

**MINISTERIO DE AGRICULTURA**  
INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

ESTUDIO DE SUELOS DEL 2º Y 3º TRAMO DE LA  
ZONA REGABLE DE LOS MONEGROS (HUESCA)

**Tomo I**

MEMORIA Y PLANOS

Consultor :

**INTECSA**

INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S.A.

MADRID - DICIEMBRE 1975

INDICE GENERAL

TOMO I .- MEMORIA Y PLANOS.

TOMO II.- ANEJOS.

## INDICE DE LA MEMORIA

	<u>Pag.</u>
CAPITULO N° 1.- INTRODUCCION: SITUACION Y ANTECEDENTES	1
CAPITULO N° 2.- CONDICIONES DE TRABAJO .....	2
CAPITULO N° 3.- PROGRAMA Y METODOS .....	4
3.1.- Trabajo previo de gabinete ....	4
3.2.- Trabajo de campo .....	5
3.3.- Trabajo de laboratorio .....	6
3.4.- Trabajo final de gabinete .....	9
CAPITULO N° 4.- CLIMATOLOGIA .....	11
4.1.- Introducción .....	11
4.2.- Precipitaciones medias .....	11
4.3.- Precipitaciones máximas .....	12
4.4.- Temperaturas medias, mínimas y máximas .....	12

	<u>Pag.</u>
4.5.- Vientos .....	13
4.6.- Horas de sol .....	13
4.7.- Humedad relativa .....	14
4.8.- Evapotranspiración .....	14
4.9.- Heladas .....	14
4.10.- Clasificación climática .....	15
CAPITULO N° 5.- GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA .....	18
CAPITULO N° 6.- AGROHIDROLOGIA .....	29
6.1.- Capa freática, incidencia y calidad .....	29
6.2.- Filtraciones .....	31
6.3.- Condiciones de drenaje .....	31
6.4.- Agua de riego, calidad a lo largo del período de estudio .....	33

	<u>Pag.</u>
CAPITULO Nº 7.- VEGETACION NATURAL Y UTILIZACION ACTUAL DE LA TIERRA .....	35
7.1.- Vegetación natural .....	35
7.2.- Utilización actual de la tierra	35
 CAPITULO Nº 8.- LOS SUELOS .....	 41
8.1.- Suelos de los cerros testigos .	41
8.2.- Suelos de los glacis de pie de monte .....	42
8.3.- Suelos de los glacis de pie de monte erosionados .....	43
8.4.- Suelos de las laderas .....	45
8.5.- Suelos de las laderas erosiona- das .....	46
8.6.- Suelos de los escarpes .....	47
8.7.- Suelos de los valles aluviales del río Flumen .....	48

8.8.- Suelos de los valles formados - en la red de drenaje natural ..	49
8.9.- Suelos de los valles aluvio-co- luviales formados en la red de drenaje natural .....	50
8.10.- Suelos de los valles coluviales	52
8.11.- Suelos de los valles de erosión	53
8.12.- Suelos de las llanuras aluvia- les y aluvio-coluviales .....	54
8.13.- Suelos de las terrazas fluvia- les .....	55
CAPITULO Nº 9.- SALINIDAD .....	63
9.1.- Origen de las sales .....	63
9.2.- Tipos de sales y niveles de sa- linidad .....	63
9.3.- Niveles de salinidad-alcalini- dad propuestos para la clasifi- cación de los suelos salinos ..	65
9.4.- Localización de los suelos sali- nos .....	66

	<u>Pag.</u>
9.5.- Distribución de la salinidad se gún la profundidad .....	68
9.6.- Niveles de tolerancia a la sali nidad de los cultivos de la zo na .....	68
CAPITULO N°10.- RECOMENDACIONES SOBRE EL SISTEMA DE - RIEGO Y DRENAJE .....	73
10.1.- Suelos no salinos .....	73
10.2.- Suelos no salinos con riesgo de salinización .....	73
10.3.- Suelos salinos .....	74
CAPITULO N°11.- CLASIFICACION DE TIERRAS .....	81
11.1.- Criterios de clasificación uti lizados .....	81
11.2.- Inventario de clases y subcla ses de tierras .....	85
CAPITULO N°12.- RECOMENDACIONES SOBRE LA FUTURA UTILI ZACION DE LA ZONA .....	89
12.1.- Cultivos propuestos .....	89

12.2.- Utilización de tierras y aguas.	93
CAPITULO N°13.- RECOMENDACIONES PARA EL POSTERIOR ESTU DIO DETALLADO DE LOS SUELOS SALINOS ..	97
CAPITULO N°14.- RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	100

## INDICE DE PLANOS

PLANO N° 1.- Situación de la zona.

PLANO N° 2.- Localización de calicatas, sondeos, pruebas de infiltración, conductividad hidráulica y encuestas.

PLANO N° 3.- Uso actual de la tierra.

PLANO N° 4.- Unidades geomorfológicas.

PLANO N° 5.- Clases de tierras y niveles de salinidad.

# **1.- MEMORIA**

## CAPITULO N°1

### INTRODUCCION: SITUACION Y ANTECEDENTES

El ámbito de este Estudio de suelos está constituido por el 2º y 3º tramos de la zona regable de los Monegros (Huesca). Sus límites son: El río Flumen al Norte, el canal de los Monegros al Sur, el 4º tramo de Monegros al Este y las Acequias del Flumen y el Canal de los Monegros al Oeste. La situación de la zona figura en el plano n°1 y la superficie de la misma es de 35.875 ha.

SOCINCO, S.A. estudió por encargo del Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, diversas áreas situadas en el interior de la zona y en Octubre de 1974 redactó un informe sobre ellas titulado "Estudio de recuperación de los suelos afectados por salinidad en las zonas regables del Flumen y Monegros (Huesca)".

La zona objeto de este Estudio está casi en su totalidad nivelada y regada y gran parte de sus suelos son salinos. Por encargo del Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, INTECSA ha realizado el presente Estudio de suelos, sobre una superficie total de 35.875 ha. El nivel de este Estudio es de Reconocimiento Detallado y tiene por objeto principalmente la localización de los suelos salinos y los no salinos.

CAPITULO N°2

CONDICIONES DE TRABAJO

El presente Estudio ha sido realizado conforme al Pliego de Condiciones del Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario que rige para su contratación.

Se resumen a continuación las principales condiciones requeridas para este trabajo.

- El Estudio es a nivel de Reconocimiento Detallado.
- La clasificación edafológica es a nivel de subgrupo.
- Los mapas base se han confeccionado a escala 1:50.000
- La profundidad de las calicatas es de 1,5 metros. Cuando la capa impermeable no se presenta por encima de dicho nivel se ha profundizado, con barrena, el fondo de las calicatas hasta alcanzar la capa impermeable ó hasta dos metros por debajo de dicho nivel.
- La profundidad mínima de los sondeos es de 1,25 a 1,50 m ó hasta la capa impermeable si esta se presenta a menor profundidad. No obstante los sondeos generalmente se han realizado, siempre que ello ha sido posible, a la profundidad de 2 a 2,3 metros.
- Realización de diversos análisis de tierras de todos los horizontes descritos en las calicatas. En los sondeos, los análisis corresponden únicamente a determinaciones relativas a salinidad.

- Realización de tres medidas de la conductividad hidráulica y tres medidas de la velocidad de infiltración básica por cada unidad de suelo. También, determinación de una medida de la velocidad de percolación por unidad de suelo. Estas últimas medidas han sido sustituidas, por conveniencias técnicas del Estudio, por medidas de permeabilidad.
  
- Realización de diversas encuestas a diferentes agricultores de la zona.

CAPITULO N°3

PROGRAMA Y METODOS

El presente Estudio se ha desarrollado con arreglo a las siguientes fases: Trabajo previo de gabinete, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo final de gabinete.

3.1.- TRABAJO PREVIO DE GABINETE

Ha consistido en la recopilación de los datos de partidas, la realización de la fotointerpretación y en la elaboración de los datos climatológicos.

Los datos de partida recopilados han sido los siguientes:

- Fotografías aéreas, a escala aproximada 1:33.000, - del vuelo americano y fotografías a escala aproximada 1:10.000.
- Planos 1:50.000 del Instituto Geográfico y Catastral y planos 1:50.000 con la división de sectores y red actual de caminos, estos últimos facilitados por la Administración.
- Diversos datos climatológicos de los Observatorios de Huesca y de Pallaruelo de Monegros.
- Mapas geológicos a escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España.

- Bibliografía existente sobre la zona y sobre zonas próximas: "Estudio detallado de la recuperación de algunas fincas afectadas por salinidad de las zonas regables del Flumen y Monegros" Iryda-Socinco S.A. 1974 y "Estudio de suelos en la zona regable del río Cinca" realizado por Renasa en 1975.

Se ha realizado la fotointerpretación sobre las fotografías del vuelo americano y en ellas se ha fijado la localización de las calicatas, sondeos, pruebas de permeabilidad y de infiltración. Todos estos puntos se pasaron después a las fotografías aéreas a escala 1:10.000, que son las que se usaron en el trabajo de campo.

En esta fase del trabajo se han elaborado los datos climatológicos de los Observatorios de Huesca y Pallaruelo de Monegros.

### 3.2.- TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo ha sido realizado durante los meses de Mayo, Junio y primera quincena de Julio de 1975.

Ha consistido en la realización de los siguientes trabajos:

- Examen general de la zona y variación de la situación de aquellas calicatas que después de este examen se ha considerado necesario.
- Apertura, descripción y toma de muestras de tierra de 24 calicatas. Las calicatas se profundizaron hasta 1,5 m y en los casos en que la capa impermeable no apareció se profundizó, con barrena, el fondo de la calicata dos metros más.

- Realización, descripción y toma de muestras de tierra de 190 sondeos. La profundidad de los mismos, - que en general debía de ser de 1,25 a 1,5 metros, es de 2 a 2,3 metros siempre que el terreno lo ha permitido.
- Toma de 4 muestras de agua de riego procedentes del Embalse de la Sotonera.
- Toma de muestra de agua freática de las calicatas y de los sondeos.
- Realización de las pruebas de infiltración y de permeabilidad "in situ". Se han realizado 24 pruebas de infiltración localizadas en las calicatas - y 50 coincidentes con sondeos. También se realizaron pruebas de permeabilidad en cada uno de los horizontes descritos de las calicatas, en total 61, - y en los distintos horizontes de parte de los sondeos, en total 126.
- Toma de diversas muestras de tierra para determinar la tolerancia de los cultivos a la salinidad y a la alcalinidad.
- Realización de encuestas a diferentes agricultores de la zona: veinticinco en los diferentes tipos de suelos.

En el plano N°2 figura la localización de calicatas, sondeos, pruebas de infiltración y conductividad hidráulica y encuestas.

3.3.- TRABAJO DE LABORATORIO

Los análisis de tierras de las calicatas han sido realizados en el Laboratorio de suelos del Instituto Na-

7

cional de Reforma y Desarrollo Agrario. Las determinaciones efectuadas han sido las siguientes:

Textura, materia orgánica, pH, carbonatos de elementos finos, cloruros solubles y en el extracto de saturación calcio más magnesio, sodio y conductividad eléctrica a 25°C.

En el Laboratorio de Unión Explosivos Río Tinto se ha determinado la conductividad eléctrica a 25°C del extracto 1:5 y el pH en agua del extracto 1:1 de las muestras de tierras de todas las calicatas y sondeos descritos.

Los análisis de aguas freáticas y de riego, han sido realizados en el Laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario e incluyen las siguientes determinaciones:

Residuo seco a 105°C, iones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{=}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  +  $\text{Mg}^{++}$ , boro, conductividad eléctrica a 25°C, pH, índice de Scott e índice Sar, carbonato sódico residual, razón  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$  y clasificación de las aguas.

#### 1.- Métodos utilizados en los análisis de tierras.

Las técnicas de laboratorio utilizadas por el IRYDA en la determinación de los análisis de tierras han sido las siguientes:

La muestra, una vez seca, se desmenuza y se pasa por el tamiz de malla de 2 mm. En esta operación se separan los elementos gruesos mayores de 2 mm

en calizos y no calizos, refiriéndolos a tanto por ciento del conjunto total.

Para la determinación de la textura se ha aplicado con ligeras variantes, el método de Kilmer basado en el internacional de Robinson.

El contenido de materia orgánica se ha determinado por el método de Walkley-Black. Conviene aclarar que con tal procedimiento no se determina la materia orgánica total, sino aquellas fracciones, tales como humus y otras, que están en vías de transformación. Se valora, en resumen, la materia orgánica oxidable, que da el índice de efectividad agrícola.

La determinación del pH se ha realizado potencialmente con electrodo de vidrio sobre dos muestras, la primera con agua y la segunda con ClK.

Los carbonatos de elementos finos se determinan por volumetría de gases en el calcimetro Bernard.

Los cloruros solubles se han determinado por el método clásico de Mhor.

En el extracto de saturación se determinan: - Calcio+Magnesio empleando la técnica de Cheng y Bray y Sodio por fotometría de llama.

La conductividad eléctrica a 25°C se ha medido por la resistencia eléctrica entre dos electrodos paralelos sumergidos en el extracto de saturación.

2.- Métodos utilizados en los análisis de aguas.

El residuo seco se ha determinado evaporando la muestra a 105°C hasta peso constante.

Los iones cloro, calcio+magnesio, sodio, la conductividad eléctrica a 25°C y el pH se han valorado por los mismos métodos utilizados en los análisis de tierras.

El anión sulfúrico se ha determinado turbidométricamente, empleando como reactivo precipitante una mezcla de ácido, acetato bórico y goma arábica.

Los aniones carbónico y bicarbónico se han determinado por el método clásico de Warder.

El catión calcio se ha valorado con la técnica de Cheng y Bray.

El catión potasio se ha valorado por fotometría de llama.

3.4.- TRABAJO FINAL DE GABINETE

El trabajo final de gabinete se ha desarrollado

de la siguiente forma:

- Elaboración y Estudio de la totalidad de los datos de campo y de laboratorio: Fichas de calicatas y sondeos, anotaciones sobre cultivos, riego y drenaje, encuestas realizadas a los agricultores, análisis de tierras, de agua de riego y de agua freática, datos climáticos, etc.
- Determinación por medio de ordenador de las conductividades hidráulicas y de las velocidades de infiltración.
- Clasificación de las fichas de calicatas y sondeos. Se ha realizado la clasificación geomorfológica y la clasificación edafológica. La clasificación edafológica utilizada ha sido la Séptima Aproximación a nivel de subgrupo. También se ha efectuado una clasificación según clases de tierras.
- Fotointerpretación final y confección de los distintos planos del Estudio.
- Redacción de la Memoria.

