

## **NIVEL DE ADECUACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE ARCHIVO DE DATOS DE SUELOS Y LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE TIERRAS**

Antonio SAA REQUEJO, Juan P. GALLARDO DUPERIER y Juan GALLARDO DÍAZ.

Dpto. de Edafología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos  
Universidad Politécnica de Madrid. 28040-Madrid

**Abstract:** Nowadays we have a great number of regional and local soil researches, in which they are data about climate, soil and environment, that means, data necessary to make use of Land Evaluation. All these data must be stored in some soil database in order they can be easily recovered and used for the purpose said before.

The work's aim is to research the parameters included in some soil data bases and to check whether they satisfy all the data required by the Land adequability Evaluation.

It is concluded that SOTER is the one that fits more properly with the requirements of land evaluation.

**Key words:** Land evaluation, soil database.

**Resumen:** En la actualidad se dispone de una cantidad apreciable de estudios edafológicos regionales y locales. Estos estudios contienen datos más o menos completos de clima, suelo y medio, que son necesarios para la aplicación de algún sistema de evaluación de la aptitud de las tierras. Pero, para que tales datos sean fácilmente utilizables deben estar almacenados en algún sistema de archivo de suelos.

Se han elaborado una serie de tablas mediante las que se relacionan los parámetros recogidos en algunos sistemas de archivo de datos de suelos con los requeridos por los sistemas de evaluación de las tierras.

Se concluye que SOTER, aunque con algunas carencias, es la base de datos de suelos más adecuada para las exigencias de los sistemas de evaluación de tierras.

**Palabras clave:** Evaluación de tierras, bases de datos.

### **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas agrarios tradicionales se encuentran hoy día en una situación de indefinición. Incluso cabe preguntarse si continúan siendo necesarios. La Política Agraria Comunitaria, el libre comercio mundial, la terciarización de la

población activa, la agricultura intensiva (invernaderos, cultivos hidropónicos) son los factores del cambio de situación. Por ello son necesarios en muchas zonas proyectos de evaluación de tierras, que determinen qué sistemas de explotación son viables y en qué áreas, y qué usos alternativos son los más adecuados para el resto.

La evaluación de tierras puede abordarse desde dos perspectivas: capacidad y aptitud. La primera permite establecer la gradación de los grandes sistemas de uso que la tierra puede soportar. La segunda define los cultivos más adecuados para la tierra. En este trabajo se tiene en cuenta este último enfoque.

Los estudios de suelos regionales y locales realizados en distintos lugares de España contienen un número apreciable de datos de clima, suelo y medio. Para que estos datos sean fácilmente utilizados, por ejemplo en evaluación de tierras, deben estar almacenados en algún sistema de archivo.

El objetivo de este trabajo es comprobar si los parámetros considerados en los sistemas de archivo concuerdan con los requeridos por los sistemas de evaluación de tierras.

Entre los sistemas de archivo de suelos existentes se ha elegido para el análisis los siguientes:

PCS	Swanson, 1973 y USDA-SCS, 1972
SINEDARES	MAPA-CBDSA, 1983
BID-CEBAC	De la Rosa et al. 1983
SOTER	FAO-LWDD, 1993
SDBm	FAO-ISRIC, 1989 y Antoine et al., 1995

Los métodos de evaluación de aptitud de la tierra considerados son:

Land evaluation (LE)	Sys, 1985 y Sys et al., 1991
Evaluación de tierras para regadío (TR)	FAO, 1990a y FAO, 1990b
MicroLEIS (mL)	De la Rosa et al., 1996

## MATERIAL Y MÉTODO

### *Sistemas de archivo*

PCS (Pedon Coding System) es un archivo concebido de acuerdo con el "Soil Survey Manual" (USDA-SSDS, 1962; hoy con versión de 1993) y el "Soil Survey Laboratory Methods" (USDA-SCS, 1972; versión actual de 1992). **SINEDARES** (Sistemas de Información Edafológica y Agronómica de España) y **BID-**

