

Clasificación para riego de los suelos de la margen derecha central del valle del Ebro

por **J. MACHIN y A. NAVAS**

Estación Experimental de Aula Dei, Apartado 202, ZARAGOZA
Recibido: 15-XII-1991

Key Words: Land classification, irrigation, semiarid environment, Ebro valley, Spain.

ABSTRACT

Machín, J. and A. Navas. 1991. Classification for irrigation of lands of the central right bank of the Ebro river. *An. Aula Dei*, 20 (3-4): 75-92.

This study presents a classification of the agricultural lands located on the right bank of the Ebro river extending from Logroño to Albalate del Arzobispo. The aim is to investigate the feasibility of irrigation of this area within the project promoted by the Diputación General de Aragón (Government of the Aragon Autonomy) "Study of the technic and economic feasibility of the canal of the right side of the Ebro river". The methodology of classification of the United States Bureau of Reclamation has been used, but in order to adapt it to our physiographic environment some modifications have been introduced. Analysis of 945 soil samples including physical, physico-chemical and chemical parameters have made possible the characterization of the studied agrosystems and their groupment into six land classes of different agronomic utility.

INTRODUCCION

El aprovechamiento de los recursos hidráulicos del valle del Ebro se ha centrado tradicionalmente en su margen izquierda en razón a su mayor abundancia. La margen derecha del río es considerablemente mas deficitaria en agua, y en consecuencia los proyectos de transformación en regadío de sus tierras son escasos (Guadalope, Jalón) y aprovechan los limitados recursos de los afluentes ibéricos del Ebro.

La puesta en regadío de la franja ribereña situada al Sur del Ebro entre éste y la cota de 500 m es el objetivo del proyecto "Estudio de viabilidad técnico económica del Canal de la Margen Derecha del Ebro" promovido por la Diputación General de

Aragón. En él se plantea el aprovechamiento de sus aguas, para el riego de las grandes extensiones de tierra de su margen derecha, en la que la escasa pluviometría es uno de los principales factores limitantes para su aprovechamiento agrícola, y el regadío constituye, por tanto, la única solución a esta limitación.

La planificación de un proyecto de regadío requiere como primera medida una valoración del suelo con el fin de establecer su grado de aptitud para el desarrollo de una agricultura en condiciones de riego. Además su interés se ve acrecentado por la inexistencia de una cartografía sistemática de suelos a una escala de detalle suficiente.

Por otra parte, la clasificación de tierras constituye un obligado punto de partida para una racional ordenación del territorio además de ser uno de los elementos básicos para medir la aptitud de transformación de los suelos y su capacidad para adaptarse a la puesta en riego con objeto de determinar su uso más apropiado dentro de un marco de conservación de los recursos naturales de suelo y agua.

El objetivo general de este estudio es la clasificación de suelos para la delimitación definitiva de la superficie de tierras dominadas por gravedad o por elevaciones menores de 100 m y que por sus características topográficas y edáficas puedan ser regables por el Canal de la Margen Derecha (CMD). En total son 182.712 ha, de las cuales 66.000 ha. son de nuevo estudio y 116.712 corresponden a la revisión de estudios anteriores realizados por INTECSA (1975-1978). Este trabajo, dadas las características del proyecto, no entra en la evaluación de sistemas de riego ni en la recomendación de cultivos.

ANTECEDENTES

En Aragón existe de antiguo una predisposición social favorable a los riegos, sin que hasta la fecha se hayan alcanzado las transformaciones previstas ya en 1915 por la Ley de Riegos del Alto Aragón. No obstante, tanto los avances en ingeniería hidráulica como en tecnología de riego han contribuido al mantenimiento de estas expectativas.

El primer estudio de un aprovechamiento integral del Ebro que incluye la margen derecha fue realizado por el Instituto Nacional de Colonización en 1956. Otros estudios posteriores fueron realizados por el CESIE en 1971, el MOPU en 1974, INTECSA en 1975-1978 y por la CHE en 1980. Existen además otros estudios de viabilidad económica de planes de riego que prevén un aprovechamiento integral de las aguas del Ebro con actuaciones en distintas subcuencas (Queiles, Iregua, Cidacos, Alhama, Jalón, etc.).

EL AREA DE ESTUDIO

La depresión del Ebro, enmarcada por la Cordillera Ibérica y los Pirineos, constituye una unidad topográficamente deprimida rellena por sedimentos terciarios constituidos por materiales detríticos groseros en los bordes, que pasan a facies detríticas

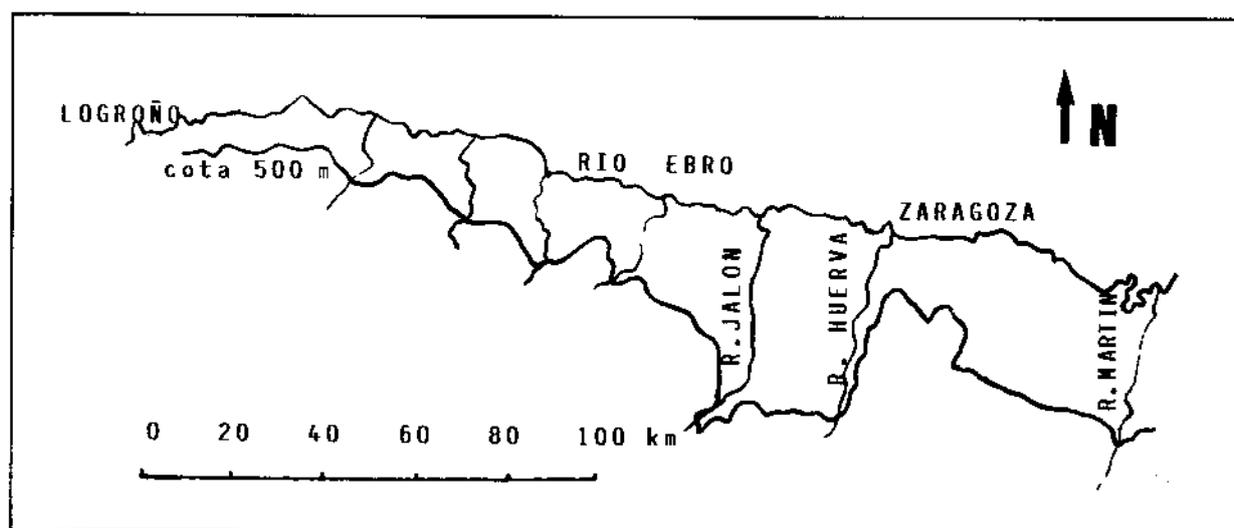


Figura 1. Localización del área estudiada en la margen derecha del río Ebro, entre éste y la cota de 500 m.