## CAPITULO N° 4

### CLIMATOLOGIA

#### 4.1.- INTRODUCCION

Para facilitar una rápida lectura se resumen en este capítulo las principales características del clima de la zona. Los datos climatológicos figuran en el Anejo n°2.

Como base para el estudio climático de la zona se han elegido las estaciones termopluviométricas de Huesca (Monflorite) y Pallaruelo de Monegros, pues aunque existen otras estaciones dentro de la zona, sus datos o son muy recientes o están incompletos. Para el estudio de los vientos, horas de sol y humedad relativa, se han recopilado los datos de la estación en Huesca (Monflorite), por ser la única en las proximidades de la zona, que dispone de este tipo de datos.

#### 4.2.- PRECIPITACIONES MEDIAS

Existe gran diferencia en las precipitaciones registradas en ambas estaciones. La media anual de los 20 años estudiados en Huesca (Monflorite) es de 638,3 mm, mientras que en Pallaruelo de Monegros, con datos, de 18 años completos, es de 431,5 mm.

Dentro de cada estación, las precipitaciones anuales muestran bastante irregularidad. Los valores extremos del Observatorio de Huesca (Monflorite) oscilan entre los 427,1 mm de 1958 y los 942,6 mm de 1972. En Palla-

ruelo de Monegros estos valores extremos son de 300,2mm en 1970 y 687,1 mm en 1960.

El mes de Septiembre es el de máxima precipitación en Huesca (Monflorite) con 70,7 mm y Junio en Pallaruelo de Monegros, con 51,6 mm. El mes más seco es Julio para ambas estaciones, con 28,9 mm, y 22,4 mm respectivamente.

#### 4.3.- PRECIPITACIONES MAXIMAS

Merece especial atención el estudio de las precipitaciones máximas en 1,2,3,4,5 y 6 días consecutivos, que han de servir de base para el cálculo de los desagües. En el Anejo nº2 se ofrecen los valores anuales y mensuales de las precipitaciones máximas registradas en la estación de Huesca (Monflorite) en el período 1954-1973. No figuran los de Pallaruelo de Monegros porque el Instituto Meteorológico de Madrid carece de datos diarios de esta estación.

#### 4.4.- TEMPERATURAS MEDIAS, MINIMAS Y MAXIMAS

La zona se caracteriza por una gran uniformidad de su temperatura media anual, como muestran los valores medios de las estaciones de Huesca (Monflorite) y Pallaruelo de Monegros que son 13,2°C y 14,6°C respectivamente.

El mes mas frío es Enero, con una temperatura media de 4,7°C en Huesca (Monflorite) y de 5,5°C en Pallaruelo de Monegros. El mes más caluroso es Julio para ambas estaciones, con 22,8°C y 25,0°C respectivamente.

Si se observan las temperaturas medias de las máximas y media de las mínimas, se deduce que la zona sufre unos veranos muy calurosos y unos inviernos muy fríos.

#### 4.5.- VIENTOS

Los vientos de componentes Oeste dominan a lo largo del año. Siguen en importancia los vientos del Este cuya frecuencia llega a superar a la anterior en los meses de Julio y Septiembre. Las direcciones Noreste, Suroeste y Nordeste se dan con mucha menor frecuencia. En cuanto a las demás direcciones apenas tienen significación. Esta distribución de los vientos se mantiene durante la época de riego (Mayo-Septiembre).

Las velocidades medias mensuales, obtenidas a partir del recorrido medio en 24 horas, sufren variaciones a lo largo del año. La diferencia entre los meses de máxima y mínima velocidad del viento, Abril y Octubre respectivamente, es de 4,3 Km por hora.

En el 63 por 100 de los casos la velocidad media del viento se mantiene entre los 14 y 19 Km por hora.

#### 4.6.- HORAS DE SOL

La media anual de horas de sol ha resultado ser de 2690. En los meses de Octubre a Marzo, ambos inclusive, el número de horas mensuales de sol es inferior a 200.

#### 4.7.- HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa media anual es del 69 por 100 y los valores medios mensuales están comprendidos entre el 51 por 100 en Julio y el 83 por 100 en Diciembre y Enero.

#### 4.8.- EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración potencial de la zona se ha calculado por el método de Thornthwaite con datos de las estaciones meteorológicas de Huesca (Monflorite) y Pallaruelo de Monegros. La evapotranspiración por el método de Penman se ha calculado únicamente con datos de la estación de Huesca (Monflorite) por ser la única que recoge los valores de la humedad relativa y del viento.

Según el método de Thornthwaite, el exceso de agua es de 185,9 mm en el período Octubre-Abril, con datos de Huesca (Monflorite) y de 82,9 mm, período Noviembre-Febrero, con datos de Pallaruelo de Monegros. El déficit de agua es de 287,2 mm, período Mayo-Septiembre, y de 449,3 mm, período Marzo-Octubre, respectivamente.

Por el método de Penman, el exceso de agua es de 140 mm en el período Octubre-Febrero y el déficit de agua es de 492,9 mm en el período Marzo-Agosto.

#### 4.9.- HELADAS

El período totalmente libre heladas comprende desde la primera decena de Mayo hasta la segunda decena de Octubre, ambas inclusive.

Durante el período de heladas, especialmente desde la segunda decena de Noviembre hasta la tercera decena de Marzo, estas son muy frecuentes y muy intensas, llegando a alcanzar temperaturas de  $-13,2^{\circ}\text{C}$  según los datos de los 20 años estudiados.

#### 4.10.- CLASIFICACION CLIMATICA

La clasificación climática según Papadakis es la siguiente:

Estación Huesca (Monflorite)

Tipo de invierno: avena fresco (av)

Tipo de verano: Maiz (M)

Régimen térmico: Templado cálido (TE)

Régimen de humedad: Mediterráneo seco (Me)

Tipo climático: Mediterráneo templado (TE,Me)

Estación: Pallaruelo de Monegros

Tipo de invierno: Avena fresco (av)

Tipo de verano: Maiz (M)

Régimen térmico: Templado cálido (TE)

Régimen de humedad: Mediterráneo semiárido (me)

Tipo climático: Mediterráneo semiárido continental (TE,me)

En la zona representada por la estación de Huesca, los cereales de invierno y el viñedo no precisan riego. Con riego es buen clima para el maíz, alfalfa, peral.

En la zona representada por la estación de Pallaruelo de Monegros, los cereales de invierno sufren de sequia por lo que precisan riego. También necesitan riego los cultivos de verano.

La clasificación climática según Thornthwaite es la siguiente:

Estación: Huesca (Monflorite)

Régimen de humedad:

Tipo climático: Sub-húmedo ( $C_2$ ) con falta intensa de agua en verano ( $S_2$ ).

Eficacia térmica: Mesotérmico ( $B'_1$ ) con una concentración en verano del 53% ( $b'_3$ ).

Estación Pallaruelo de Monegros

Régimen de humedad:

Tipo climático: Semiárido (D) con exceso moderado de agua en invierno (S).

Eficacia térmica:

Tipo climático: Mesotérmico ( $B'_2$ ) con una concentración en verano del 52,81% ( $b'_3$ )

El clima de la mayor parte de la zona corresponde a las características climáticas del Observatorio de Huesca -

y únicamente la parte más sureste de la misma se -  
aproxima más a las características climáticas del  
Observatorio de Pallaruelo de Monegros.

CAPITULO N° 5

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

La zona objeto de Estudio está situada en la parte central de la Depresión del Ebro.

En la era Terciaria, durante el Mioceno, esta depresión se rellenó de depósitos de carácter continental endorreico. Este carácter endorreico se mantuvo durante gran parte del Terciario, debido principalmente al levantamiento tectónico de las cordilleras marginales y al fenómeno simultáneo de la subsidencia de la cubeta sedimentaria. Los materiales sedimentados en el Terciario fueron margas y areniscas. Las primeras tienen mayor importancia pues las areniscas se presentan en formas de lentejones intercalados entre las margas. Las margas son muy salinas.

En el periodo Cuaternario bajo condiciones climáticas semiáridas y régimen de lluvia intermitente se produjo la erosión de los materiales de la sierra de Alcubierre. Los derrubios fueron transportados y depósitos sobre substratos de materiales terciarios. Estas formaciones de pié de monte originadas por los depósitos de los derrubios de erosión se denominan glacis de pié de monte.

Bajo condiciones húmedas estas unidades no se habrían formado pues los derrubios a medida que se hubieran producido serían arrastrados y no depositados.

Posteriormente al período semiárido tuvo lugar un período cálido con abundantes lluvias durante el cual se erosionaron las formaciones anteriores, encajándose en ellas diversas redes fluviales. Parte de estas formaciones debido a una erosión muy

intensa desaparecieron quedando los materiales subyacentes terciarios sin sus recubrimientos cuaternarios.

Durante el Cuaternario se produjeron también los depósitos de los materiales aluviales arrastrados por los cauces fluviales.

La disposición general y completa de las unidades geomorfológicas de la zona siguiendo la dirección suroeste-noreste (ver conte esquemático en la figura 1) es la siguiente:

Glacis de pié de monte de la sierra de Alcubierre, escarpes, laderas, llanura aluvial ó aluvio-coluvial, valle aluvial ó aluvio-coluvial, laderas, escarpes, terraza del río Flumen, escarpe y valle aluvial del río Flumen.

Esta disposición tiene carácter muy general pudiendo faltar alguna de esas unidades. Así por ejemplo al noroeste de Sangarren, al norte de la zona, la distribución de las unidades geomorfológicas (ver figura 2) es la siguiente:

Ladera, llanura aluvio-coluvial y valle aluvial del río Flumen; faltan los glacis de pié de monte junto con su escarpe correspondiente así como la terraza del Flumen con sus escarpes y la ladera situada al sur de dicha terraza.

La disposición de las unidades geomorfológicas según un eje perpendicular al anterior (ver figura 3) es la siguiente:

Escarpe, glacis de pié de monte, escarpe, ladera, valle aluvial, ladera, escarpe, glacis de pié de monte, escarpe, etc.

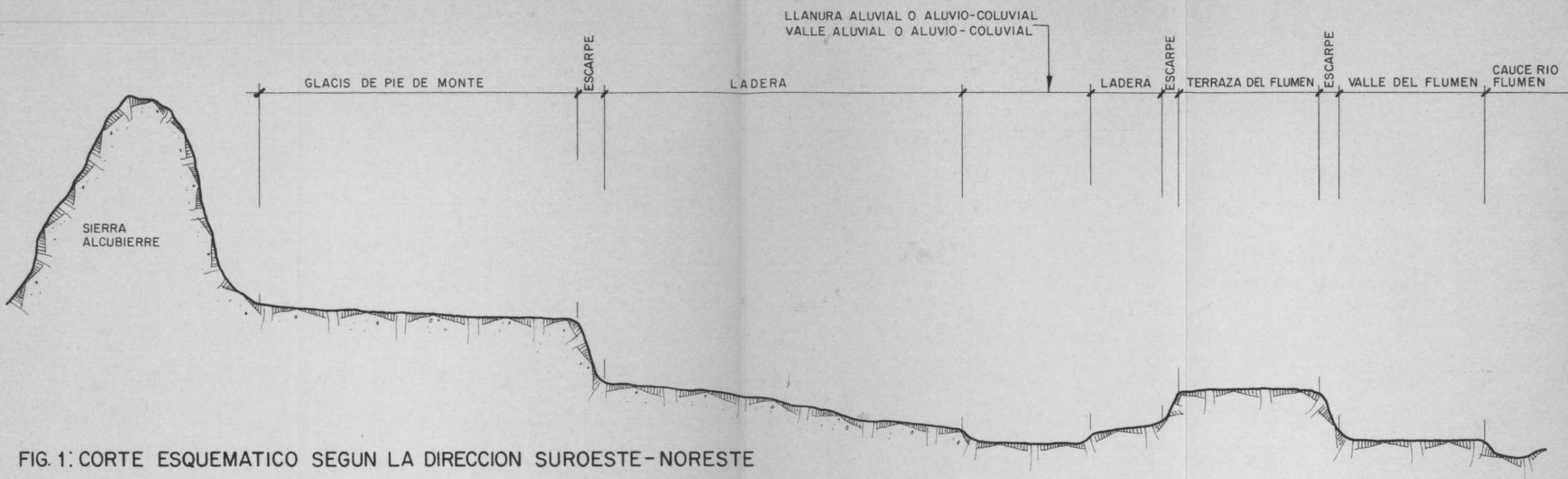


FIG. 1: CORTE ESQUEMATICO SEGUN LA DIRECCION SUROESTE-NORESTE

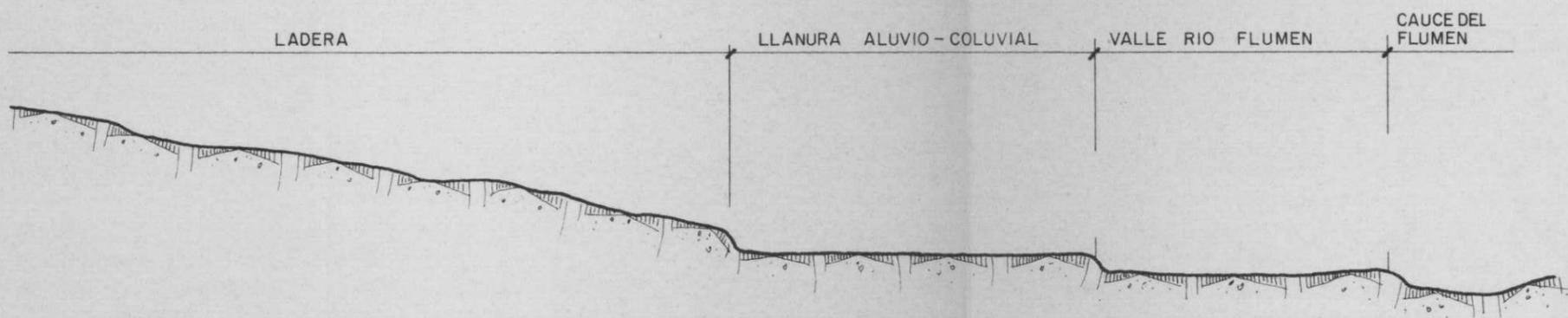


FIG. 2 : CORTE ESQUEMATICO AL NOROESTE DE SANGARREN

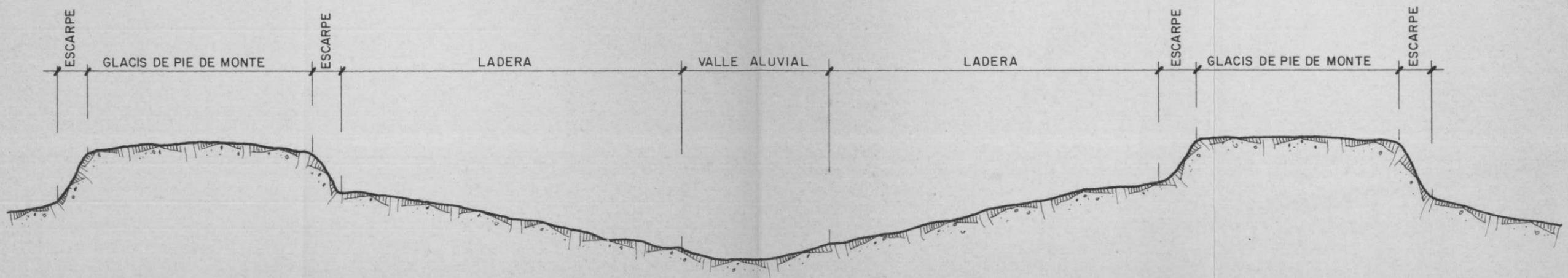


FIG. 3: CORTE ESQUEMATICO SEGUN LA DIRECCION PERPENDICULAR A LA FIGURA 1

Los cerros se encuentran dispersos por toda la zona.