**CEBAC** (Base Informatizada de Datos de suelo, Centro de Edaf. y Biol. Apl. del Cuarto) son sistemas de archivo españoles. Recientemente, también en España, se ha publicado el sistema de evaluación MicroLEIS (De la Rosa et al., 1996) que incluye algunas fichas climáticas así como de uso y tecnología del suelo adicionales, pero, como aún no se dispone de información sobre la estructura de esos ficheros, lo incluiremos en BID-CEBAC entre paréntesis. Los dos restantes sistemas, de carácter internacional, están publicados por la FAO y el ISRIC. El primero de ellos es "Soil Data Base" (FAO-ISRIC, 1989), que ha evolucionado hacia una nueva versión (FAO-ISRIC-CSIC, 1995) multilingüe (para inglés, español y francés y con posibilidad de ampliación a otros idiomas): pero desde el punto de vista edafológico no se han detectado cambios significativos por lo que se considera para su estudio la última versión: **SDBm** (Soil Data Base multilingüe). Aunque SDBm tiene opciones de conexión a Sistemas de Información Geográfica (GIS), la preocupación por reflejar mejor los aspectos geográficos lleva a la FAO (1993) y el ISRIC a proponer un segundo sistema de base de datos digital de suelos y tierras: **SOTER** (Soils and Terrain Digital Databases), del cual únicamente tomamos aquí en consideración los aspectos relativos a los suelos y al clima.

### *Sistemas de evaluación de tierras*

- "Land Evaluation" (Sys, 1985 y Sys et al., 1991), en adelante LE, es una excelente síntesis y concreción de la filosofía de FAO (1985). Define los requisitos de una amplia gama de cultivos en lo referente a clima, suelo y otros aspectos ambientales, y establece una valoración de las mismas dentro de unos rangos entre cien y cero.

- MicroLEIS (De la Rosa et al., 1992), en adelante mL, es una síntesis que incluye varios procedimientos independientes. Desde el punto de vista de necesidades de información se mantiene en la línea de los parámetros almacenados en su sistema de archivo original, el BID-

CEBAC, aunque se ha adaptado a los archivos de SDBm.

- Directivas de Evaluación de Tierras para Regadío de FAO (FAO, 1990a y 1990b), en adelante TR. Este trabajo no constituye un verdadero sistema de evaluación, ya que se limita a presentar un listado de parámetros que influyen sobre la productividad de los cultivos en regadío y deja para posteriores trabajos la valoración precisa en relación con tipos de uso de la tierra específicos.

*Método de estudio*

Se han elaborado seis tablas. La primera muestra la estructura de los sistemas de archivo. Las cinco restantes, que agrupan los datos climáticos, los generales del lugar y del suelo, los de los horizontes, los analíticos físicos y químicos y los mineralógicos, permiten constatar de una ojeada qué parámetros de los requeridos por los sistemas de evaluación de tierras están considerados en los distintos sistemas de archivo.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

*Estructura de los sistemas de archivo (tabla 1)*

El análisis de la estructura general de los sistemas de archivo pone de manifiesto algunas peculiaridades. PCS separa los datos mineralógicos y los de obras públicas por realizarse en laboratorios especializados. SOTER, de acuerdo con su vocación geográfica, define elementos del terreno, inexistentes en los otros sistemas (aunque PCS recoge el "Land Resource Area" en el que se sitúa el perfil). Una carencia de SINEDARES es la falta de estandarización para el almacenamiento de los datos analíticos.

Otro aspecto importante de los sistemas de archivo (aunque no está recogido en la tabla 1) es la codificación de los parámetros, que se realiza mediante códigos mnemónicos y códigos sin significado especial. La ventaja de los primeros es que para alguien familiarizado con el sistema son comprensibles directamente,

Tabla 1. Estructura de las bases de datos.

PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
				- Terrain component (no considerado)
				- Soil component
- Site Description	- Lugar	- Lugar	- Lugar	- Soil Profile
- Horizon Description	- Horizontes - Muestras	- Horizontes	- Horizontes	- Soil Horizon
- Soil Laboratory		- Análisis	- Análisis	- Climatological data
- Mineralogical Laboratory				
- Highway Laboratory (no considerado)				

mientras que no ocurre lo mismo con los segundos, que precisan una decodificación al literal. Además, SDBm multilingüe ha resuelto el problema del idioma original de los códigos mnemónicos estableciendo la traducción a distintos idiomas.

#### *Datos climáticos (tabla 2)*

Con la excepción de SOTER, y en cierta medida BID-CEBAC, los sistemas de archivo no permiten el almacenamiento de los datos climáticos directos, que, como muestra la tabla 2, son esenciales para la evaluación de tierras. En consecuencia, SOTER es la mejor base de datos para atender las demandas de información climática, ya que considera un número apreciable de los parámetros requeridos, y, además, por su forma de codificación está abierto para incorporar otros nuevos, aunque ello será causa de dificultades si paralelamente no se va estandarizando la nomenclatura de los códigos mnemotécnicos.

#### *Datos generales del lugar y del suelo (tabla 3)*

Los parámetros correspondientes a la forma del terreno son tenidos en consideración, lógicamente, por todas las sistemas de archivo. No obstante, sería conveniente estandarizar la posición fisiográfica y el microrelieve que son exigidos por mL y TR respectivamente.

El uso de la tierra o sistema de explotación no es una propiedad directamente requerida, por eso no aparece en la tabla 3, pero si es un aspecto de la máxima importancia para la evaluación de tierras. En este sentido SINEDARES es la base de datos más completa.

La profundidad útil es una propiedad importante para definir la productividad de un suelo. Por tanto, es requerida por todos los sistemas de evaluación de tierras. En cambio, la rocosidad, que en buena medida condiciona la mecanización, no es requerida más que por mL. En cuanto a los sistemas de archivo no todos toman en consideración estos parámetros. SOTER y SDBm consideran la profundidad útil y SOTER y SINEDARES la rocosidad.

En lo que se refiere a la pedregosidad superficial es curioso que ningún sistema de archivo tenga en cuenta la subdivisión en función del tamaño, aspecto que es requerido por TR. Por otra parte, LE no tiene en consideración la pedregosidad superficial sino tan solo la de los horizontes, y aunque entre ellos se encuentra el superficial, es cierto que por erosión puede haber una importante diferencia entre la pedregosidad superficial y la interna.

El drenaje y la inundación son parámetros requeridos por todos los sistemas de evaluación de tierras, y, así como el primero es considerado por todos los sistemas de archivo, el segundo lo es tan sólo por SDBm y SOTER.

Es interesante destacar que los sistemas de evaluación consideran, como hemos visto, el drenaje y la inundación pero no los datos relativos a la capa freática. Por el contrario, los sistemas de archivo tienen muy en cuenta esta importante propiedad de los suelos.

Los datos del lugar y del suelo son definidos de forma bastante completa por los sistemas de archivo. Quizás se puede destacar SOTER que permite la conexión con GIS y la generalización espacial de los perfiles. Aunque en este campo también son bastante completos SDBm y SINEDARES.

#### *Datos de los horizontes (tabla 4)*

Este apartado, que tanto esfuerzo lleva en las descripciones de campo, se encuentra muy poco utilizado por los sistemas de evaluación de tierras. En realidad, la única propiedad directamente requerida es la estructura. Indudablemente, también se precisa para la evaluación de tierras la textura y los elementos gruesos, pero estos datos, al menos hasta la fracción de 20mm, deben provenir del laboratorio más que del campo. Otras propiedades son útiles indirectamente, como el límite entre horizontes, para obtener la media ponderada de alguna propiedad en el conjunto del perfil, o la efervescencia al HCl, si no se dispone del contenido en carbonatos.

