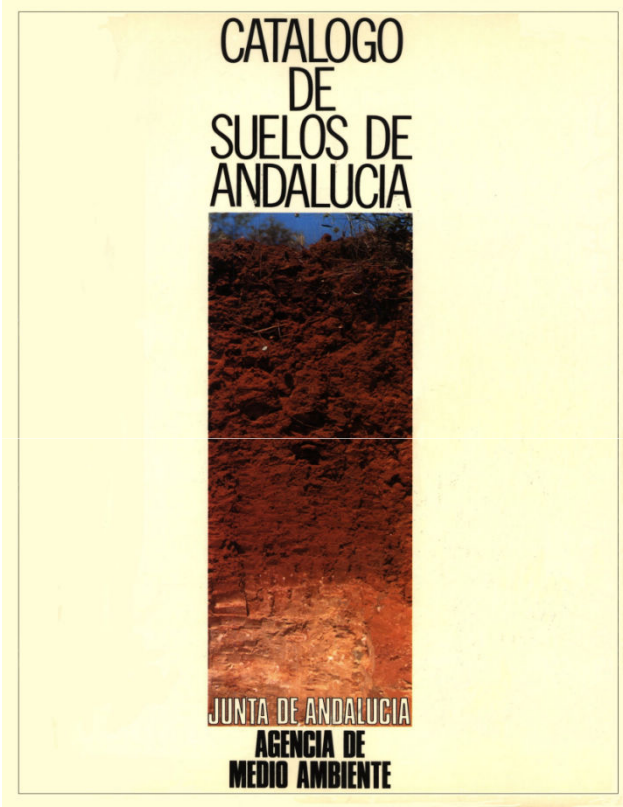
(EU Thematic Strategy for Soil Protection, 2006, 2010, 2012)



Tierra parda

Para más información*

(*) Al margen de las **numerosas publicaciones en revistas científicas** que dan prioridad al conocimiento global de las formaciones edafológicas.



Catálogo de Suelos de Andalucía

Agencia de Medio Ambiente
Junta de Andalucía, Sevilla

64 suelos, 271 páginas

ISBN 84 7595 005 1

1984

http://www.juntadeandalucia.es/mediambiente

Evaluación Agro-ecológica de Suelos

para un desarrollo rural sostenible

Diego de la Rosa
CSIC / Mundi-Prensa, Madrid

Libro + CD-ROM
20 capítulos, 404 páginas

ISBN 978 8484763611 (Mundi-Prensa)
ISBN 978 8400086503 (CSIC)

2008

http://www.paraninfo.es

Evenor-Tech *spin-off* del CSIC

Razones principales que llevan a la solicitud de los servicios de Evenor-Tech:

1. La posibilidad de evaluar el estado de calidad de los suelos en parámetros cuantificables con relación a la aptitud y vulnerabilidad de cada tipo de suelo.
2. La ayuda a la toma de decisiones en temas de ordenación del territorio a escala local y regional por parte de administraciones públicas y agentes privados.
3. La posibilidad de evaluar zonas con escasa información ambiental.
4. La diversificación de usos del suelo bajo una gestión sostenible del territorio.
5. La posibilidad de evaluar escenarios futuros de cambio global, entre los que se encuentran el cambio climático, contaminación ambiental, desertificación, etc.
6. La calidad científico-técnica de los diferentes servicios. Utilizamos Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) avalada por la comunidad científica internacional.
7. Finalmente, la contribución al desarrollo sostenible y endógeno de cada territorio.

evenor tech™

Edificio IRNAS-CSIC
Avda. Reina Mercedes, 10
41012-Sevilla, España
Teléfono: +34 954 62 47 11
Fax: +34 954 62 03 15

Más información
www.evenor-tech.com
informacion@evenor-tech.com

MicroLEIS DSS

Sistema de Ayuda a la Decisión para la Evaluación y Protección de Suelos

Empresa de Base Tecnológica del CSIC

La tecnología MicroLEIS DSS está protegida por la Oficina Española de Patentes y Marcas y por el Registro de la Propiedad Intelectual (NRP: 2008-999006-14357). Evenor-Tech tiene la totalidad de derechos de uso exclusivo y explotación de dicha tecnología

evenor tech™ Soluciones para uso y protección del suelo

evenor tech™

Empresa de Base Tecnológica

ÁREAS DE ACTUACIÓN Y SERVICIOS