Se describen a continuación las distintas unidades geomorfológicas de la zona y los materiales parentales de cada unidad.

#### Cerros testigos.

Se encuentran numerosos cerros de margas y areniscas distribuidos por toda la zona. Han sufrido los efectos de una erosión muy intensa y como consecuencia de ello tienen las margas y areniscas muy cerca de la superficie. Generalmente están protegidos por un afloramiento de areniscas.

La superficie ocupada por los cerros es del 5,1 por 100 respecto a la superficie total de la zona.

#### Glacis de pié de monte.

Son planos con pendientes muy suaves en la dirección de su eje longitudinal (dirección suroeste-noroeste). Estas pendientes están comprendidas entre el 1 y el 3 por 100. No tienen apenas pendiente en sentido transversal.

Los materiales de los glacis son derrubios procedentes de la sierra de Alcubierre que se han depositado sobre las margas y areniscas del Terciario. Contienen gran cantidad de piedras que, en contraste con los sasos, tienen forma angular y no redonda por el corto recorrido de transporte. Estas piedras están cementadas por carbonato cálcico en forma de costra caliza discontinua.

Los glacis ocupan un 26,2 por 100 de la superficie total de la zona.

Hay glaciares que han sufrido los efectos de una erosión muy intensa. La superficie ocupada por estos glaciares erosionados representa el 1,9 por 100 de la superficie total de la zona.

### Escarpes

Los escarpes son laderas muy cortas con pendientes muy acusadas y que están muy erosionadas. Presentan las margas y areniscas - muy cerca de la superficie y el aluvio grueso por encima (generalmente forma el escarpe) de ellas. Se sitúan entre un glaciar o una terraza del Flumen y una ladera, valle o llanura.

Ocupan el 5,4 por 100 de la superficie total de la zona.

### Laderas

Los materiales geológicos de las laderas son esencialmente margas residuales en la zona alta de la ladera y margas mezcladas con coluvios locales en la parte baja. Frecuentemente las areniscas acompañan estos materiales.

Las laderas ocupan un 25,5 por 100 respecto a la superficie total de la zona.

Algunas laderas han sufrido particularmente los efectos de una erosión muy intensa y tienen en superficie las margas y areniscas. Estas laderas erosionadas ocupan el 7,7 por 100 de la superficie total de la zona.

### Valles aluviales, coluviales y aluvio-coluviales

Los valles aluviales están formados por los materiales depositados por el río Flumen y por los restantes cauces fluviales. Ocupan una superficie del 10,3 por 100 de la superficie total de la zona, correspondiendo el 1,7 por 100 a los valles aluviales del río Flumen.

Los valles coluviales ocupan muy poca extensión, el 0,15 por 100 de la superficie total de la zona y los valles aluvio-coluviales el 3,9 por 100.

Los materiales aluviales del río Flumen son algo menos finos y más permeables que los materiales de los restantes valles aluviales y aluvio-coluviales formados en la red de drenaje natural. Son además materiales no salinos en contraste con los de estos últimos, que son salinos.

### Valles de erosión

En estos valles predominan grandemente los fenómenos de erosión sobre los de sedimentación. Las margas y areniscas están en la superficie.

Ocupan un 0,16 por 100 de la superficie total de la zona.

### Llanuras aluviales y aluvio-coluviales

Se sitúan en la parte inferior de los escarpes de los glaciares de pie de monte o bien en la parte inferior de las laderas. Sus -

materiales son generalmente salinos. Sin embargo no lo son los de la llanura aluvial donde se asienta el pueblo de Tardienta.

Ocupan un 7,7 por 100 de la superficie total de la zona.

Terrazas fluviales

Están formadas por aluviones antiguos del río Flumen. Morfológicamente se parecen a los glacis de pié de monte, ocupando también posiciones elevadas respecto a las restantes unidades geomorfológicas.

Se diferencian de los glacis de pié de monte por las siguientes características:

- Son más llanas.
- Su patrón de sedimentación es oeste-este en vez del de las formaciones de pié de monte que es sur-norte
- Las piedras de las terrazas son redondeadas y están en sus perfiles muy bien clasificadas por tamaños mientras que en los glacis son angulares y no están bien clasificadas por tamaños en el perfil del suelo.

Las terrazas ocupan un 5,4 por 100 de la superficie total de la zona.

La zona objeto de estudio está transformada en regadío y prácticamente todas las unidades anteriores están niveladas.

En el plano nº 4 figura la localización de las distintas unidades geomorfológicas.

En el cuadro nº 5-1 figura la superficie ocupada por las distintas unidades geomorfológicas.

CUADRO Nº 5-1

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y MATERIALES PARENTALES

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	MATERIALES PARENTALES	SUPERFICIE	
		Ha	%
Cerros testigo	Margas y areniscas	1.845	5,14
Glacis de pié de monte	Conglomerados	9.407	26,23
Glacis erosionados	Conglomerados, margas y areniscas	669	1,86
Laderas	Coluvios, margas y areniscas	9.134	25,47
Laderas erosionadas	Margas y areniscas	2.769	7,72
Escarpes	Margas, areniscas y conglomerados	1.924	5,36
Valles aluviales del río Flumen	Aluviones	605	1,70
Valles aluviales en la red natural de drenaje	Aluviones	3.106	8,64
Valles coluviales	Coluvios	54	0,15
Valles aluvio-coluviales	Aluviones y coluvios	1.411	3,93
Valles de erosión	Margas y areniscas	57	0,16
Llanuras aluviales	Aluviones	300	0,84
Llanuras aluvio-coluviales	Aluviones y coluvios	2.462	6,86
Terrazas fluviales	Aluviones antiguos	1.947	5,43
Superficie sin clasificar. Núcleos urbanos		185	0,51
TOTALES		35.875	100,00

## DETALLES GEOLOGICOS DE LA ZONA



Montículo de areniscas. Suelos formados a partir de dicho material.



Marga salina ("Buro") típica de la zona a partir de 43 cms. de profundidad.



Detalle de la marga ("Buro")

CAPITULO N°6

AGROHIDROLOGIA

6.1.- CAPA FREATICA, INCIDENCIA Y CALIDAD

En el cuadro N°5.1. del Anejo N°5 figura para cada capa freática encontrada, el N°de calicata o sondeos al que corresponde la profundidad del nivel freático, la calidad del agua y la conductividad del extracto de saturación del suelo correspondiente. Los datos de dicho cuadro sirven de base para la elaboración de este apartado 6.1.

La mayor parte de los acuíferos analizados de la zona son del tipo " no confinado", siendo poco comunes los del tipo confinado y semiconfinado.

Los niveles freáticos están alimentados principalmente por las aguas sobrantes de riego, que son abundantes ya que las dosis de riego utilizadas son, en general, elevadas.

Las capas freáticas se encuentran principalmente en los suelos de los valles (aluviales, coluviales y aluvio-coluviales ) y de las llanuras aluviales y aluvio- coluviales.

La distribución de frecuencias de la profundidad de los niveles freáticos encontrados en estas unidades es la siguiente:

Intervalos de profundidad de los niveles freáticos cm.	N°de niveles freáticos	Frecuencia %
0-50	2	5,1
50-100	6	15,4
100-150	19	48,7
150-200	9	23,1

<u>Intervalos de profundidad de los niveles freáticos cm.</u>	<u>Nº de niveles freáticos</u>	<u>Frecuencia %</u>
200-250	<u>3</u>	<u>7,7</u>
TOTALES	39	100,0

Los niveles freáticos más frecuentes se han presentado entre 100 y 150; entre 50 y 100 y entre 150-200 cm se han presentado con bastante frecuencia. Los niveles freáticos en los intervalos 0-50 y 200-250 se han presentado con poca frecuencia.

La distribución de frecuencias correspondiente a la calidad de las aguas freáticas encontradas en los valles y llanuras aluviales y aluvio- coluviales es la siguiente:

<u>Calidad de las aguas freáticas</u>	<u>Nº de muestras</u>	<u>Frecuencia %</u>
C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	1	2,5
C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	3	7,5
C <sub>3</sub> -S <sub>2</sub>	2	5,0
C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub>	8	20,0
C <sub>4</sub> -S <sub>2</sub>	1	2,5
C <sub>4</sub> -S <sub>3</sub>	1	2,5
C <sub>5</sub> -S <sub>2</sub>	3	7,5
C <sub>5</sub> -S <sub>3</sub>	2	5,0
C <sub>5</sub> -S <sub>4</sub>	1	2,5
C <sub>6</sub> -S <sub>3</sub>	6	15,0
C <sub>6</sub> -S <sub>4</sub>	<u>12</u>	<u>30,0</u>
TOTALES	40	100,0

Las aguas freáticas que aparecen en estas unidades son de muy mala calidad, como se desprende del cuadro anterior, ya que las de calidad algo favorable (C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> y C<sub>3</sub>-S<sub>2</sub>) se presentan con una frecuencia del 15 por 100. Las aguas freáticas desfavorables han contribuido a la salinización de la mayor parte de los suelos de estas unidades.

En las laderas aparecen capas freáticas colgadas como consecuencia de los riegos y de la pérdida de su drenaje natural debido a la nivelación. Son de muy mala calidad, han contribuido a la salinización de muchos de estos suelos y suponen un peligro de salinización para los no salinizados.

En las terrazas se ha encontrado alguna capa freática, como consecuencia del riego y con carácter muy local.

En los glacis de pié de monte aparecen localmente, en pequeñas depresiones, capas freáticas de calidad muy desfavorable. Al carácter local con que se presentan, al lavado producido por el riego con aguas de muy buena calidad, y a la gran permeabilidad de los horizontes superiores se debe el que estos suelos no sean salinos.

#### 6.2.- FILTRACIONES

En los diversos Estudios geohidrológicos realizados sobre las zonas de Flumen y Monegros se desprende que no caben esperar filtraciones generales importantes.

Se presentan sin embargo problemas de filtraciones locales que tienen lugar en las transiciones de los suelos de los glacis a los suelos adyacentes situados a niveles inferiores. Estas filtraciones hay que cortarlas mediante zanjas de cintura que rodeen a los suelos de los glacis por su parte inferior. Deben incluir un dren y deben estar rellenas de gravas. También se producen filtraciones locales de los bancales superiores a los inferiores. Estas filtraciones pueden cortarse con un dren que debe situarse entre los dos bancales.

#### 6.3.- CONDICIONES DE DRENAJE

Los suelos no salinos presentan buenas condiciones de drenaje y los salinos malas.

Las causas principales del mal drenaje de los suelos salinos son las siguientes:

- Presencia de una capa impermeable a mayor o menor profundidad pero generalmente por encima de 2 m.
- Las permeabilidades de lentas a moderadamente lentas que presentan los suelos. Estas bajas permeabilidades son debidas a su mala estructura (la estructura original se deterioró al nivelar los bancales) y a la compactación producida por la maquinaria pesada al realizar la nivelación.
- Las texturas poco favorables que poseen la mayor parte de los suelos, ya que aunque tienen, en general, texturas de medias a ligeramente finas, poseen un alto contenido de limo y arena muy fina.

Las aguas de lluvia y especialmente las aguas sobrantes de riego alimentan los niveles freáticos de la zona que debido al mal drenaje de la misma permanecen altos.

Las aguas freáticas cargadas de sales han sido la causa de la salinización de muchos de los horizontes superiores de los suelos de la zona.

El problema de la mala estructura de gran parte de los suelos, se agrava en los suelos salino-alcalinos, por la dispersión que produce el sodio de las partículas del suelo, originando suelos muy compactos y con velocidades de infiltración bajísimas.

La actual red de drenaje de la zona carece del drenaje en parcela necesario para un drenaje efectivo y las zanjas de drenaje de la red actual son poco profundas, en general. Esto unido a la mala estructura de los suelos, a las infiltraciones y permeabilidades bajas y a la salinidad hace que las condiciones actuales de drenaje de los suelos salinos de la zona sean actualmente muy deficientes.

6.4.- AGUA DE RIEGO, CALIDAD A LO LARGO DEL PERIODO DE ESTUDIO

El agua de riego de la zona procede del Embalse de la Sotonera.