El color, tanto de la matriz como de las manchas, es una propiedad de los suelos que los

Tabla 2. Datos climáticos

PARÁMETRO	Evaluación	PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
Temperatura media, mensual	LE TR					12N7.2 °C
Temp. media de mínimas, mensual	LE TR mL			()		12N7.2 °C
Temp. media de máximas, mensual	LE TR mL			()		12N7.2 °C
Temp. media de mínimas absolutas, mensual	LE TR					
Temp. mínima absoluta	TR					
Días con T>33°	TR					
Precipitación total, mensual	LE TR* mL			()		12N7.2 mm
Precipitación, 10 días	LE					
Precipitación, diaria	TR					
Días de tormenta, mensual	TR					
Prec. Máx. mensual	mL			()		
Prec. Máx. 30 min, mensual	TR					
Prec., aporte de la nieve	TR					
Prec., aporte del rocío	TR					
Radiación global	TR					12N7.2 MJ/m2*d
Horas de sol	LE TR					12N7.2 h/d
Pres. vapor	LE*					12N7.2 mbar
Pres. vapor, mañana	TR					
Pres. vapor, tarde	TR					
Humedad relativa media	LE*					12N7.2 %
Viento, velocidad	LE*					12N7.2 m/s
Viento, velocidad, semanal	TR					
Viento, diurno	TR					12N7.2 m/s
Viento, nocturno	TR					12N7.2 m/s
Evapotranspiración, Penman, mes	LE*					12N7.2 mm
ETP, Penman, 10 días	TR					
ETP, Penman, semanal	TR					
ETP, Penman, diario	TR					
ETP, Thornthwaite	mL*			()		12N7.2 mm

Las tablas han sido reducidas en aquellos bloques de parámetros que, aún considerados por los sistemas de archivo, no se tienen en cuenta en la evaluación. Las tablas completas pueden solicitarse a los autores.

Los sistemas de evaluación son: LE = secano, Sys; TR = regadío, FAO; mL = MicroLEIS. Ver texto para referencias.

En el sistema de archivo BID-CEBAC se incluyen entre paréntesis las variables que estimamos se archivan en MicroLEIS aunque no podamos especificar ya que desconocemos el formato concreto de este último.

Con asterisco (\*) se marcan parámetros necesarios para estimar otros parámetros o índices necesarios en la evaluación.

Para indicar como se almacena un parámetro se indica el número de repeticiones, el tipo de campo (A=alfabético, N=numérico, C=codificado) y la longitud (para A el número de caracteres; para N el número de dígitos sin punto decimal, un punto y el número de decimales, y para C el número de caracteres, una coma y el número de códigos posibles). Dos paréntesis indican la falta de información que en el caso de BID-CEBAC corresponde a la ampliación de MicroLEIS.

Tabla 3. Datos generales del lugar y del suelo

PARÁMETRO	Evaluación	PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
Coordenadas	mL	ggmmssN gggmssW	zzccxxxxxN yyyyyW		ggmmssN gggmssW	+ggg.gg +ggg.gg
Altitud	mL	N4 m	N4 m	N4	N4 m	N4 m
Pendiente	LE TR mL	N2 %		N2 %		N2 %
Pte. general	LE TR		N3 %			
Microrelieve	TR	C3,6-3-5	ver F. local		C2,15	
F.-fisiografía	mL	C2,11	C2,14	C2,4	C2,21+21	C1,9
Posición en la geomorfología	mL*		C2,8	C2,6	C2,9	C1,5
Clas., Soil Taxonomy	mL*	C20,...			C7+2+3+2,.	C12,...
Régimen de humedad	mL		C2,7		C2,8	
Prof. explorable por raíces/útil	TR* mL LE				C2,6	C1,5
Rociedad, clase	mL*		C2,7			C1,7
Pedregosidad sup., clase	mL*	C1,6	C2,7			C1,7
P., gravas ( $\phi < 25$ cm)	TR					
P., piedras ( $\phi > 25$ cm)	TR					
Conductividad hidráulica	TR		varios			
Velocidad de infiltración	TR		varios			C1,7
Permeabilidad estimada/drenaje interno, clase	TR	C1,7	C1,4		C2,7	
Drenaje	LE TR mL	C1,9	C2,7	C2,7	C2,13	C1,7
Inundación, frecuencia	LE* TR				C1,10	C1,10
Inundación, duración	TR mL*				C1,7	C1,7