más finas en transición a evaporitas, con yesos y rocas salinas haloideas en el centro del valle. En cuanto a su modelado, al pie de las cordilleras marginales se localizan los piedemontes y en el centro aparecen las muelas en posición interfluvial, rodeadas de glacis desarrollados sobre los materiales blandos infrayacentes. El Ebro es el eje del entramado de valles fluviales en los que se han desarrollado terrazas de acumulación que conectan con los glacis. El área yesífera central presenta una morfología caracterizada por una red fluvial dendriforme de barrancos de fondo plano rellenos de material fino.

El sector estudiado constituye un extenso piedemonte de la Cordillera Ibérica sobre el borde sur de la depresión (Figura 1). Los elementos geomorfológicos descritos en el área por PELLICER y ECHEVARRIA (participantes en el estudio) comprenden: colinas, laderas suaves, valles aluvio-columviales, glacis (altos y bajos), terrazas (superiores e inferiores) y depresiones.

El clima del área es semiárido mesotérmico (LISO y ASCASO, 1969). Conforme a ARRUE et al. (1984) los suelos de la margen derecha presentan un régimen de temperatura térmico y quedan mayoritariamente incluidos dentro de los regímenes de humedad arídico y xérico (ALBERTO et al. 1984), de ahí la necesidad de ponerlos en riego.

METODOLOGIA

La evaluación del potencial para agricultura de regadío de estos suelos se ha realizado conforme a la sistemática del USBR (1953). Este estudio de reconocimiento (E. 1:100.000), ha partido del análisis e identificación de las formaciones edáficas y de las propiedades de los suelos. El Mapa Geomorfológico, E. 1:50.000 (PELLICER

y ECHEVARRIA, 1991) ha sido utilizado como base en los trabajos de campo y para la cartografía de las clases de tierra a escala 1:50.000.

El método de trabajo se ha desarrollado de forma coordinada en tres partes: trabajos de gabinete, de campo y de laboratorio.

Trabajos de gabinete

En una primera fase se han recopilado y revisado los datos de otros estudios precedentes y de viabilidad del CMD, excluyendo las áreas ya puestas en riego.

La revisión bibliográfica se ha orientado en los siguientes aspectos:

– Documentación teórica sobre las técnicas de estudio necesarias para la consecución de los objetivos propuestos.

– Análisis detallado del Mapa Geomorfológico, E. 1:50.000, (PELLICER y ECHEVARRIA, 1991) y de los Mapas Geológicos de síntesis a escala 1:200.000 y de la serie MAGNA a escala 1:50.000.

La información edafológica ha sido completada con el Mapa de Suelos a escala 1:400.000 (CSIC), el "Estudio de reconocimiento territorial de Aragón, E:1:400.000 (Inter/Aragón, 1981) y el Mapa de Suelos de Zaragoza y Logroño a escala 1:250.000.

Dentro de los trabajos de gabinete se incluyen también la elaboración, el análisis y la representación de los datos de campo y laboratorio que han conducido a la evaluación de la capacidad productiva de los suelos.

Trabajos de campo

En esta etapa se procedió al reconocimiento in situ de los suelos y a verificar su relación con las diferentes unidades geomorfológicas cartografiadas.

De acuerdo con el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, se realizaron 450 sondeos (uno por cada 300 ha) en los que por término medio se tomaron dos muestras, aunque dependiendo de la profundidad del suelo se recogieron tres o más. Complementariamente se examinaron cortes del terreno, desniveles recientes y zanjas, describiéndose toda la profundidad visible. En las unidades más representativas se abrieron 15 calicatas (una por cada 3000 ha) donde se identificaron y clasificaron los suelos tipo y se realizaron medidas de infiltración.

Las descripciones de suelos reúnen las siguientes propiedades fundamentales del perfil que permiten una clasificación provisional según su aptitud para el riego: textura, retención de humedad, profundidad efectiva, condicionante de profundidad, pedregosidad, salinidad, sodicidad, topografía, erosión, drenaje (superficial e interno), profundidad de la capa impermeable y pendiente.

Trabajos de laboratorio

Las determinaciones analíticas realizadas en 945 muestras comprenden:

a) **análisis químicos:** pH en H₂O (1:2,5) y en KCl, conductividad eléctrica (1:5)

y en extracto saturado, materia orgánica, carbonatos, yesos, aniones (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) y cationes (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Li^+ , K^+)

b) **análisis físicos:** densidad aparente, pedregosidad, textura e infiltración.

CLASIFICACION DE TIERRAS

En las últimas décadas se han desarrollado diversas metodologías de evaluación de suelos para usos diversos: agrícola, forestal, de ingeniería, etc. (USDA, 1961, 1967, 1971, STORIE, 1970, ASHO, 1970).

No obstante, según AGUILAR (1989), los métodos de propósitos concretos son los más prácticos para la planificación del uso de la tierra. Dentro de éstos la FAO (1976) elaboró el Esquema para la Evaluación de Tierras en el que propone una metodología de evaluación con fines específicos, que utiliza el término de aptitud para estimar la adecuación de un determinado tipo de tierras para un uso concreto. Recientemente y para las transformaciones en regadío, la FAO (1985) precisa y amplía el mencionado esquema.

Dentro de los sistemas de clasificación de tierras con la finalidad de su transformación en regadío, el de DIDIC (1964) es un método paramétrico multiplicativo y el de SYS (1979) se basa en determinadas cualidades de la tierra para evaluar su adecuación para el riego. El método clásico y más empleado es el del U.S. Bureau of Reclamation (USBR, 1953) que establece unas clases de aptitud para el riego basado en los factores que afectan a las posibilidades de riego y los condicionantes económicos existentes.