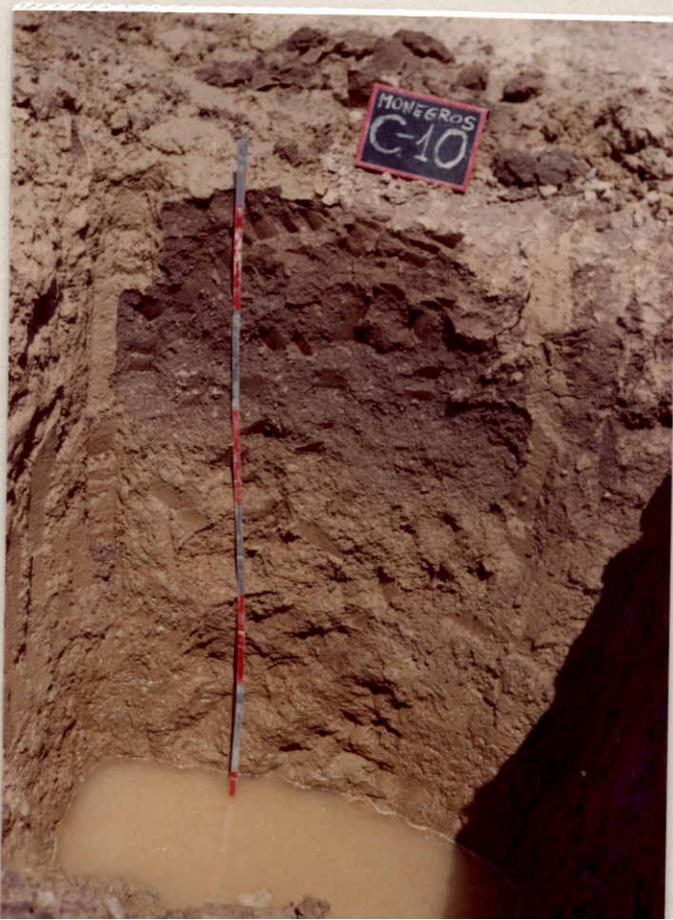
Durante el desarrollo del presente Estudio han sido tomadas cuatro muestras de agua de riego.

Los resultados de los análisis figuran en el Anejo nº5.

En el cuadro que se adjunta a continuación figuran las principales características de las citadas muestras de agua.

<u>Fecha de - la muestra</u>	<u>C.E. (micromhos/cm)</u>	<u>SAR</u>	<u>Clasifi- cación</u>	<u>Carbonato só- dico residual</u>
22-4-75	405	0,5	C <sub>2</sub> - S <sub>1</sub>	Inferior a 0
20-5-75	360	0,5	C <sub>2</sub> - S <sub>1</sub>	" " "
18-6-75	330	0,5	C <sub>2</sub> - S <sub>1</sub>	" " "
5-7-75	400	0,6	C <sub>2</sub> - S <sub>1</sub>	" " "

El agua de riego es de magnífica calidad para el riego pues presenta valores bajos de la conductividad y del SAR y no presenta problema alguno de carbonato sódico residual. Es, en definitiva, un agua muy buena para el riego y muy adecuada para efectuar con ella lavados para la recuperación de los suelos salinos. Su clasificación es C<sub>2</sub> - S<sub>1</sub>.



CAPITULO N° 7

VEGETACION NATURAL Y UTILIZACION  
ACTUAL DE LA TIERRA

7.1.- VEGETACION NATURAL

La vegetación natural se manifiesta principalmente en los eriales antiguos de la zona y en las parcelas abandonadas generalmente por motivos de salinidad.

En los eriales la vegetación natural está constituida principalmente por tomillo, manzanilla y diversas especies de crucíferas.

En los suelos no salinos, entre los cereales se encuentran frecuentemente diversas especies de crucíferas, cardos, avena loca, amapolas, etc.

En los suelos salinos aparece vegetación típicamente salina constituida fundamentalmente por las especies Salicornia herbácea y Salsola vermiculata..

7.2.- UTILIZACION ACTUAL DE LA TIERRA

En el plano n° 3 figura la distribución superficial de la utilización actual de la zona y en el cuadro n° 7.1 el inventario de dicha distribución.

En el anejo n° 7 figuran las encuestas realizadas en los distintos tipos de suelos que han permitido conocer la Agricultura de la zona.

## CUADRO N° 7-1

USO ACTUAL DE LA TIERRA

	Superficie (ha)	Porcentaje (ha)
- Cultivos de Secano Cereales fundamentalmente y olivar y almendros escasos	5.195	14,48
- Cultivos de regadío. Trigo, Cebada, Maiz, Arroz y poquísimos frutales.	29.945	83,47
- Superficie no cultivada.	735	2,05
Erial.	550	1,54
- Núcleos Urbanos.	185	0,51
<b>TOTAL</b>	<b>35.875</b>	<b>100,00</b>

1.- Superficie no cultivada

La superficie no cultivada ocupa una superficie de 735 ha., que supone aproximadamente un 2 por 100 - de la superficie total de la zona.

La superficie de erial se localiza fundamentalmente en pequeños cerros y escarpes y ocupa una superficie de 550 ha.

La superficie ocupada por los núcleos urbanos es de 185 ha.

2.- Secano

La superficie cultivada en secano es de 5.195 ha., que supone aproximadamente el 15 por 100 de la superficie total de la zona. Corresponde a suelos de mala calidad para el riego por sus deficiencias de suelo y topografía y presenta graves problemas de erosión.

Se dedica el secano fundamentalmente al cultivo de cereales: trigo y cebada para grano y también mezcla de cebada, veza y avena para forrajes. De ellos el cultivo fundamental, por su extensión, es el de cebada. El rendimiento medio obtenido de cebada es de 1.500 a 2.000 Kg/ha.

Existen algunas parcelas de almendros y olivares, - que no han sido cartografiadas por su pequeña superficie. Tampoco han sido cartografiadas las plantaciones de pinos que rodean los pueblos nuevos del Iryda.

### 3.- Regadio.

La mayor parte de la superficie de la zona se cultiva en regadio, que ocupa una extensión de 29.945 ha., es decir un 83 por 100 de la superficie total de la zona.

El regadio de la zona corresponde a un regadio de tipo extensivo, en el que después de cada cultivo hay un periodo de barbecho en el que se efectúan varias labores y durante el cual se da un riego a la tierra.

La distribución aproximada de los cultivos, en el regadio actual es la siguiente:

Cereales (trigo,cebada,avena,arroz)..	33 por 100
Maíz .....	28 por 100
Alfalfa .....	25 por 100
Pradera .....	3 por 100
Barbecho .....	11 por 100

No existe una alternativa de cultivos determinada. Ello no es posible, desde luego, en los suelos salinos que son muy abundantes en la zona.

Las labores que anteceden a los cultivos se efectúan en todos los casos con tractor y son las siguientes:

- Una labor profunda de vertedero, arado bisurco o subsolador que se realiza para levantar el cultivo anterior, durante los meses de Agosto o Febrero y Marzo.

- Uno o varios pases de cultivador que se inician bien a los 20 días o bien al mes de la labor anterior, dependiendo de la lluvia. No está generalizada la práctica de hacer pases cruzados de cultivador.
- Un riego de tempero que tiene por finalidad humedecer la tierra para la preparación de la siembra del cultivo siguiente.
- Un pase de tractor con grada de púa. Esta labor es aprovechada a veces para incorporar un primer abono al suelo.

Uno de los cultivos de mayor importancia de la zona es la cebada. Su rendimiento varía con la clase de tierra en la que se cultiva, pero oscila en general entre 2.500 y 4.000 Kg. de grano/ha. El abono total incorporado a los suelos oscila entre 500 y 800 Kg/ha. y responde a abonos complejos o bien a una composición de superfosfato de cal, nitrato amónico, y sulfato amónico dosificada por el propio agricultor.

La superficie dedicada al trigo es menor y sus rendimientos varían entre 1.500 y 3.000 Kg/ha. Su abonado responde a las mismas dosis establecidas para la cebada. No se hacen tratamientos fitosanitarios.

El arroz ocupa amplias superficies en la zona. Los rendimientos obtenidos son bajos pues este cultivo no es adecuado a las condiciones climáticas de la zona y se cultiva con objeto, dadas las cantidades elevadas de agua que requiere, de desalinizar los suelos salinos. Los resultados obtenidos a este respecto no son satisfactorios por la falta de una red de drenaje subsuperficial.

El maíz es un cultivo de gran importancia en el regadío de la zona. Sus rendimientos medios son de 6,000 kg/ha. en panoja. El abono total incorporado oscila entre 700 y 1.700 kg/ha. El tratamiento contra el taladro está generalizado en todos los casos.

En cuanto a la alfalfa se obtienen rendimientos de 9000-10.000 kg/ha de heno seco al año. Se realizan entre los meses de Abril a Septiembre de 4 a 6 cortes, si bien cuando se dan 6 cortes, el primero y el último suelen ser de rendimientos bajos. La alfalfa suele permanecer en el terreno durante cuatro años, al término de los cuales se alza. El abono se reparte en los distintos cortes, incorporándolo al poco tiempo de efectuados. Las dosis varían de 200 a 300 kg/ha. Se suelen hacer también en cada corte tratamientos contra el pulgón a base de HCH en dosis de unos 10 kg/ha.

Aunque en escasa proporción se cultivan praderas semilladas, que suele serlo de Ray-Grass, que son muy resistentes a la salinidad. Sus rendimientos son muy buenos, de unos 60.000 kg/ha. año.

En áreas muy reducidas y con un microclima muy especial existen plantaciones regulares de melocotoneros y perales. Los primeros están situados en la parte suroeste de la zona, junto al río Flumen, y los segundos cerca del pueblo del Iryda, Frula.

## CAPITULO N° 8

### LOS SUELOS

A continuación se describen las propiedades generales y particulares de los distintos suelos de la zona.

En el plano n° 4 figuran las unidades geomorfológicas existentes en la zona y en las que existen asociaciones de suelos de propiedades relacionadas con la agricultura de regadío, bien de finidas.

En los cuadros n<sup>OS</sup> 8-1 y 8-2, que se incluyen al final de este capítulo, se detallan dichas propiedades relacionadas con el riego, figurando la relación entre la salinidad, y la asociación de suelos incluida en cada unidad geomorfológica.

#### 8.1.- SUELOS DE LOS CERROS TESTIGOS

##### 8.1.1.- Propiedades generales

Los suelos son muy erosionados con un perfil del tipo AC.

Se clasifican como Xeric Torriorthents según la Séptima - aproximación.

Ocupan una superficie de 1845 ha (5,1 por 100 de la superficie total de la zona).

### 8.1.2.- Propiedades particulares respecto al riego y drenaje

La profundidad efectiva es nula o muy escasa.

Son salinos.

El drenaje superficial es muy alto debido a la gran escorrentía superficial.

La permeabilidad es lenta.

El riesgo de erosión es alto y la topografía muy desfavorable.

No son aptos para el riego.

## 8.2.- SUELOS DE LOS GLACIS DE PIE DE MONTE

### 8.2.1.- Propiedades generales

Se han formado a partir de los depósitos de los derrubios procedentes de la erosión de los materiales de la sierra de Alcubierre. Tienen un perfil del tipo ABC algo desarrollado. En el horizonte B hay acumulación de carbonatos y también, aunque ligera, de arcilla iluvial. El horizonte C es un horizonte petrocálcico en el que las piedras de forma angular están cementadas por carbonato cálcico. El límite superior de este horizonte está a profundidades generalmente comprendidas entre 0,55 y 0,95 m.

Si el horizonte petrocálcico fuese continuo se clasificarían como Typic Paleorthids pero como no lo es se clasifican como asociación de los subgrupos Typic Paleorthids y Typic Calciorthids.

Ocupan una superficie de 9.407 ha (26,2 por 100).

### 8.2.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

Presentan en general buenas características con respecto al riego y al drenaje.

La textura es franco arcillo arenosa gravosa. La capacidad de retención de estos suelos es baja, debido a su contenido en gravas.

La profundidad efectiva a la costra caliza (mallacán) varía entre 0,55 y 0,95 m.

Son todos ellos no salinos y no alcalinos no presentando tampoco riesgo de salinización y de alcalinización.

Están bien o algo excesivamente drenados.

La permeabilidad es muy favorable y suele estar comprendida entre 0,8 y 1,43 m/día.

La velocidad de infiltración es elevada. Presentan un riesgo de erosión bajo.

### 8.3.- SUELOS DE LOS GLACIS DE PIE DE MONTE EROSIONADOS

#### 8.3.1.- Propiedades generales

Son idénticos en su origen a los anteriores y difieren algo en sus propiedades por la erosión que han sufrido.

Tienen un perfil del tipo AC en el que el horizonte C petrocálcico puede faltar, sustituyéndole un horizonte constituido por margas solas o acompañadas por areniscas.

Se clasifican como Xeric Torriothents según la Séptima aproximación.

Ocupan una superficie de 669 ha (1,9 por 100 de la superficie de la zona).

#### 8.3.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

Cuanto más intensa es la erosión que han sufrido, peores características tienen con respecto al riego y al drenaje.

La profundidad efectiva a los conglomerados es de 0,25 m. o más y a las margas superior a 0,95 m.

De una superficie total de 669 ha, 232 ha corresponden a los suelos más erosionados que tienen una profundidad - efectiva tan escasa que no son aptos para el riego. 337 ha corresponden a suelos no salinos con riesgo de salinización y 100 ha corresponden a suelos salinos con conductividades comprendidas entre 4 y 8  $\mu$ hos/cm.

El drenaje es moderado.

La permeabilidad varía entre lenta y noderada (0,25 y - 0,5 m/día).

La velocidad de infiltración es baja.

El riesgo de erosión es alto.

#### 8.4.- SUELOS DE LAS LADERAS

##### 8.4.1.- Propiedades generales

Los materiales parentales de los suelos de las laderas - lo constituyen coluvios, margas y areniscas.

Tienen un perfil del tipo ABC en el que el horizonte B - es un horizonte cálcico que muestra signos evidentes de iluviación de arcilla. Este horizonte B falta a menudo - siendo el perfil del tipo AC.

Se han clasificado según la Séptima Aproximación en Typic Calciorthids, los que tienen un perfil del tipo ABC y en Xeric Torriorthents los que tienen un perfil AC.

Ocupan una superficie de 9.134 ha (25,5 por 100 de la superficie de la zona).

##### 8.4.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

La profundidad efectiva a las margas y areniscas varía - entre 0,30 m. y 2 m. o incluso más, siendo menos profundas las partes altas erosionadas y más profundas las partes bajas coluviales.

De un total de 9.134 ha, 7.189 ha corresponden a suelos no salinos aunque 6.395 ha requieren un control de la salinidad por ser ligeramente salinas en profundidad. 497 ha corresponden a suelos salinos y 1.448 ha a suelos salino-alcalinos, tanto en superficie como en profundidad.

El drenaje es escaso o imperfecto debido a que las laderas están niveladas.

La permeabilidad es en general desfavorable y varía entre muy lenta y moderadamente lenta (0,03 y 0,5 m/día).

La velocidad de infiltración es muy baja.

El riesgo de erosión es medio.