Ver notas en tabla 2.

Tabla 4. Datos de los horizontes

PARÁMETRO	Evaluación	PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
Hor. genético	LE* TR* mL*	A16	A12	C2+2+2,3+18 +9	A6	A5
Límite inferior	LE* TR*	N3 cm	2N3	N4	N3	N3
Color, Munsell	mL	6C2-2-2	3C6,...	3C4,200	2A11+C1,2	2C9
Manchas/notas, color Munsell	mL	4C2N2	2(2C6)		2C2,15	
Textura	TR mL*	2C5,54	C2,27	C2,12	2C4,21	
Estructura, grado	TR	4C1,7	3C2,9	C2,3	2C2,10	C1,4
Estr., tamaño	TR	4C2,9	3C2,5	C2,3	2C2,9	C1,5
Estr., tipo	LE TR mL	4C3,12	3C2,20	C2,8	2C2,9	C1,10
pH	mL*	N3,1		C2,4	N2,1	
Efervescencia, clase	ver carbonatos	C1,4	ver Det.campo	C2,4	C2,5	
Materiales orgánicos, naturaleza	TR	C1,5	C2,10			
Hor. diagnóstico	mL*	4C1,26 ST	C2,38 ST 4A45			C2,16 FAO

Ver notas en tabla 2.

sistemas de archivo definen con mucha precisión, sin embargo, tan sólo es requerido por mL.

En suma, todos los sistemas de archivo recogen ampliamente los parámetros relativos a los horizontes.

*Datos analíticos físicos y químicos (tabla 5)*  
 PCS es un sistema particularmente exhaustivo en la recogida de parámetros texturales. Es el único que considera las fracciones fina y gruesa de limo y arcilla y el porcentaje de

Tabla 5. Datos analíticos físicos y químicos

PARÁMETROS	Evaluación	PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
Clase textural	TR mL					C4,12
Arena total USDA	LE*	N3.1 %				N3
2-0,05 mm						
Limo total USDA	LE*	N3.1 %		N4.1		N3
0,05-0,002 mm						
Arcilla total	LE* mL	N3.1 %		N4.1	N2	N3
0,002- mm						
Are. muy gruesa	LE	N3.1 %			N2	N3
2-1 mm						
Are. gruesa	LE	N3.1 %			N2	N3
1-0,5 mm						
Are. media	LE	N3.1 %			N2	N3
0,5-0,25 mm						
Are. fina	LE	N3.1 %			N2	N3
0,25-0,1 mm						
Are. muy fina	LE	N3.1 %			N2	N3
0,1-0,05 mm						
Lim. grueso USDA	LE	N3.1 %			N2	
0,05-0,02 mm						
Lim. fino USDA	LE	N3.1 %			N2	
0,02-0,002 mm						
Ac. gruesa	LE	N3.1 %				
2-0,2 µm						
Ac. fina	LE	N3.1 %				
0,2- µm						
E.G., v >2 mm	LE*	N3.1 %				
Materia Orgánica	TR	N3.1 %				
Carbono Orgánico	LE TR	N4.2 %		N4.2 %	N4.2	N3.1 g/kg
Nitrógeno	TR	N4.3 %		N3.2 %	N4.2	N4.2 g/kg
Carbonato en T.F.	LE(*) TR mL	N2 %		N5.2 %	N3.1	N3.1 g/kg
Yeso	LE TR	N5%			N3.1	N3.1 g/kg
Densidad aparente	TR	4N3.2 g/cc		N3.2 g/cm3	N3.2	N4.2
Resistencia a penetración	TR					
Porosidad	TR			N3.1 %		
COLE	TR	N3.3				
Humedad	TR mL*	7N5.1 %		3N4.1 %	8N4.2	5N %
Conductividad hidráulica saturada	TR			N5.1 cm/h		N4.1 cm/h
Velocidad de infiltración básica	TR				3N4.1	N4.1 cm/h
Estabilidad estructural	TR				N3.2	
pH	LE TR mL	5N3.1		2n2.1	2N3.1	2N3.1
CE (1:2.5 w)	mL				N3.1	