PORTA et al. (1986) describe en detalle y discute la utilidad de los sistemas USBR y FAO para la evaluación de la idoneidad para riego de suelos de la provincia de Huesca, indicando la necesidad de establecer áreas experimentales en las zonas a transformar y del seguimiento de los regadíos preexistentes.

La clasificación de tierras para su transformación en regadío mediante la prestigiada metodología del USBR (1953), puede presentar diversos problemas en función del medio fisiográfico y socioeconómico objeto de la evaluación. Otros problemas inherentes a la propia metodología, que únicamente prevé el riego por gravedad, han sido descritos por PORTA et al. (1989).

Con objeto de clasificar las tierras en el contexto fisiográfico y económico-social del centro del valle del Ebro se ha procedido a la adaptación de la metodología del USBR a las condiciones específicas de los agrosistemas estudiados. Sintéticamente los parámetros y rango de valores considerados para esta clasificación se recogen en el Cuadro 1.

Propiedades tecnológicas de los suelos estudiados

A continuación se comentan las propiedades físicas y químicas de los suelos, que han sido consideradas para clasificar las tierras incluidas en el estudio.

Cuadro 1. Criterios para la clasificación de las clases de tierra para puesta en riego utilizados en el estudio.

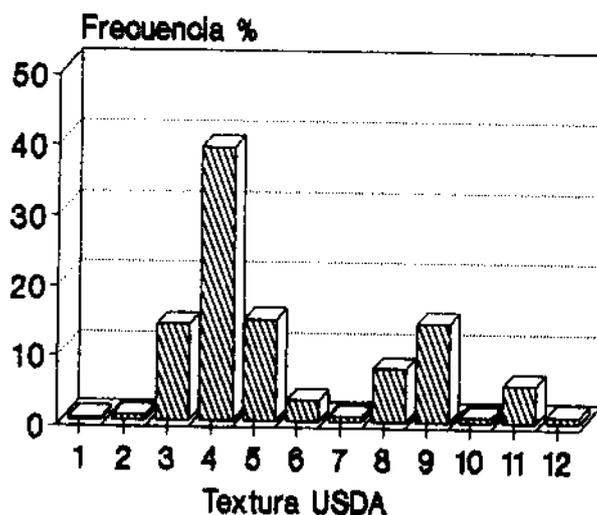
	CLASES DE TIERRA					
	I	II	III	IV	V	VI
Pendiente %	< 2	< 5	5 - <10	5 - <15	5 - <15	> 15
Drenaje	bueno	bueno	medio bueno	medio	malo	-
CONDICIONES FISICAS						
Pedregosidad	< 5	< 15	< 50	≥ 50	< 15	-
Textura	media	media a ligera	media a pesada	media a pesada	pesada	-
Profundidad hasta roca cm	≥ 100	≥ 75	≥ 60	≥ 40	> 40	< 40
CONDICIONES QUIMICAS						
Carbonatos %	< 15	< 25	< 40	> 40	> 40	-
Yesos %	< 5	< 15	< 35	> 35	> 35	> 75
CE dSm ⁻¹ o dS/m	< 4	< 8	< 16	< 16	> 16	> 16
SAR	< 5	< 10	< 15	< 15	> 15	> 15

Textura

Se han descrito doce tipos de texturas, predominando las francas (39%), seguidas de las franco arcillo limosas, franco limosas y franco arenosas. Las menos frecuentes son las arenosas (0.2%) (Figura 2). La comparación de los tipos de texturas refleja la ausencia de fuertes variaciones texturales entre los distintos horizontes.

Para los 287 sondeos en los que se han realizado análisis granulométricos y según los histogramas de frecuencia de la Figura 3, se observa que un 58% de las muestras tiene porcentajes de arcilla entre el 15 y 25%, un 74% tiene porcentajes de limo entre el 30 y 55%, y un 64% tiene porcentajes de arena entre el 25 y 55%.

Desde el punto de vista de la aplicación de riego, las texturas encontradas son bastante adecuadas, lo que incide positivamente en las condiciones de drenaje, reserva de agua y estado nutricional. Únicamente los suelos con elevados porcentajes de las fracciones arcilla y limo, representan un problema desde el punto de vista del movimiento de agua en el perfil del suelo, pudiendo implicar problemas de drenaje en condiciones de riego.



CODIGOS DE TEXTURAS

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1 - Arenosa | 7 - Franco arcillo arenosa |
| 2 - Arenosa franca | 8 - Franco arcillosa |
| 3 - Franco arenosa | 9 - Franco arcillo limosa |
| 4 - Franca | 10 - Arcillo arenosa |
| 5 - Franco limosa | 11 - Arcillo limosa |
| 6 - Limosa | 12 - Arcillosa |

Figura 2. Distribución por frecuencias de las clases texturales.

Pedregosidad

El término pedregosidad incluye la fracción granulométrica superior a 2 mm, que tiene una marcada influencia en las propiedades físicas de los suelos.

La distribución porcentual de la pedregosidad superficial refleja unos contenidos muy variables, como corresponde al hecho de los muy diversos orígenes de los suelos estudiados (Figura 3). El valor promedio es del 21%, los más pedregosos son los suelos desarrollados sobre glacis altos y terrazas superiores, en los que se alcanza hasta el 80% de pedregosidad, siendo ya en estos casos un valor limitante al dificultar la adecuación de cultivos y el laboreo. Valores mínimos se han encontrado fundamentalmente en suelos de depresiones y de relleno de vales.