## 8.5.- SUELOS DE LAS LADERAS EROSIONADAS

### 8.5.1.- Propiedades generales

Las laderas erosionadas presentan los materiales parentales, margas y areniscas, en la superficie o muy próxima a ella.

Se han clasificado como Xeric Torriorthents según la Séptima Aproximación.

Ocupan una superficie de 2.769 ha (7,7 por 100 de la superficie de la zona).

### 8.5.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

Debido a la erosión que han sufrido, la profundidad efectiva del suelo es escasa o nula. Son salino-alcalinos y presentan una topografía muy desfavorable. Por todo ello no son aptos para el riego.

## 8.6.- SUELOS DE LOS ESCARPES

En general en los escarpes no hay suelo debido a que están sometidos a una erosión muy intensa.

### 8.6.1.- Propiedades generales

Los materiales parentales, margas y areniscas se encuentran en la superficie o muy próxima a ella debido a la gran erosión que han sufrido.

Se clasifican como Xeric Torriorthents según la Séptima Aproximación.

Ocupan una superficie de 1.924 ha (5,4 por 100 de la superficie de la zona).

### 8.6.2.- Propiedades particulares respecto al riego y drenaje

La profundidad efectiva de estos suelos es escasa o nula.

Son todos ellos salino-alcalinos.

El drenaje es altísimo (todo escorrentía superficial).

La permeabilidad es muy lenta (inferior a 0,03 m/día).

No están nivelados presentando una topografía muy desfavorable y una erosión muy alta.

No son aptas para el riego.

#### 8.7.- SUELOS DE LOS VALLES ALUVIALES DEL RIO FLUMEN

##### 8.7.1.- Propiedades generales

Están formados a partir de los aluviones depositados por el río Flumen. Tienen un perfil algo evolucionado de tipo ABC en el que el horizonte B es un horizonte cámbico y en el que se aprecian signos evidentes de iluviación.

Se clasifican como Typic Camborthids según la Séptima Aproximación.

Ocupan una superficie de 605 ha (1,7 por 100 de la superficie de la zona).

##### 8.7.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

La profundidad efectiva de estos suelos es igual o superior a 2 m.

La textura varía entre franco arcillosa y arcillo limosa.

No son salinos.

El drenaje es moderado.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,4 y 0,6 m/día.

La velocidad de infiltración es media.

El riesgo de erosión es bajo.

#### 8.8.- SUELOS DE LOS VALLES ALUVIALES FORMADOS EN LA RED DE DRENAJE NATURAL

##### 8.8.1.- Propiedades generales

Están formados a partir de los aluviones depositados por el agua que circula por la red de drenaje natural. Tienen un perfil algo evolucionado de tipo ABC en el que el horizonte B es un horizonte cámbico y en el que se aprecian signos evidentes de iluviación.

Se clasifican como Typic Camborthids según la Séptima - Aproximación.

Ocupan una superficie de 3.106 ha (8,6 por 100 de la su perficie de la zona).

### 8.8.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

La profundidad de estos suelos a la capa impermeable es, en general, inferior a 2 m.

La textura es arcillosa o arcillo limosa.

De una superficie total de 3.106 ha, 355 ha corresponden a suelos no salinos que requieren control de la salinidad por ser ligeramente salinos en profundidad, 1.594 ha corresponden a suelos salinos, 1.134 ha a suelos salino-alcalinos y 23 ha a suelos no aptos para riego.

El drenaje es escaso o imperfecto.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,01 y 0,5 m/día.

La velocidad de infiltración es muy baja.

El riesgo de erosión es bajo.

## 8.9.- SUELOS DE LOS VALLES ALUVIO-COLUVIALES FORMADOS EN LA RED DE DRENAJE NATURAL

### 8.9.1.- Propiedades generales

Están formados a partir de los aluviones y coluvios transportados por el agua que circula por la red de drenaje natural y posteriormente sedimentados.

Tienen un perfil algo evolucionado de tipo ABC en el que el horizonte B es un horizonte cámbico.

Se clasifican como Typic Camborthids según la Séptima - Aproximación.

Ocupan una superficie de 1.411 ha (3,9 por 100 de la superficie total de la zona).

#### 8.9.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

La textura varía entre franco arcillosa y arcillosa.

De un total de 1.411 ha, 1.246 ha no son salinas aunque 486 ha requieren un control de la salinidad por ser ligeramente salinas en profundidad. 165 ha corresponden a - suelos salino-alcalinos.

La profundidad a la capa impermeable en los suelos no salinos es superior a 2 m. e inferior en los salinos.

El drenaje es escaso o imperfecto en los suelos salinos y moderado en los no salinos.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,01 y 0,5 m/día.

La velocidad de infiltración es muy baja en los suelos salinos y media en los no salinos.

El riesgo de erosión es bajo.

## 8.10.- SUELOS DE LOS VALLES COLUVIALES

### 8.10.1.- Propiedades generales

Están formados a partir de materiales coluviales y tienen un perfil del tipo ABC, algo evolucionado, en el que el horizonte B es un horizonte cámbico.

Se clasifican como Typic Camborthids según la Séptima Aproximación y ocupan una superficie de 54 ha (0,15 por 100 de la superficie de la zona).

### 8.10.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

La profundidad de estos suelos a la capa impermeable es inferior a 2 m.

La textura es arcillosa o arcillo limosa.

De una superficie de 54 ha, 37 ha corresponden a suelos no salinos que requieren un control de la salinidad por ser ligeramente salinos en profundidad y 17 ha corresponden a suelos salinos.

El drenaje es escaso o imperfecto.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,01 y 0,5 m/día.

La velocidad de infiltración es muy baja.

El riesgo de erosión es bajo.

## 8.11.- SUELOS DE LOS VALLES DE EROSION

### 8.11.1.- Propiedades generales

Predominan en ellos los fenómenos de erosión sobre los de sedimentación, estando por ello muy erosionados.

Las margas y areniscas están en la superficie o muy próxima a ella.

Se han clasificado como Xeric Torriorthents según la Séptima Aproximación.

Ocupan una superficie muy pequeña, 57 ha (0,16 por 100 - de la superficie de la zona).

### 8.11.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

Estos suelos son salino-alcalinos. Debido a la gran erosión a que están sometidos y como consecuencia a la falta de profundidad efectiva, como máximo 0,30 m., no son aptos para el riego. Son además salino-alcalinos.

8.12.- SUELOS DE LAS LLANURAS ALUVIALES Y ALUVIO-COLUVIALES

8.12.1.- Propiedades generales

Se han formado a partir de aluviones y coluvios depositados por el agua.

Presentan un perfil del tipo ABC, en el que el horizonte B es un horizonte cálcico o bien un horizonte cámbico, - se clasifican como Typic Calciorthids o Typic Camborthids según la Séptima Aproximación.

Ocupan las superficies siguientes:

Llanuras aluviales: 300 ha (0,84 por 100 de la superficie total).

Llanuras aluvio-coluviales: 2.462 ha (6,7 por 100).

8.12.2.- Propiedades particulares respecto al riego y drenaje

La profundidad efectiva es igual o superior a 1,10 m.

La textura variable, está comprendida entre franco limosa y arcillosa.

La superficie total, 2.762 ha se distribuye de la siguiente forma: 1.539 ha corresponden a suelos no salinos, aunque 1.339 ha de éstas requieren control de la salinidad por ser ligeramente salinos en profundidad, 540 ha corresponden a suelos salinos y 683 ha a suelos salino-alcalinos.

El drenaje varía entre escaso y moderado.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,06 y 0,75 m/día.

La velocidad de infiltración es muy baja.

El riesgo de erosión es bajo.

### 8.13.- SUELOS DE LAS TERRAZAS FLUVIALES

#### 8.13.1.- Propiedades generales

Están formados a partir de aluviones antiguos depositados por el río Flumen.

Tienen un perfil del tipo ABC algo desarrollado en el que el horizonte C es muy gravoso.

Se clasifican como Typic Calciorthids según la Séptima - Aproximación.

Ocupan una superficie de 1.947 ha (un 5,4 por 100 de la superficie total de la zona).

8.13.2.- Propiedades particulares respecto al riego y al drenaje

La profundidad efectiva a la capa de gravas es igual o superior a 75 cm.

La textura es franco-arcillosa con grava.

La capacidad de retención de agua es baja.

No son salinos ni alcalinos.

Están bien drenados e incluso algo excesivamente drenados.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,6 y 1,6 m/día.

La velocidad de infiltración es elevada.

El riesgo de erosión es bajo.

CUADRO N° 8-1

## PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	MATERIALES PARENTALES	PROFUNDIDAD (m) EFECTIVA DEL SUELO	COLOR HORIZONTE SUPERFICIAL	TEXTURA (0-50- cm)	ESTRUCTURA (0-50 cm)	PERMEABILIDAD (m/día)	INFILTRACION	DRENAJE	RIESGO EROSION
Cerros testigos	Margas y areniscas	$P \leq 0,3$	10 y R 5/4	De franco a arcillo-limosa	Angular fina	Lenta	Inferior a 1 cm/día	Muy alto	alto
Glacis de pie de monte	Conglomerados	$0,55 < P \leq 0,95$	7,5 y R 4/4	Franco arcillo arenoso gravosa	Angular fina	Moderada (0,8 a 1,43)	Elevada	Bien a algo excesivamente drenado	Bajo
Glacis erosionados	Conglomerados margas y areniscas.	A los conglomerados 0,25 ó más. A las margas y areniscas superior a 0,95.	7,5 y R 4/4	Franco arcillo arenosa	Angular fina	De lenta a moderada (0,25 a 0,5)	Inferior 1 cm/día	Moderado	Alto
Laderas	Coluvios, margas y areniscas.	Muy variable: Desde 0,30 a superior a 2	10 y R 5/4	Franco arcillosa a arcillosa	Angular fina	Muy lenta a moderadamente lenta (0,03 a 0,5)	Inferior a 1 cm/día	Escaso a imperfecto (estan niveles)	Medio
Laderas erosionadas	Margas y areniscas	$P \leq 0,30$	10 y R 5/4	Franco arcillosa a arcillosa	Angular fina	Muy lenta - (Inferior a 0,03)	Inferior a 1 cm/día	Alto a muy alto	Muy alto
Escarpes	Margas, areniscas y conglomerados	No hay profundidad de suelo				Muy lenta		Altísimo	Muy alto
Valles aluviales del río Flumen	Aluviones	$P \geq 2$ m	10 y R 4/3	De franco arcillosa a arcillo limosa	Angular fina	Moderada (0,4 a 0,6)	Media	Moderado	Bajo
Valles aluviales - de la red de drenaje natural.	Aluviones	A la capa impermeable: $P < 2$ m	10 y R 4/3	De arcillosa a arcillo limosa	Angular fina	Muy lenta a moderadamente lenta (0,01 a 0,5)	Inferior a 1 cm/día	De escaso a imperfecto	Bajo
Valles aluvio coluviales de la red de drenaje natural	Aluviones y coluvios	A la capa impermeable: Suelos salinos $P < 2$ m Suelos no salinos $P \geq 2$ m	10 y R 4/3	Franco arcillosa a arcillosa	Angular fina	Muy lenta a moderadamente lenta (0,01 a 0,5)	De muy baja a media	Escaso a moderado	Bajo
Valles coluviales	Coluvios	A la capa impermeable: $P < 2$ m	10 y R 4/3	Arcillo limosa ó arcillosa	Angular fina	Muy lenta a moderadamente lenta (0,01 a 0,5)	Inferior a 1 cm/día	Escaso a imperfecto	Bajo
Valles de erosión	Margas y areniscas	$P \leq 0,30$	10 y R 5/4	Franca a arcillo-limosa	Angular y laminar fina	Muy lenta	Inferior a 1 cm/día	Escaso a imperfecto	Muy alto
Llanuras aluviales y aluvio-coluviales	Aluviones y coluvios	$P \geq 1,10$	10 y R 4/3 10 y R 4/4	De franco limosa a arcillosa	Angular fina	Lenta a moderadamente lenta (0,06 a 0,75)	Inferior a 1 cm/día	De escaso a moderado	Bajo
Terrazas fluviales	Aluviones antiguos	$P \geq 0,75$	10 y R 4/3	Franco arcillosa gravosa	Angular fina	Moderada a moderadamente rápida (0,6 a 1,6)	Elevada	Bien a algo excesivamente drenado	Bajo

He 90

1845 5.1

9407 26.2

669 1.9

9134 25.5

2769 7.7

1924 5.4

605 1.7

3106 3.9

1444 3.9

54 0.15

57 0.16

300 0.84

2462 6.7

1947 6.4

## CUADRO N° 8 - 2

## PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS SUELOS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	MATERIALES PARENTALES	MATERIA ORGANICA	pH	(*) PORCENTAJE DE SUELOS NO SALINOS	(*) PORCENTAJE DE SUELOS SALINOS	(*) PORCENTAJE DE SUELOS SALINO-ALCALINOS
Cerros testigos	Margas y areniscas	Muy bajo	Moderadamente alcalino	0	100	0
Glacis de pié de monte	Conglomerados	Bajo	Moderadamente alcalino	100	0	0
Glacis erosionados	Conglomerados, margas y areniscas	Bajo	Moderadamente alcalino	50,4	49,6	0
Laderas	Coluvios, margas y areniscas	Bajo a muy bajo	Moderado a fuertemente alcalino	78,7	5,4	15,9
Laderas erosionadas	Margas y areniscas	Muy bajo	Moderado a fuertemente alcalino	0	0	100
Escarpes	Margas, areniscas y conglomerados	Muy bajo	Moderadamente alcalino	0	0	100
Valles aluviales del río Flumen	Aluviones	Moderado	Moderadamente alcalino	100	0	0
Valles aluviales de la red de drenaje natural	Aluviones	Bajo	Moderadamente alcalino	11,4	51,3	37,3
Valles aluvio-coluviales de la red de drenaje natural	Aluviones y coluvios	Bajo a moderado	Moderadamente alcalino	88,3	0	11,7
Valles coluviales	Coluvios	Bajo a moderado	Moderadamente alcalino	68,5	31,5	0
Valles de erosión	Margas y areniscas	Muy bajo a bajo	Moderadamente alcalino	0	0	100
Llanuras aluviales	Aluviones	Bajo a moderado	Moderado a fuertemente alcalino	66,7	0	33,3
Llanuras aluvio-coluviales	Aluviones y coluvios	Bajo a moderado	Moderado a fuertemente alcalino	54,4	21,9	23,7
Terrazas fluviales	Aluviones antiguos	Bajo a moderado	Moderadamente alcalino	100	0	0

(\*) Porcentaje respecto a la superficie de la unidad geomorfológica correspondiente.