Tabla 5. Continuación.

PARÁMETROS	Evaluación	PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
Bases de cambio, Ca	LE TR	N3.1 meq/100g		N4.1 meq/100g	N3.1	N3.1 cmol+/kg
B.e., Mg	LE TR	N3.1 meq/100g		N4.1 meq/100g	N3.1	N3.1 cmol+/kg
B.e., Na	LE TR	N3.1 meq/100g		N4.1 meq/100g	N3.1	N3.1 cmol+/kg
B.e., K	LE TR	N3.1 meq/100g		N4.1 meq/100g	N3.1	N3.1 cmol+/kg
Acidez extraíble, H+	TR	N3.1 meq/100g		N4.1 meq/100g		N3.1 cmol+/kg
Al extraíble en KCl	TR	N3.1 meq/100g				N3.1 cmol+/kg
CEC	LE TR mL	N4.1 meq/100g		N5.2 meq/100g	N4.1	N4.1 cmol+/kg
Saturación de bases	LE TR mL	N3 meq/100g		N4 %	N3 %	
CEC de la arcilla	LE* mL*				N3	
Extracto saturado, Ca	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., Mg	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., Na	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., K	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., CO <sub>3</sub>	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., HCO <sub>3</sub>	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., SO <sub>4</sub>	TR	N4.1 meq/l		N4.1 meq/l	N5.1	
E.s., boro	TR	N5.1 meq/l			N5.1	
E.s., CE	LE TR	N4.2 mmho/cm		N5.2 mmho/cm	N3.1	N3.1 dS/m
E.s., sales solubles	TR					
SAR	**				N4.1	
Fe, extr. pirofosfato	mL ¿libre?	N5.1 %				N3 %w
Otros metales: Cu, Zn, As, Ni, Cr	TR					
P, total	TR	N5.2 %		N5.2 ppm	N2	N3 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg
Azufre	TR	N5.1 %				
Límite de Atterberg, líquido	TR	N3				
Límite de Atterberg, plástico	TR	N3				

Ver notas en tabla 2.

elementos gruesos en volumen, datos todos ellos que son precisos para la aplicación del sistema de evaluación LE.

La materia orgánica, el nitrógeno, los carbonatos y el complejo de cambio son requeridos por todos los sistemas de evaluación y están considerados para su almacenamiento en todos los sistemas de archivo.

TR es muy exigente en datos muy específicos de física, química y fertilidad de suelos, y

esos datos tan sólo pueden ser almacenados en su globalidad en PCS y en menor medida en BID-CEBAC y SDBm.

Es evidente que el sistema de archivo más completo para almacenar los datos de laboratorio es PCS, aunque también pueden considerarse aceptables en este campo SDBm y SOTER.