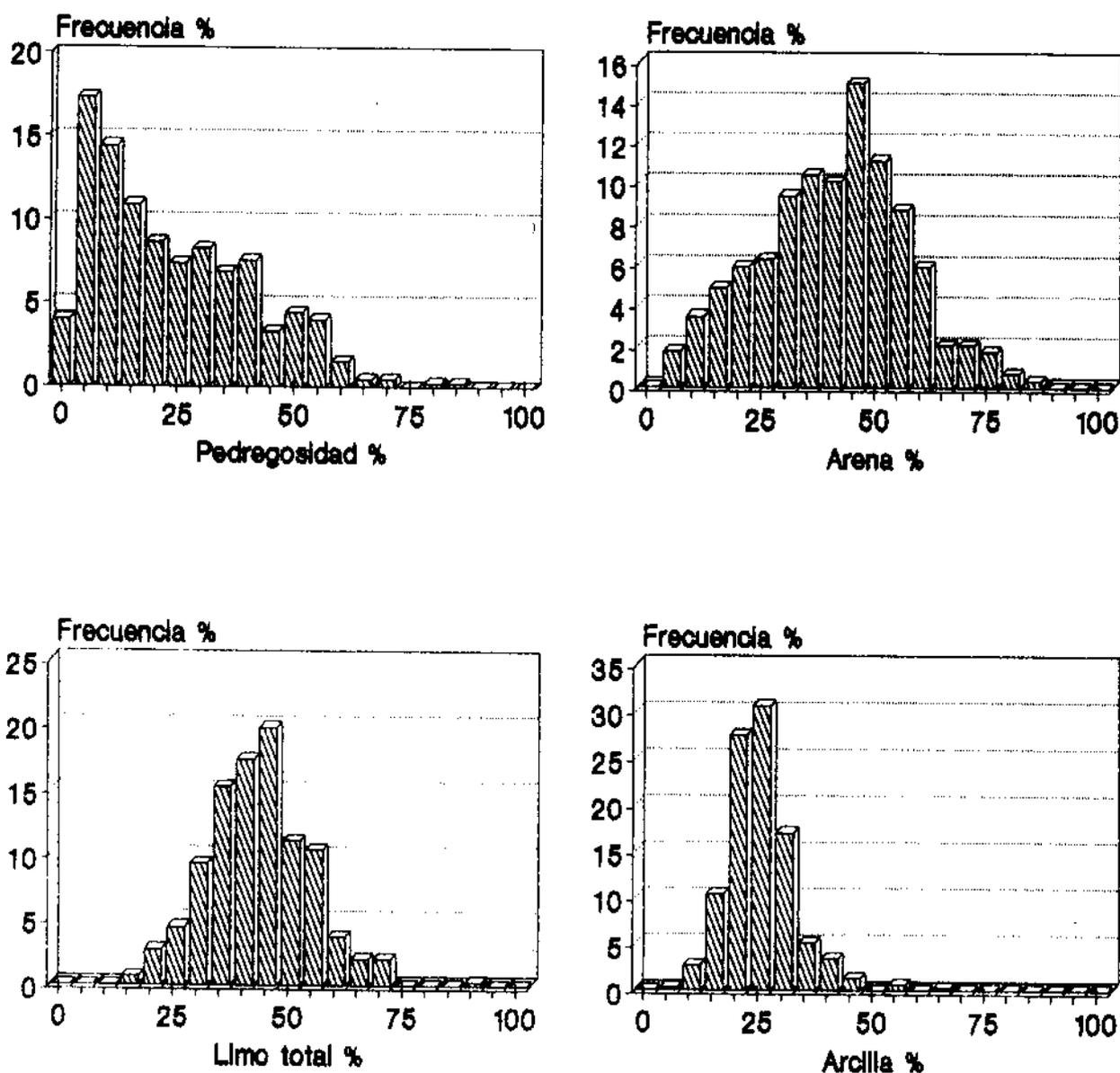


Figura 3. Histogramas de frecuencias de los porcentajes de pedregosidad y de los contenidos de las fracciones arena, limo total y arcilla.

Materia orgánica

El valor medio en los suelos estudiados es del 1.7%, que representa un contenido mas que aceptable para las condiciones edáficas del centro del valle del Ebro. Los valores mínimos (0.05%) se encuentran en suelos yesíferos y los máximos, en suelos de terraza, alcanzan el 4.4%.

pH

Los valores de pH en agua (1:2.5) son en general alcalinos siendo el valor promedio de 8.6, con una oscilación desde débil (7.7) a muy fuerte (9.6). El valor medio de pH en KCl es de 7.9, siendo el mínimo de 6.8 y el máximo de 9.0. Estos valores son un reflejo de los altos contenidos de carbonatos y yesos fundamentalmente.

El porcentaje de muestras con pH en agua superiores a 8.5 es del 55%. En estos suelos alcalinos podría plantearse algún problema en la asimilación de determinados elementos (fósforo, hierro, manganeso, cobre y cinc), así como de dispersión de arcillas.

Carbonatos

Los contenidos son en general elevados. El valor promedio es del 30%, siendo escasas las muestras con valores inferiores (Figura 4). Contenidos excesivos plantean problemas de asimilación de determinados iones afectando al equilibrio nutricional.

En los suelos con altos valores de carbonatos, éstos se distribuyen en el perfil en forma de acumulaciones y en suelos de terrazas y glacis altos llegan a constituir horizontes petrocálcicos.

Yesos

La presencia de yesos en toda la zona de estudio es generalizada siendo el valor promedio del 14% (Figura 4). El contenido medio de yeso en profundidad es del 19.5%, ligeramente superior al registrado en los horizontes superficiales del suelo. Un 63% de las muestras tienen un contenido de yesos en profundidad inferior al 10%.

La presencia de yeso en el suelo, inferior al 25%, es beneficiosa, puesto que la saturación en calcio del complejo de cambio favorece el desarrollo de una buena estructura que a su vez determina la existencia de una permeabilidad favorable.

La distribución de yeso en el perfil del suelo es variable según el tipo de suelo. En aquellos desarrollados sobre facies litológicas eminentemente yesíferas, el yeso se presenta en todo el perfil. Otras veces constituye horizontes gípsicos que reflejan un cierto proceso de lavado del horizonte superficial.

Conductividad eléctrica

El valor promedio de CE (1:5) es de 1.5 dSm^{-1} o dS/m . Cuando los valores de CE (1:5) sobrepasaban 0.8 dSm^{-1} se realizó, además, su determinación en el extracto saturado (es) cuyo valor promedio (para 197 muestras de un total de 450) es de 7.24 dSm^{-1} . Un 21% de muestras de los horizontes superficiales del suelo sobrepasa los 4 dSm^{-1} en el extracto saturado (Figura 4).