CALICATA Nº 4

Aspecto del terreno circundante.



ASPECTO DEL PERFIL

Clasificación:

Unidad geomorfológica: Ladera

Material geológico: Margas

Subgrupo: Typic Calciorthids

Clase de tierra:  $5n_2 - a_1$

Tipo de salinidad: Salino.

CALICATA Nº 13

Aspecto del terreno circundante.



ASPECTO DEL PERFIL

Clasificación:

Unidad geomorfológica: Ladera

Material geológico: Margas

Subgrupo: Xeric Torriorthents

Clase de tierra: 5n<sub>1</sub>

Tipo de salinidad: No salino.

Requieren control de la salinidad.

CALICATA Nº 15



Aspecto del terreno circundante.

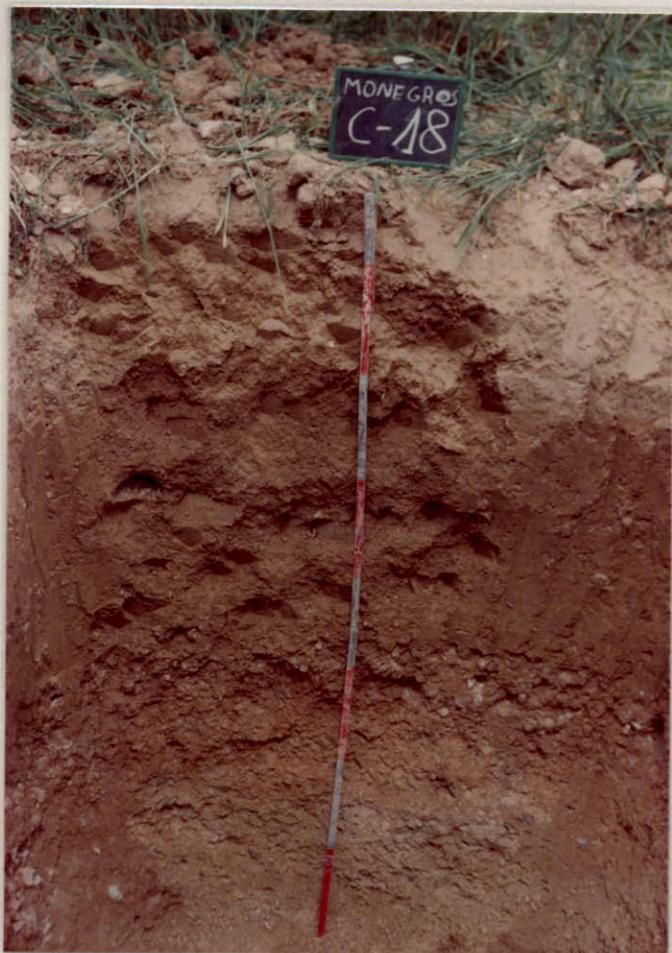


ASPECTO DEL PERFIL

Clasificación:  
 Unidad geomorfológica: Ladera  
 Material geológico: Margas  
 Subgrupo: Typic Calciorthids  
 Clase de tierra: 5 n<sub>1</sub>  
 Tipo de salinidad: No salino  
 Requieren control de la salinidad.

CALICATA N° 18

Aspecto del terreno.



## ASPECTO DEL PERFIL

Clasificación:

Unidad geomorfológica: Glacis  
de pié de monteMaterial geológico: Conglome-  
rados

Subgrupo: Typic Paleorthids

Clase de tierra: 2s

Tipo de salinidad: No salino.

## CAPITULO N° 9

### SALINIDAD

#### 9.1.- ORIGEN DE LAS SALES

El origen primario de las sales de los suelos de la zona - proviene de las que poseen los materiales geológicos, mar - gas y areniscas, que constituyen el substrato de la zona.

Las margas impermeables se encuentran, a mayor o menor pro - fundidad a lo largo de la zona y constituyen una capa imper - meable.

Las aguas sobrantes del riego se acumulan en las partes ba - jas de la zona, alimentando niveles freáticos muy ricos en sales las cuales proceden por disolución esencialmente de - las margas salinas. Las aguas freáticas al ponerse en con - tacto con los suelos los salinizan.

Otras veces las sales provienen de las filtraciones locales de agua, cargadas de sales al discurrir entre materiales sa - linos, que tienen lugar de los suelos de saso a suelos si - tuados a niveles inferiores o de suelos situados en banca - les superiores a los situados en bancales inferiores.

#### 9.2.- TIPOS DE SALES Y NIVELES DE SALINIDAD.

A partir de los resultados de los análisis de salinidad rea - lizados en las calicatas (conductividad e iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  +  $\text{Mg}^{++}$  del extracto de saturación) y de los resultados de los análisis de las aguas freáticas se deducen los tipos - de sales y los niveles de salinidad existentes en los sue - los de la zona.

Las concentraciones medias, en el extracto de saturación, de los cationes  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$  de todas las muestras de tierras analizadas, según niveles de conductividad son las siguientes:

CONDUCTIVIDAD DEL EXTRACTO DE SATURACION (mmhos/cm)	$\text{Na}^+$ (meq/l)	$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ (meq/l)
CE < 4	6,2	9,8
4 ≤ CE < 8	24,7	37,8
8 ≤ CE	78,52	54,3

Como el contenido en aniones de las aguas de riego es muy bajo, el tipo y nivel de aniones de las aguas freáticas corresponde, aproximadamente, al de los aniones existentes en el suelo.

Las concentraciones medias de aniones del conjunto de muestras más representativas de aguas freáticas de la zona son las siguientes:

CONCENTRACIONES DE ANIONES (meq/l)			
$\frac{\text{Cl}^-}{21,2}$	$\frac{\text{CO}_3^{=}}{0}$	$\frac{\text{CO}_3 \text{ H}^-}{5,4}$	$\frac{\text{SO}_4^{=}}{57}$

De los datos anteriores se deduce que las sales de los suelos son fundamentalmente sulfatos. También hay cloruros pero sus concentraciones son menores. Las sales se encuentran en forma de sulfatos de calcio, magnesio y sodio y de cloruro de sodio. Para niveles de la conductividad del extracto de saturación del suelo inferiores a 8 mmhos/cm. predomina la suma de los iones calcio y magnesio sobre los iones sodio,

mientras que el sodio es superior a la suma de los iones calcio y magnesio cuando la conductividad del extracto de saturación es superior a 8 mmhos/cm. Todos los suelos salinos de la zona con conductividades superiores a 8 resultarán ser además alcalinos.

Las sales más perjudiciales son sin duda el cloruro sódico y el sulfato sódico.

Los sulfatos de calcio y magnesio ejercen una acción favorable sobre la estructura de los suelos salinos en los procesos de su recuperación.

### 9.3.- NIVELES DE SALINIDAD-ALCALINIDAD PROPUESTOS PARA LA CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS

Para la clasificación de los suelos de la zona según niveles de salinidad-alcalinidad se examina la conductividad del extracto saturado y el ESP medios ponderados de un metro del perfil del suelo y se proponen los siguientes niveles:

- Suelos no salinos (conductividades inferiores a 4 mmhos/cm) que no requieren control de la salinidad y ESP inferior en todos ellos al 10 por 100.
- Suelos no salinos (conductividades inferiores a 4 mmhos/cm), que requieren control de la salinidad por ser ligeramente salinos en profundidad y ESP inferior al 10 por 100.
- Suelos salinos con conductividades comprendidas entre 4 y 8 mmhos/cm. Dentro de estos suelos se diferencian los que tienen un ESP inferior al 10 por 100, los que tienen un ESP entre el 10 y el 15 por 100 y los que tienen un ESP entre el 15 y el 25 por 100.

- Suelos salinos con conductividades superiores a 8 mmhos/cm. Todos los suelos encontrados con esta salinidad son alcalinos ( $ESP \geq 15$ ). Se diferencian los suelos que tienen un ESP igual o inferior al 25 por 100 y los que tienen un ESP superior a dicho valor.

En el plano nº5 figura la clasificación de los suelos salinos según los niveles de salinidad- alcalinidad propuestos.

#### 9.4.- LOCALIZACION DE LOS SUELOS SALINOS

En el cuadro nº9-1 figura la distribución de los suelos salinos según las distintas unidades geomorfológicas. De un total de 35.875 ha que tiene la zona en Estudio, 7.035 ha corresponden a suelos no regables y a superficie sin clasificar.

La superficie restante, 28.840 ha., se distribuye de la siguiente manera:

- 13.713 ha de suelos no salinos que no requieren control alguno de la salinidad.
- 8.949 ha, de suelos no salinos ( conductividades inferiores a 4 mmhos/cm ) que requieren control de la salinidad.
- 2.748 ha de suelos salinos y 3.430 ha de suelos salino- alcalinos que requieren prácticas para su recuperación.

Los suelos no salinos se localizan principalmente en los glacis de pié de monte y en las terrazas fluviales del río Fluman. Los suelos no salinos que requieren -

## CUADRO Nº 9 - 1

## LOCALIZACION DE LOS SUELOS SALINOS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	SUELOS NO SALINOS (CE<4 mmhos/cm) QUE NO REQUIEREN CONTROL DE LA SALINIDAD (ha)	SUELOS NO SALINOS (CE<4 mmhos/cm) QUE REQUIEREN CONTROL DE LA SALINIDAD (ha)	SUELOS SALINOS (CE>4 mmhos/cm) (ha)	SUELOS SALINO- -ALCALINOS (CE>4 mmhos/cm Y ESP>15%)(ha)	SUELOS NO REGABLES (ha)	SUPERFICIE SIN CLASIFICAR (ha)	SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA (ha)
Cerros testigo					1.845		
Glacis de pié de monte	9.407						
Glacis erosionados		337	100		232		
Laderas	794	6.395	497	1.448			
Laderas erosionadas					2.769		
Escarpes					1.924		
Valles aluviales del río Flumen	605						
Valles aluviales de la red de drenaje natural		355	1.594	1.134	23		
Valles aluvio-coluviales de la red de drenaje natural	760	486		165			
Valles coluviales		37	17				
Valles de erosión					57		
Llanuras aluviales y aluvio-coluviales	200	1.339	540	683			
Terrazas fluviales	1.947						
T O T A L E S	13.713	8.949	2.748	3.430	6.850	185	35.875

control de la salinidad se localizan principalmente en laderas, los suelos salinos en los valles y en las llanuras aluviales y aluvio-coluviales, los suelos, salino-alcalinos en laderas, situadas al sureste de la zona, y en valles aluviales y aluviocoluviales. Los suelos no regables se localizan esencialmente en cerros testigos, laderas erosionadas y escarpes.

#### 9.5.- DISTRIBUCION DE LA SALINIDAD SEGUN LA PROFUNDIDAD

Del total de perfiles estudiados, durante los meses de Mayo a Junio, en el 47 por 100 de los casos aumenta la salinidad con la profundidad, en el 39 por 100 disminuye y en el 14 por 100 restante la salinidad permanece constante.

Los suelos de la zona se han formado a partir de materiales salinos y la salinidad, en los suelos de secano, debe aumentar con la profundidad. Sin embargo la mayor parte de los suelos de la zona se riegan y con el riego se produce una movilización continua de las sales: las aguas sobrantes de riego se ponen en contacto con las margas impermeables, disuelven sus sales y ascienden por capilaridad quedando las sales, al evaporarse el agua, en los horizontes superiores. Con el riego se produce un lavado del perfil que produce un descenso de las sales.

En los perfiles de la zona predomina ligeramente, una distribución en la que la salinidad aumenta con la profundidad pero son también abundantes los perfiles en que la salinidad disminuye con la profundidad.

#### 9.6.- NIVELES DE TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE LOS CULTIVOS DE LA ZONA.

Para conocer prácticamente la tolerancia de los cultivos de la zona a la salinidad se han tomado para cada cultivo varios grupos de muestras de tierras situadas en distintos bancales, en los que está sembrado el cultivo corres-

pendiente. Cada grupo de muestras consta de tres series de muestras que corresponden a otros tantos puntos del bancal en los que el cultivo ofrece buen aspecto, regular y malo.

En cada uno de estos puntos se han tomado varias muestras a profundidades correspondientes a la de las raíces del cultivo.

Si la causa del desigual aspecto del cultivo dentro del mismo bancal se debe, como cabe esperar, a los distintos grados de salinidad existentes, se podrán obtener los valores de la conductividad del extracto de saturación del suelo que no conviene sobrepasar para cada cultivo para que este vegete bien.

Los resultados de los análisis de tierras realizados, a este respecto, para trigo, cebada, avena, alfalfa, maíz y arroz figuran en el anejo nº 9.

Las conclusiones obtenidas para cada uno de ellos son las siguientes:

### Trigo

Ofrece buen aspecto el trigo, en todos los casos observados, para conductividades inferiores a 5,1 mmhos/cm. Para conductividades de 6,4 mmhos/cm. aparecen ya trigos regulares y para 7,6 mmhos/cm. trigos malos.

Según esto la conductividad del extracto de saturación del suelo para el cultivo del trigo debe ser como máximo de 6 mmhos/cm.

### Cebada

La cebada ofrece buen aspecto para conductividades inferiores a 5,6 mmhos/cm. Para conductividades superiores a 7,1 mmhos/cm. los cultivos de cebada tienen aspecto regular.

La conductividad del extracto de saturación del suelo para el cultivo de cebada debe ser como máximo de 7 mmhos/cm.

### Avena

El aspecto del cultivo de avena en suelos de conductividad 6,7 mmhos/cm. o inferior es bueno mientras que es malo para conductividades de 12,5 mmhos/cm.

Se adopta como valor máximo de la conductividad del extracto de saturación del suelo para este cultivo 7 mmhos/cm.

### Alfalfa.

No se han podido sacar conclusiones con los resultados obtenidos. Por ello se adopta como conductividad límite de rendimientos normales 3 mmhos/cm según el U.S Dept. of Agriculture.

### Maiz

No se han podido sacar conclusiones con los resultados obtenidos ya que con conductividades bajas se han observado --

maices de mal desarrollo que no es debido a la conductividad del suelo.

Se adopta como conductividad limite de rendimientos normales 1,7 mmhos/cm según U.S. Dept of Agriculture.

### Arroz

Para conductividades de extracto de saturación del suelo de 5,4 mmhos/cm e inferiores los arrozales tienen buen aspecto y para conductividades de 9,2 mmhos/cm y superiores ofrecen mal aspecto.