#### *Datos mineralógicos (tabla 6)*

Los datos mineralógicos para la evaluación

Tabla 6. Datos mineralógicos

PARÁMETROS	Evaluación	PCS	SINEDARES	BID-CEBAC	SDBm	SOTER
Mineralogía, fracción	TR mL-Ac	40C1,21				
M., método	TR	40C1,9				
M., abundancia	TR	40N/C2,16				
M., tipo	(LE*) TR mL	40C4,130				Ac. dominante C2,8

Ver notas en tabla 2.

se apoyan en el tipo de arcilla que, directa o indirectamente, consideran varios sistemas de evaluación. Para atender a estas necesidades PCS responde con exhaustividad, mientras que SOTER se limita a almacenar el tipo de arcilla dominante.

## CONCLUSIONES

Todos los sistemas de archivo permiten almacenar los datos del "lugar y del suelo" y de los "horizontes", que requieren los métodos de evaluación de tierras. En cambio, muestran importantes diferencias en los relativos al "clima" y a los "analíticos físicos y químicos". SOTER recoge de forma exhaustiva, aunque no completa, los datos "climáticos". PCS y en cierta medida SDBm y SOTER, son los más completos en cuanto al almacenamiento de los datos de laboratorio. En consecuencia, SOTER, aunque con algunas carencias, es el sistema de archivo más adecuado para almacenar los datos útiles para la EVALUACION DE TIERRAS.

## REFERENCIAS

- Antoine, J., van Waveren, E., De la Rosa, D., Mayol, F., Moreno, J.A. y Grita, F. (1995). SDBm Base multilingüe de datos de suelos. División de Fomento de Tierras y Aguas. FAO, Roma.
- Comisión del Banco de Datos de Suelos y Aguas. (1983). SINEDARES, Manual para la descripción codificada de suelos en el campo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 137 pp.
- De la Rosa, D., Almorza, J. y Puertas, J.M. (1983). Estructura de una base informatizada de datos de suelos. Dirección General de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- De la Rosa, D., Moreno, J.A., García, L.V. y Almorza, J. (1992). MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use and Management J.*, **8**, 89-96.
- De la Rosa, D. (Ed.). (1996). MicroLEIS 4.1 PI. Sistema integrado para la transferencia de datos y evaluación agro-ecológica de tierras. Software y documentación. IRNAS, CSIC, Sevilla.
- FAO, Dirección de fomento de tierras y aguas. (1985). Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. Boletín de Suelos de la FAO **52**. FAO, Roma. 118 p.
- FAO, Dirección de fomento de tierras y aguas. (1990a). Levantamiento de suelos para puesta en regadío. Boletín de Suelos de la FAO **42**. FAO, Roma. 188 pp.
- FAO, Dirección de fomento de tierras y aguas. (1990b). Evaluación de tierras para la agricultura en regadío: directivas. Boletín de Suelos de la FAO **55**. FAO, Roma. 231 pp.
- FAO, Land and Water Development Division. (1993). Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER). UNEP, ISSS, ISRIC, FAO. Roma. 119 pp.
- FAO-ISRIC. (1989). Soil Database (SDB). World Soil Resources Report **64**. FAO, Roma.

- FAO-ISRIC-CSIC. (1995). SDBm. Base multilingüe de datos de suelos. FAO, Roma.
- Soil Conservation Service. (1972). Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. United States Department of Agriculture. Washington D.C.
- Soil Conservation Service. (1992). Soil Survey Laboratory Methods Manual. United States Department of Agriculture. Washington D.C. 693 pp.
- Soil Survey Division Staff. (1993). Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture. Washington D.C. 437 pp.
- Swanson, D.W. (1973). Pedon coding system for the national cooperative soil survey. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Washington D.C.
- Sys, C. (1985). Land Evaluation. Int. Train Centre Post. Grad. Sol Sci. State Univ. Ghent. Ghent.
- Sys, C., Van Ranst, E. y Debaveye, J. (1991). Land Evaluation. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientist, University of Ghent. General Administration for Development Cooperation. Brussels, Belgium. 334 pp.
- Sys, C. y Verheye, W. (1974). Land evaluation for irrigation of arid regions by the use of the parametric method. Trans. 10th Inter. Soil Congress. **10**, 149-155. Moscow.
-