En general, para altos valores de CE(es) (superiores a 16 dSm^{-1}) las sales son fundamentalmente cloruros. Sólo en algunos casos es importante la participación de

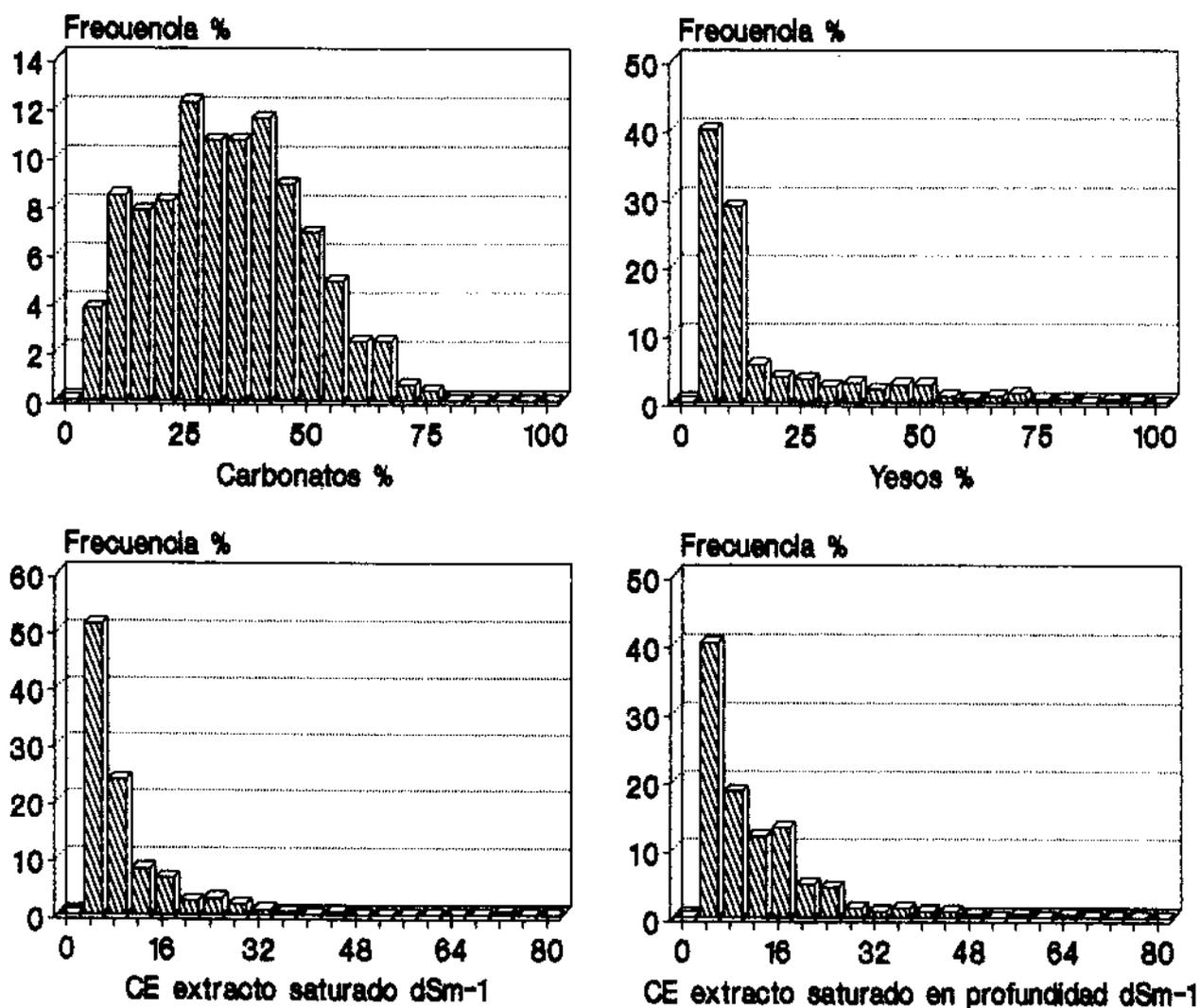


Figura 4. Frecuencia de la distribución porcentual del contenido de carbonatos, yesos y conductividad eléctrica (extracto saturado).

sulfatos. Los cationes mayoritarios son el sodio, magnesio y calcio. Para valores de CEes inferiores, sulfatos y cloruros son los principales componentes de la salinidad. En los perfiles de baja salinidad (inferior a 2.5 dSm^{-1}), su origen está ligado a la presencia de yeso.

Problemas de salinidad se localizan preferentemente en suelos de depresiones y de laderas, donde los sustratos yesíferos o de detríticos finos con salinidad natural elevada son dominantes. No se han detectado problemas de salinidad en suelos de glacis y terrazas, ni en los de valles aluvio-coluviales sobre glacis o terrazas.

En general, existe una evolución de la salinidad en profundidad hacia valores más elevados a lo cual contribuye el lavado de sales. El valor promedio de CE(es) en profundidad es de 9.6 dSm^{-1} , es decir un 33% superior al registrado en las muestras de los horizontes superficiales. Un 40% de las muestras tienen conductividades infe-

riores a 4 dSm^{-1} , valores entre 4 y 16 dSm^{-1} son registrados en un 44% de las muestras y superiores a 16 dSm^{-1} son alcanzados por un 12% de las muestras (Figura 4).

SAR

El SAR se ha determinado en 151 muestras de horizontes superficiales siendo 5 el valor promedio. Un 67 % de las muestras presentan valores de SAR inferiores a 5, por lo que problemas de sodicidad sólo se registran en un 2% de los perfiles de suelo estudiados. Elevados valores de SAR corresponden a situaciones con claro predominio de sales de sodio. No obstante, la abundancia de yesos y carbonato cálcico, garantiza para la mayoría de los perfiles el fácil cambio del sodio por calcio en el complejo de cambio y atenúa los riesgos de sodicidad del suelo.

Cationes

En las muestras de cierta salinidad se han analizado Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} y Li^{+} . En el cuadro siguiente se reflejan sus valores promedio, mínimo y máximo.

	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Li^{+}
	meq l^{-1} o meq/l				
Media	45.8	32.1	39.4	1.7	0.2
Mínimo	10.6	1.3	0.0	0.0	0.02
Máximo	207.5	326.8	730.1	21.5	3.0

El catión predominante es el calcio, siendo también altas las concentraciones medias de sodio y magnesio. En algunas muestras, los valores de Na^{+} son excepcionalmente altos. También son importantes proporcionalmente los valores de K^{+} , no existiendo problemas por toxicidad de litio. La distribución porcentual de cationes se presenta en la Figura 5.