Se adopta como valor máximo de la conductividad del extracto de saturación del suelo para el cultivo del arroz, 5 - mmhos/cm.



Suelo salino: Clase de tierra  $5n_2$ .  
La cebada ofrece mal aspecto.



Suelo de glacis no salino. Clase de tierra  $2s$ .  
La cebada ofrece buen aspecto.

## CAPITULO Nº 10

### RECOMENDACIONES SOBRE EL SISTEMA DE RIEGO Y DRENAJE

#### 10.1.- SUELOS NO SALINOS

Tienen buena permeabilidad e infiltración y no presentan problemas generales de drenaje, aunque pueden tener algún problema al respecto muy localizado y de poca importancia.

Gran parte de los suelos no salinos, especialmente los suelos de los glacis de pié de monte y los de las terrazas del río Flumen se riegan de forma inadecuada, produciéndose grandes pérdidas de agua que percolan y que producen filtraciones en los suelos situados a niveles inferiores. En el capítulo nº 12, al tratar sobre la utilización de suelos y aguas, se indican los métodos de riego y de drenaje adecuados.

#### 10.2.- SUELOS NO SALINOS CON RIESGO DE SALINIZACION

Estos suelos requieren un control de la salinidad ya que son salinos en profundidad y con la práctica del riego ofrecen un riego de salinización.

Requieren estos suelos el empleo de riego por aspersion y un control del agua de drenaje con drenes abiertos en las zonas bajas. Se debe controlar la salinidad de muestras de tierras después de cada riego.

10.3.- SUELOS SALINOS

Todos los suelos salinos presentan muy malas condiciones de drenaje. Requieren todos ellos que se les aplique cantidades de agua de lavado que disuelvan sus sales y las arrastren lejos del alcance de las raíces.

La cantidad de agua a aplicar es variable pudiendo llegar a ser de 900 mm. o incluso más, dependiendo ello de la naturaleza del suelo, de las condiciones climáticas o de la calidad del agua de riego.

El agua de riego es de extraordinaria calidad para lavar los suelos.

Para realizar estos lavados y también para que los niveles freáticos, como consecuencia del riego, no suban y afecten a las raíces de los cultivos, se necesita una red de drenaje - subsuperficial que descargue las aguas de percolación. Esta red de drenaje, por consiguiente, será imprescindible tanto para desalinizar los suelos salinos como para evitar su posterior resalinización, de forma que los suelos salinos en los que no sea posible técnica o económicamente la instalación de dicha red, no podrán desalinizarse y tendrán que dedicarse bien al cultivo del arroz (si el nivel de salinidad lo permite), bien a cultivos de secano resistentes a las sales o tendrán que abandonarse.

No basta, para desalinizar los suelos, con instalar una red de drenaje subsuperficial y aplicarles las cantidades de agua que requieren pues los suelos de la zona tienen velocidades de infiltración muy bajas y permeabilidades lentas o moderadamente lentas debidas a su mala estructura, particularmente de su horizonte superior. En estas condiciones el agua aplicada quedaría estancada y no penetraría en el suelo.

Es necesario mejorar la estructura de los suelos.

La mala estructura que tienen se debe principalmente a las siguientes causas:

- Destrucción de la estructura del suelo como consecuencia de las obras de nivelación realizadas en la totalidad de los suelos regados.
- La compactación del suelo producida por la dispersión de la arcilla, como consecuencia del riego, por el sodio del complejo de cambio.
- La influencia desfavorable que tienen las capas freáticas altas sobre la estructura de los suelos, agravado además por el efecto desfavorable de sus sales.

Hay que mejorar la estructura de los suelos, utilizando las técnicas adecuadas y evitando en lo posible las causas que le perjudican.

Las técnicas a utilizar para mejorar la estructura y la velocidad de infiltración de los suelos son las siguientes:

### Labores

Para mejorar la infiltración del agua de riego en el suelo, se realizarán, antes de aplicarle el agua de lavado, varias labores (2 ó 3) de subsolado cruzadas a profundida de 50 a 70 cm.

### Cultivos

La restauración de la estructura destruida como consecuencia de la nivelación de los bancales, se puede conseguir, después de cultivar durante varios años plantas adecuadas que aporten al suelo sus sistema radicular y mejoren su estructura. Los cultivos adecuados para ello son cultivos forrajeros. Estos son muy favorables por las siguientes razones:

- Aportan su sistema radicular al suelo durante todo el año.
- La estructura del suelo obtenida con el cultivo de plantas forrajeras, es muy buena.
- Los cultivos forrajeros, al ocupar el suelo durante todo el año, protegen al mismo contra la erosión lo que tiene mucha importancia en la zona de Monegros.
- Existen muchas especies y variedades de plantas forrajeras que pueden cultivarse en dichos suelos.
- Los cultivos forrajeros son muy adecuados cuando las velocidades de infiltración son muy bajas, como sucede en la zona.

### Enmiendas

Para evitar la dispersión de la arcilla producida, como consecuencia del riego, por el sodio del complejo de cambio, hay que distribuir homogéneamente en el suelo, antes de su lavado, yeso finamente dividido. Este yeso se mezclará bien con el suelo mediante una labor realizada con grada de disco.

El agua lavada aplicada, a continuación, será entonces rica en calcio y se producirá en el complejo de cambio la sustitución del sodio por el calcio. Las sales de sodio serán lixiviadas por el agua de lavado.

La cantidad de yeso a utilizar dependerá del porcentaje de sodio de cambio y de la capacidad total de intercambio del suelo. La capacidad total media de intercambio de los suelos de Monegros, obtenida de datos de análisis de los antecedentes existentes sobre la zona, es de 8 meq/100 gr. Las cantidades de yeso necesarias para rebajar porcentajes de sodio de cambio de 30,20 y 10% a 3% son aproximada y respectivamente igual a 9,6 y 2 Tm/ha/0,30 m. Como se ve, las cantidades de yeso necesarias son muy distintas de unos suelos a otros y en la práctica se aplica a todos los suelos salinos una cantidad relativamente baja de yeso el primer año y al año siguiente se realiza una segunda aplicación a los suelos que lo requieran.

La aplicación de yeso más conveniente del primer año es de 3 Tm/ha/0,30 m.

La forma ordenada de proceder en la recuperación de los suelos salinos será la siguiente:

- a) Implantación de una red de drenaje subsuperficial. Los suelos en los cuales ello no sea posible, no se podrán desalinizar y no se realizarán en ellos los pasos que se describen a continuación.
- b) Realización de 2 ó 3 labores de subsolado cruzadas a profundidad de 50 a 70 cm. Estas labores se darán antes del lavado inicial de los suelos.

- c) Adición al suelo de 3 Tn/ha de yeso finamente dividido - que se distribuirá de forma lo más homogénea posible. Se dará a continuación una labor de grada de disco para mezclar el yeso con el suelo.
- d) Lavado inicial de los suelos. Se realizará durante los meses de invierno en los que las pérdidas de agua por evaporación son menores.

El espesor de suelo a desalinizar será de un metro.

Las cantidades de agua aplicadas son muy variables dependiendo de la conductividad del extracto de saturación del suelo y del grado de desalinización que se quiera alcanzar. En el anejo nº 8 se han calculado las cantidades de agua de riego que son necesarias aplicar, durante el período Diciembre-Febrero, a suelos con conductividades del extracto de saturación de 16,8 y 4 mmhos/cm. para equilibrarlas con la salinidad del agua de riego. Dichas cantidades de agua dependen además del clima y del manejo del agua.

Las cantidades de agua calculadas son aproximada y respectivamente 1.100, 900 y 500 mm.

Las tierras con conductividades comprendidas entre 4 y 8 mmhos/cm. (clase 5n<sub>2</sub>, ver capítulo siguiente) requerirán lavados máximos de 900 mm. y las que tienen conductividades superiores a 8 mmhos/cm. (clase 5n<sub>3</sub>) lavados superiores a 900 mm.

Las velocidades de infiltración de muchos de los suelos son muy bajos, del orden de 0,5 a 1 cm/día.

En parte de las tierras de clase 5n<sub>2</sub> y 5n<sub>3</sub> no podrá completarse el lavado inicial, por no poder pasar en un período de tres meses la totalidad del agua de lavado requerida, y habrá que terminarlo un año más tarde. En la -

práctica hay que efectuar lavados hasta que desaparezcan las sales de la zona radicular. Durante el lavado inicial hay que controlar la conductividad del agua estancada y el ESP, de manera que antes de que estos valores alcancen niveles peligrosos debe añadirse agua nueva para rebajar la conductividad y el ESP del agua estancada.

e) Siembra de cultivos forrajeros.

Después del lavado inicial se realizará la siembra de cultivos forrajeros.

Los cultivos forrajeros recomendados para la zona son mezclas de gramíneas y leguminosas.

Las especies recomendadas son las siguientes:

- Festuca elatior (gramínea)
- Festuca arundinacea (gramínea)
- Lolium perenne (Ray grass, gramínea)
- Trifolium repens (Trebol ladio, leguminosa)
- Lotus tennifolius (leguminosa)
- Lotus corniculatus (leguminosa)

Las plantas forrajeras se cultivarán durante 4 ó 5 años - en combinación con lavados del suelo. Se efectuarán controles periódicos de la conductividad del extracto de saturación y del ESP del suelo. Cuando hayan desaparecido las sales de la zona radicular estará el suelo preparado para una rotación normal de cultivos.

Una vez desalinizado el suelo, hay que evitar su resalinización de la forma siguiente:

- Impidiendo que las aguas freáticas que tienen concentraciones muy altas de sales alcancen la zona radicular. Ello queda asegurado por la red de drenaje subsuperficial instalada previamente al proceso de desalinización del suelo.
- Aplicando a la dosis de riego una sobredosis adicional para el lavado de las sales depositadas por el agua de riego.

Esta sobredosis, en tanto por ciento respecto a la dosis de riego, viene dada por:

$$NL (\%) = \frac{ECr}{f(EC_{fc} - ECr)} \times 100$$

siendo:

$ECr$  (conductividad del agua de riego) = 0,405 mmhos/cm

$f$  (coeficiente de eficacia del lavado) = 0,5

$EC_{fc}$  (conductividad del extracto del suelo en el punto de capacidad de campo) = 2 .  $EC_{ex}$

$EC_{ex}$  (conductividad del extracto de saturación del suelo a conservar) = 2 mmhos/cm

El agua de lavado adicional que habrá que aplicar a la dosis de riego será un 23 por 100 de la misma.

## CAPITULO Nº 11

### CLASIFICACION DE TIERRAS

#### 11.1.- CRITERIOS DE CLASIFICACION UTILIZADOS

La clasificación de las tierras se ha realizado siguiendo los criterios que se resumen en el cuadro 11.1. y la localización de las clases de tierras en el plano nº 5.

Las tierras de clase 1 no presentan limitaciones. Se localizan en el valle aluvial del río Flumen.

Las tierras de clase 2 presentan algunas limitaciones debidas a su pedregosidad o a su profundidad a los conglomerados calizos o a la capa de gravas. Estas tierras admiten los cultivos de trigo, cebada, avena, maiz, alfalfa, veza, remolacha azucarera, sorgo y praderas.

Las tierras de clase 3 presentan como principal limitación su escasa profundidad a los conglomerados calizos o a la capa de piedras compactadas. Estas tierras admiten los cultivos anteriores pero los rendimientos que en ellas se obtienen son menores a los obtenidos en las clases 1 y 2.

Para determinar la salinidad o alcalinidad de los suelos se ha considerado la conductividad media ponderada del extracto de saturación a 25°C y el porcentaje medio ponderado de sodio cambiabile de un metro de perfil.

Los suelos salinos tienen conductividades del extracto de saturación iguales o superiores a 4 mmhos/cm. Estos suelos requieren trabajos de recuperación. Existen sue-

CUADRO N° 11 - 1

## ESPECIFICACIONES UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACION DE LOS SUELOS EN CLASES DE TIERRAS Y NIVELES DE SALINIDAD

FACTORES LIMITANTES	SIMBOLO	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5			CLASE 6
						$5n_1$	$5n_2$	$5n_3$	
<u>SUELO</u>	S								
Textura (0-50 cm)		Franco arenosa a franco arcilloso friable.	Franco arenosa a arcillosa muy permeable.	Arenoso franco a arcilloso permeable.					
Permeabilidad (m/día)		1 - 3	1 - 5	0,5 - 5					
Pedregosidad en los treinta primeros centímetros (%)		0 - 5	5 - 15	15 - 30					Superior a 50
Profundidad al sustrato permeable (cm)		Superior a 100	100 - 75	75 - 45	45 - 25				Inferior a 25
Salinidad (0-100 cm) Conductividad del extracto de saturación a 25°C en mmhos/cm		Inferior a 4 sin riesgo de salinización.	Inferior a 4 sin riesgo de salinización.	Inferior a 4 sin riesgo de salinización.	Inferior a 4 sin riesgo de salinización.	Inferior a 4 pero con riesgo de salinización.	4-8	Superior a 8	
Alcalinidad (0-100 cm) Sodio cambiante (%)		Inferior a 10	Inferior a 10	Inferior a 10	Inferior a 10			Superior a 25	
<u>TOPOGRAFIA</u>	t								
Pendiente (%)									Superior a 8
Riesgo de erosión		Ninguno	Ninguno	Bajo	Moderado				Excesivo
<u>DRENAJE</u>	d								
		Sistema actual de drenaje adecuado.	Sistema actual de drenaje adecuado.	Sistema actual de drenaje adecuado.	Sistema actual de drenaje adecuado.	Necesidad de drenaje adicional al actual			

los no salinos que necesitan un control de la salinidad pues corren el riesgo de salinizarse con la práctica del riego.

Tanto los suelos no salinos que necesitan un control de la salinidad como los salinos pendientes de recuperación se incluyen en clase 5.

Las tierras de clase 5 se clasifican según los siguientes niveles de salinidad y alcalinidad:

- Niveles de salinidad:

5  $n_1$  : Tierras no salinas (conductividad del extracto de saturación inferior a 4 mmhos/cm) que necesitan un control de la salinidad.

5  $n_2$  : Tierras salinas con conductividad comprendidas entre 4 y 8 mmhos/cm.

5  $n_3$  : Tierras salinas con conductividades superiores a 8 mmhos/cm.

- Niveles de alcalinidad:

$a_1$  : Tierras no alcalinas con ESP comprendido entre el 10 y el 15 por 100.

$a_2$  : Tierras alcalinas con ESP comprendidas entre el 15 y el 25 por 100.