Aniones

Los aniones analizados así como sus contenidos promedio y valores mínimo y máximo se recogen en el cuadro siguiente.

	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
	meq l ⁻¹		
Media	2.6	54.7	55.2
Mínimo	0.6	0.0	11.5
Máximo	5.8	1028.6	760.0

Su distribución porcentual se presenta en la Figura 6. Las sales predominantes en proporciones muy similares son las sulfatadas y cloruradas.

Por otra parte, análisis realizados en 35 muestras, ante la falta de coincidencia en las sumas de aniones y cationes, reflejaron la presencia de nitratos en 13 de ellas, en concentraciones muy elevadas (hasta 155 meq l⁻¹) y coincidiendo siempre con la abundancia de otras sales.

Otros factores

Drenaje

La mayoría de los suelos estudiados presentan drenajes favorables. En los más arcillosos, y en situaciones topográficamente deprimidas se han detectado problemas de drenaje. Estas áreas deben ser consideradas especialmente en la puesta en riego, ya que además de los problemas de encharcamiento que dificultarían notablemente la implantación de especies de raíces profundas, existe una estrecha relación entre deficiencia de drenaje y salinización, que se puede agravar considerablemente en un ambiente donde la presencia de sales de origen geológico es abundante y también por la elevación del nivel freático como consecuencia de la implantación del riego.

Relieve

En el estudio se han excluido ya inicialmente los suelos con pendientes superiores al 15%, lo que supone 43304 ha. Por debajo de estos valores de pendiente, los problemas de topografía se deben fundamentalmente a la irregularidad de las formas del relieve, en algunos sectores, que inciden fundamentalmente en las dificultades del laboreo, distribución del agua de riego y en el riesgo de erosión que puede producirse en pendientes superiores al 5% con una deficiente cobertura vegetal.

Profundidad efectiva

Los valores medios de profundidad efectiva en los perfiles de suelo estudiados se sitúan en torno a los 130 cm. Valores mínimos se han encontrado en suelos de colinas y laderas con presencia, a una profundidad media de 40 a 50 cm, de niveles calcáreos, yesíferos o de areniscas, y en suelos sobre glacis y terrazas altas con costra

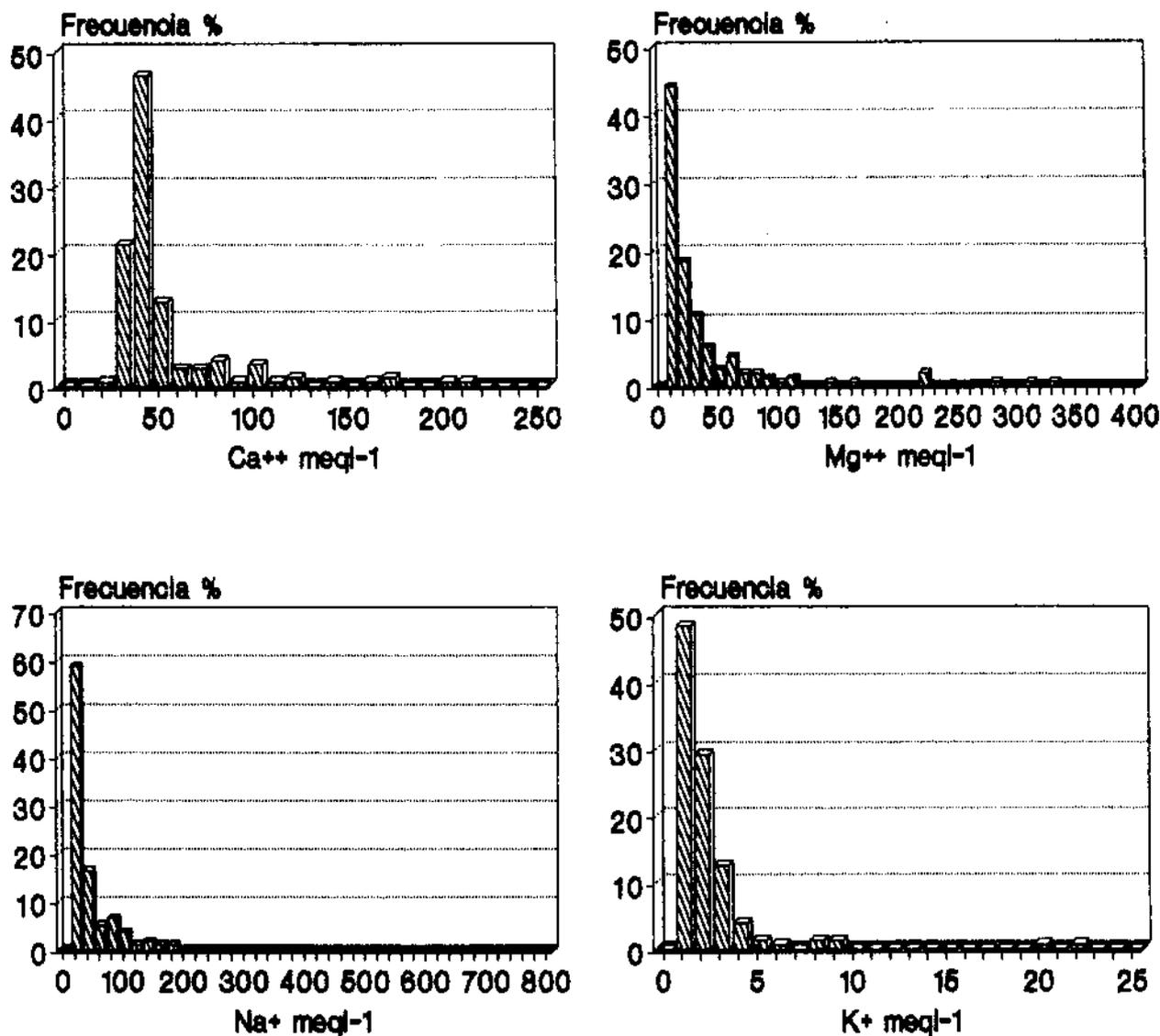


Figura 5. Histogramas de frecuencias de las concentraciones de Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺.

calcárea donde la profundidad del suelo no supera los 40 cm. En estos casos se plantea una limitación del espesor de suelo utilizable por las raíces, pero no de permeabilidad. Valores máximos de profundidad de suelo de más de 200 cm se alcanzan en suelos de valles aluviales, glacia y terrazas sin costra.

Un 1% de los sondeos presenta profundidades inferiores a 40 cm, un 13% presenta profundidades comprendidas entre 40 y 80 cm, mientras que la gran mayoría de sondeos (58%) tiene profundidades entre 80 y 140 cm.

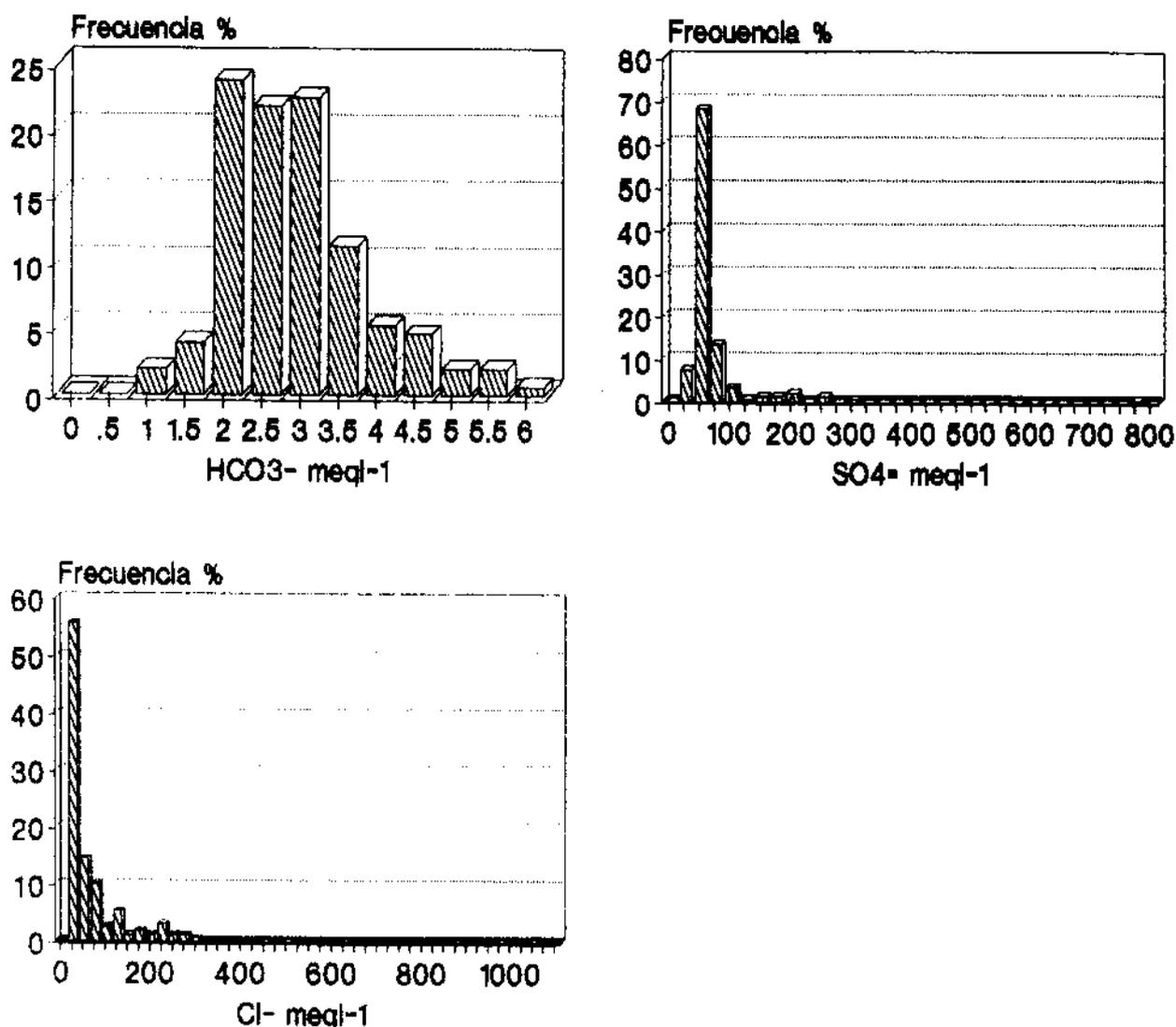


Figura 6. Histogramas de frecuencias de las concentraciones de HCO₃⁻, SO₄⁼ y Cl⁻.

CLASES DE TIERRAS: DESCRIPCION

Conforme a los criterios de clasificación recogidos en el Cuadro 1, se han diferenciado cuatro clases de tierras regables (I, II, III y IV), una no regable provisional (V) y otra no regable (VI) cuya extensión superficial y porcentaje relativo se recogen en el Cuadro 2.

La rentabilidad de las clases de tierra disminuye de la I a la IV, esta última, aunque presenta importantes limitaciones, es apta para usos concretos en condiciones de riego aun cuando es de baja rentabilidad económica o supone alto coste de puesta en riego. La Clase V requiere otros estudios de mas detalle para su clasificación definitiva como regable o no regable.

Cuadro 2. Superficie de las distintas clases de tierras y porcentajes relativos

Clases de tierras	superficie ha	%
I	2300	1.3
II	30164	16.5
III	46642	25.5
IV	27579	15.1
V	13027	7.1
VI	63000	34.5

Clase I

Se localiza en los suelos de terraza aluvial o terraza inferior. Presenta una buena textura-estructura, adecuada profundidad de suelo, topografía plana y buen nivel nutricional. La pedregosidad no representa un factor limitante.

Clase II

Corresponde a suelos de terraza superior y glacis altos y bajos, también están representados suelos de valles aluvio-coluviales de fondo plano. Tiene una textura-estructura adecuada, buena profundidad de suelo y buen drenaje.

Sin limitaciones importantes, aunque localmente se pueden encontrar problemas de pedregosidad y alguna deficiencia por existencia de costra caliza que puede afectar a la profundidad efectiva de suelo.

Clase III

Corresponde generalmente a suelos de terraza superior, glacis altos y bajos, valles aluvio-coluviales de fondo plano con una topografía más desfavorable que las tierras de Clase II.

Como principales limitaciones, sin que éstas sean muy graves, se describen la profundidad efectiva del suelo, limitada por la existencia de costra caliza o el afloramiento de sustrato rocoso no muy espeso o competente.

La textura puede no ser muy adecuada, o con porcentajes de piedras importantes sin ser excesivos, y condiciones medias de drenaje interno. La conductividad eléctrica no rebasa, salvo excepciones y siempre en horizontes profundos, los 4 dSm⁻¹, ni se espera que esto se produzca tras la puesta en riego, porque las condiciones de drenaje son favorables.

Clase IV

Es tierra apta para el riego en condiciones de uso concretas y se localiza fundamentalmente sobre suelos de colinas o de laderas, en los que aflora a poca profundidad el sustrato rocoso. También se incluyen suelos de terrazas o glacis altos degradados, con una topografía poco favorable y un fuerte encajamiento de la red fluvial.

Las principales limitaciones se encuentran en el tipo de suelo, por la calidad de los materiales parentales (yesos fundamentalmente), la alta pedregosidad, el relieve accidentado, la escasa profundidad del suelo limitada por niveles rocosos o por costra caliza fuertemente cementada, texturas no muy favorables, condiciones medias de drenaje y escaso contenido nutricional del suelo.

Clase V

Se clasifica como tal por sus altos contenidos salinos (superiores a 4 dSm^{-1}). Su puesta en riego queda condicionada a la realización de posteriores estudios de detalle que permitan evaluar la viabilidad técnico-económica de su recuperación.

En el área estudiada, importantes extensiones de tierras de Clase V se localizan en los términos de Belchite y de Albalate. Además de estas zonas, existen otras de distribución dispersa, asociadas a depresiones, zonas mal drenadas o fondos de valle.

Los suelos salinos se desarrollan sobre áreas de limos yesíferos y arcillas en depresiones, en fondos de valle planos con acumulación de arcillas y drenaje deficiente y sobre laderas suaves o colinas con sustrato yesífero o detrítico de elevada salinidad natural.

Las principales limitaciones son la elevada salinidad y las malas condiciones de drenaje originadas por texturas deficientes o condiciones topográficas desfavorables.

Clase VI

No presenta ninguna aptitud para riego. El principal factor limitante es la topografía. Otros factores que han determinado la inclusión de tierras en la Clase VI han sido la elevada salinidad, la escasa profundidad de suelo por afloramiento del sustrato rocoso o de la costra calcárea, muy alta pedregosidad o textura deficiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del personal técnico de la UEI de Edafología en las determinaciones analíticas y el tratamiento de datos.

RESUMEN

El estudio aborda la clasificación de tierras situadas en la margen derecha del Ebro, desde éste a la cota de 500 m, entre Logroño y Albalate del Arzobispo, con

objeto de su puesta en riego dentro del proyecto "Estudio de viabilidad técnico económica del Canal de la Margen Derecha del Ebro" promovido por la Diputación General de Aragón. La metodología utilizada es la del United States Bureau of Reclamation, adaptada a las condiciones de nuestro medio fisiográfico. Los análisis de 945 muestras de suelo que incluyen parámetros físicos, químicos y fisiográficos han permitido caracterizar los agrosistemas estudiados agrupándolos en seis clases de tierras de distinta utilidad agronómica.

REFERENCIAS

- ALBERTO, F., ARRUE, J.L. y MACHIN, J. 1984. El clima de los suelos de la Cuenca del Ebro. I. Regímenes de humedad. *Anales de Aula Dei*, 17:7-20.
- ARRUE, J.L., ALBERTO, F. y MACHIN, J. 1984. El clima de los suelos de la cuenca del Ebro. II. Regímenes de temperatura. *Anales de Aula Dei*, 17:21-32.
- ASHO, 1970. Standard specifications for highway materials and methods of sampling and testing. In: ASTM standard Philadelphia.
- AGUILAR, J. 1989. Cartografía y evaluación de suelos. XVI Reunión de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Lleida, 1989.
- DIDIC, C. 1964. Classification of soils according to their suitability for irrigation. *Trans. 8 th. int. Cong. Soil Sci.* V, 981-996.
- FAO, 1976. A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin* nº 32. 72 p.
- FAO, 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. *FAO Soils Bulletin*, nº 55. 232 p.
- LISO, J. y A. ASCASO. 1969. Introducción al estudio de la evapo-transpiración y clasificación climática de la Cuenca del Ebro. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 10 (1/2).
- PORTA, J., HERRERO, J. y S. LATORRE. 1986. Evaluación de suelos para riego: criterios y problemática en los regadíos de Huesca. En Herrero, J. (ed.): *Salinidad de los suelos: aspectos de su incidencia en los regadíos de Huesca*. Diputación General de Aragón. Zaragoza. 197 p.
- PORTA, J., BOIXADERA, J., HERRERO, J., BOSCH, A., HERRERO, C., LOPEZ-ACEVEDO, M. ROCA, J. y RODRIGUEZ, R. 1989. Suelos de secano en zona semiárida. XVI Reunión de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Lleida, 1989.
- STORIE, R.E. 1964. Soil and land classification for irrigation development. VIII^a Int. Cong. of Soil Sci.
- STORIE, R.E. 1970. Manual de evaluación de suelos. Ed. UTEHA.
- SYS, C. 1979. Evaluation of the physical environment for irrigation. In: *Land evaluation criteria for irrigation*. FAO. Roma.
- USBR. 1953. Bureau of Reclamation Manual. Vol. V, Irrigated lands use, part 2, land classification. Depart. of the Interior. Washington D.C. 132 p.
- USDA. 1961. Land capability classification. Soil Cons. Serv. Agr. Handbook 210. Washington.

- USDA. 1967. Developing soil-woodland interpretations. Memorandum 26 Rev. 2. Soil Cons. Serv. Washington.
- USDA. 1971. Guide for interpreting engineering uses of soils. Soil Cons. Serv. Washington.