$a_3$  : Tierras alcalinas con ESP superior al 25 por 100

Las tierras de clase 6 no son aptas para el riego debido a su mala topografía, grado de erosión y falta de profundidad del suelo.

En el cuadro nº 11.2. se relacionan las distintas unidades geomorfológicas con las clases y subclases de tierras.

11-2. INVENTARIO DE CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS

Clases	Subclases	Superficie Subclases (ha)	Porcentaje Subclases	Superficie Clases (ha)	Porcentaje Clases
1		447	1,25	447	1,25
2	2S	3.473	9,69	3.473	9,69
3	3S	9.793	27,31	9.793	27,31
5	5n <sub>1</sub>	8.949	24,93	15.127	42,16
	5n <sub>2</sub>	1.030	2,88		
	5n <sub>2</sub> -a <sub>1</sub>	1.718	4,79		
	5n <sub>2</sub> -a <sub>2</sub>	725	2,02		
	5n <sub>3</sub> -a <sub>2</sub>	651	1,81		
	5n <sub>3</sub> -a <sub>3</sub>	2.054	5,73		
6	6St	6.827	19,02	6.850	19,08
	6Sd	23	0,06		
Superficie sin clasificar: Núcleos urbanos		185	0,51	185	0,51
TOTALES		35.875	100,00	35.875	100,00

CUADRO N° 11 - 2

## CORRESPONDENCIA ENTRE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS	SUPERFICIE			
		CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	
		Ha	%	Ha	%
Cerros testigos	6s t	1.845	5,14	1.845	5,14
Glacis de pié de monte	2s	2.130	5,94	9.407	26,23
	3s	7.277	20,29		
Glacis de pié de monte erosionados	5 n <sub>1</sub>	337	0,94	669	1,86
	5 n <sub>2</sub>	100	0,28		
	6s t	232	0,64		
Laderas	2 s	118	0,33	9.134	25,47
	3s	676	1,89		
	5 n <sub>1</sub>	6.395	17,82		
	5 n <sub>2</sub>	342	0,96		
	5 n <sub>2</sub> - a <sub>1</sub>	155	0,43		
	5 n <sub>2</sub> - a <sub>2</sub>	366	1,02		
	5 n <sub>3</sub> - a <sub>3</sub>	1.082	3,02		
Laderas erosionadas	6s t	2.769	7,72	2.769	7,72

CUADRO N° 11 - 2 (Continuación)

## CORRESPONDENCIA ENTRE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS	SUPERFICIE			
		CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	
		Ha	%	Ha	%
Escarpes	6s t	1.924	5,36	1.924	5,36
Valles aluviales del río Flumen	1	447	1,25	605	1,69
	2s	158	0,44		
Valles aluviales forma- dos en la red de drenaje natural	5 n <sub>1</sub>	355	0,99	3.106	8,65
	5 n <sub>2</sub>	588	1,64		
	5 n <sub>2</sub> - a <sub>1</sub>	1.006	2,80		
	5 n <sub>3</sub> - a <sub>2</sub>	427	1,19		
	5 n <sub>3</sub> - a <sub>3</sub>	707	1,97		
	6s d	23	0,06		
Valles coluviales	5 n <sub>1</sub>	37	0,10	54	0,15
	5 n <sub>2</sub> - a <sub>1</sub>	17	0,05		
Valles aluvio-coluviales formados en la red de drenaje natural	2s	35	0,10	1.411	3,93
	3s	725	2,02		
	5 n <sub>1</sub>	486	1,35		
	5 n <sub>3</sub> - a <sub>3</sub>	165	0,46		

CUADRO Nº 11-2 (Continuación)

## CORRESPONDENCIA ENTRE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS	SUPERFICIE			
		CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS		UNIDAD GEOMORFOLOGICA	
		Ha	%	Ha	%
Valles de erosión	6s t	57	0,16	57	0,16
Llanuras aluviales	2s	200	0,56	300	0,84
	5n <sub>3</sub> - a <sub>3</sub>	100	0,28		
Llanuras aluvio-coluviales	5n <sub>1</sub>	1.339	3,73	2.462	6,86
	5n <sub>2</sub> - a <sub>1</sub>	540	1,51		
	5n <sub>2</sub> - a <sub>2</sub>	359	1,00		
	5n <sub>3</sub> - a <sub>2</sub>	224	0,62		
Terrazas fluviales	2s	832	2,32	1.947	5,43
	3s	1.115	3,11		
Superficies sin clasificar. Núcleos Urbanos				185	0,51
T O T A L E S .....				35.875	100,00

CAPITULO N° 12

RECOMENDACIONES SOBRE LA FUTURA UTILIZACION DE LA ZONA

12.1. CULTIVOS PROPUESTOS.

La zona objeto de este Estudio, como ya se ha visto en el capítulo nº 7, se cultiva básicamente en regadío. Las tierras cultivadas actualmente en secano presentan normalmente muy mala aptitud para el riego y se clasifican generalmente en clase 6 (no regable).

Los cultivos propuestos para la zona de riego son en esencia los mismos que actualmente se cultivan. Son los siguientes:

Trigo, cebada, avena, maíz, alfalfa, veza villosa, remolacha azucarera, sorgo y praderas.

El cultivo de praderas tendrá particular importancia durante el periodo de desalinización de los suelos. Las praderas que se sembrarán serán mezcla de gramíneas y leguminosas. Las especies utilizadas serán las que se han citado en el capítulo nº 10.

Es de destacar que:

- No se recomiendan variedades frutales por no ser adecuadas al clima de la zona.
- No se recomienda el arroz, a pesar de cultivarse en la zona, porque el clima no es adecuado a este cultivo y los rendimientos que se están obteniendo son bajos. Se cultiva el arroz con fines de desalinización de las tierras.

En el cuadro nº 12-1 figuran los rendimientos obtenidos de los cultivos en las distintas unidades geomorfológicas y clases de tierras que han sido encuestadas y en el cuadro nº 12-2 se analizan los rendimientos obtenidos en cada clase de tierra, tomando como término de comparación los rendimientos medios obtenidos de dichos cultivos en España y los de las provincias de Zaragoza y Huesca en el año 1.973, según datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

Los rendimientos obtenidos de maiz en las tierras de clase 1 son muy buenos.

Los rendimientos de los distintos cultivos obtenidos en las tierras de clase 2 son buenos, excepto para la alfalfa.

En las tierras de clase 3 los rendimientos obtenidos son buenos y normales para todos los cultivos excepto para la alfalfa, la cual presenta rendimientos muy bajos.

En las tierras de clase  $5n_1$  los rendimientos son buenos en general.

En las tierras de clase  $5n_2$  y  $5n_3$  los rendimientos obtenidos de los distintos cultivos son, en general, bajos y muy bajos. Ello es debido sin duda a la salinidad. Las praderas que se cultivan en estas tierras son muy resistentes a la salinidad alcalinidad y sus rendimientos son buenos. Teniendo en cuenta los rendimientos anteriores, los cultivos recomendados para las clases de tierra 1,2 y 3 son los siguientes:

CUADRO N° 12.1

RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS EN LAS UNIDADES DE SUELOS Y EN LAS CLASES DE TIERRAS

Salinidad	Unidad geomorfológica	Clase de tierra	Rendimientos (kg/ha)									
			Trigo	Cebada	Cebada veza	Veza	Trigo avena	Alfalfa (seca)	Maiz	Pradera		
Suelos no salinos	Valle aluvial	1								8.000		
	Terraza fluvial.	2s			5.000							
		3s						7.000		5.000		
Suelos no salinos	Glacis de pie de monte	2s		4.000						7.000	6.000	30 ovejas.
		3s		3.000			5.000			5.500	5.000	
Suelos no salinos con necesidad de control de salinidad	valle aluvio-coluvial	5n1									5.000	
		5n1	3.000	3.500		3.000					4.000	
	valle aluvial.	5n3		2.500								
Suelos salinos	valle de erosión.	5n2	2.000							2.500		
		5n3		2.000-2.500					3.000	2.600	2.000	60.000

RENDIMIENOS DE LOS CULTIVOS OBTENIDOS EN LAS DISTINTAS CLASES DE TIERRAS. ANALISIS DE LOS MISMOS.

CLASE DE TIERRA	RENDIMIENOS (Kg/Ha) Y CALIFICACION DE LOS RENDIMIENOS							
	TRIGO	CEBADA	CEBADA-VEZA	VEZA SECA	TRIGO AVENA	ALFALFA SECA	MAIZ	PRADERA
1							8.000 Muy bueno	
2s		4.000 Muy bueno				7.000 Muy bajo	6.000 Bueno	30 ovejas Bueno
3s		3.000 Bueno	5.000 Bueno	5.000 Normal		5.500 Muy bajo	5.000 Normal	
5n <sub>1</sub>	3.000 Bueno	3.500 Bueno		3.000 Bajo			4.000-5.000 Normal a bajo	
5n <sub>2</sub>	2.000 Bajo					2.500 Muy bajo		
5n <sub>3</sub>	1.500 Muy bajo	2.000 a 2.500 Bajo			3.000* Normal	2.600 Muy bajo	2.000 Muy bajo	60.000** Muy bueno

\* Resultado extraño

\*\* Parece demasiado alto.

Nota: Para obtener los rendimientos de veza y alfalfa en verde hay que multiplicar por 5 los rendimientos correspondiente en seco.

CULTIVOS	RENDIMIENOS MEDIOS EN 1.973 (Kg/Ha)	
	E s p a ñ a	Zaragoza - Huesca
Trigo grano	2.587	2.300
Cabada grano	2.714	2.660
Avena	2.449	2.000
Veza en verde	24.000	27.000
Alfalfa en verde	48.000	60.000
Maíz grano	5.000	5.000
Praderas	51.010	28.000

CLASE DE TIERRACULTIVOS

1

Todos los cultivos seleccionados (trigo, cebada, avena, maíz, alfalfa, veza, remolacha azucarera, sorgo y praderas)

2

Todos los cultivos seleccionados.

3

Todos los cultivos seleccionados menos alfalfa por los bajos rendimientos que se obtienen en esta clase de tierra.

Las tierras de clase 5 tienen necesidad de control o bien están pendientes de recuperación. Después de realizar un posterior Estudio detallado será el momento de recomendar en estas tierras los cultivos adecuados.

12.2.- UTILIZACION DE TIERRAS Y AGUAS

En el cuadro nº 12-3 se resumen los resultados obtenidos de las encuestas sobre dosis de riego utilizadas y dotaciones anuales de los distintos cultivos.

Las conclusiones obtenidas sobre la utilización de las tierras y de las aguas son las siguientes:

- Las dosis de riego utilizadas en los suelos de los glacis y de las terrazas fluviales son muy altas (2.000 m<sup>3</sup>/ha riego).
- Las dosis de riego utilizadas en los restantes suelos son,

CUADRO N° 12 - 3

## DOSIS Y DOTACIONES ANUALES DE RIEGO

Salinidad.	Unidad geomorfológica	Clase de tierra	Trigo		Cebada		Cebada-Veza		Veza		Trigo-Avena		Alfalfa		Maíz		Pradera	
			Dosis de riego	Dotación anual														
Suelos no salinos	Valle aluvial	1													800	7.200		
	Terraza fluvial	2s					1.500	1.500										
		3s											2.000	24000	2.000	14000		
	Glacis de monte	2s			2.000	4.000							2.000	20000	2.000	16000 20000	2.000	24000
		3s			2.000	6.000			3.000	6.000			2.000	20000	2.000	16000		
Suelos no sal. c/neced. control de la salinidad.	valle aluvio-columbial	5n <sub>1</sub>													900	6500		
	Ladera	5n <sub>1</sub>	1000	2000 3000	500 1.000	1.500 3.000									1.000	6000		
Suelos salinos	Valle de erosión	5n <sub>2</sub>	1500	4500														
	Ladera	5n <sub>3</sub>			1.200	3.600					3.000	6.000			1.500	7500	1.000	24000

en general, de  $1.000 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{riego}$ . Estas dosis son normales si se tiene en cuenta que las texturas de los suelos son finas - y que dichas dosis incluyen las pérdidas de riego que son altas en todo riego por gravedad.

- Las dotaciones anuales de riego de los cultivos sembrados en los suelos de los glacis y de las terrazas son muy altas -- (dos veces las dotaciones utilizadas para los mismos cultivos sembrados en los restantes suelos). Estas dotaciones tan altas son debidas a que dichos suelos tienen una velocidad de infiltración muy alta y los tablares de riego, tienen demasiada longitud, produciéndose al regar en ellos pérdidas de agua considerables.

Hay que regar convenientemente los suelos de los glacis y de las terrazas para conseguir una economía importante de agua de riego y disminuir de esa forma las filtraciones muy perjudiciales, debidas a las aguas de percolación.

Las posibles soluciones que se proponen para regar convenientemente los suelos de los glacis y de las terrazas son las siguientes:

- a) Sustitución de la actual red de riego por gravedad de último orden por una red de riego por aspersión cuyas tomas se situarían en los canales de orden inmediatamente superior. Esta solución sería técnicamente la ideal para estos suelos. Con esta solución se aprovecharía al máximo el agua de riego y se evitarían las cuantiosas pérdidas de agua producidas en la actualidad. Este ahorro de agua podría utilizarse en regar nuevas tierras.

Se aconseja realizar una valoración aproximada de las inversiones necesarias para esta solución.

b) Remodelación de la red actual de riego de último orden. Se seguirá regando por gravedad pero se reducirá considerablemente la longitud de los tablares para que el recorrido del agua y por tanto las pérdidas sean menores. Será necesario - construir nuevas regueras que tendrán que estar revestidas para que no se produzcan pérdidas durante el transporte del agua en los nuevos tablares.

Con cualquiera de las dos soluciones será necesario rodear los glaciés y las terrazas con zanjas de cintura en su parte inferior para cortar las filtraciones que se produzcan.

Las condiciones actuales de riego y drenaje en los suelos salinos son muy desfavorables y los rendimientos, obtenidos en ellos, de los cultivos son muy bajos. Requieren ser desanilizados siguiendo el proceso que se ha detallado en el capítulo 10.

## CAPITULO Nº 13

### RECOMENDACIONES PARA EL POSTERIOR ESTUDIO DETALLADO DE LOS SUELOS SALINOS

Se recomienda estudiar en primer lugar el control de salinidad de los suelos no salinos con riesgo de salinización y después los suelos salinos por orden de menor a mayor dificultad de recuperación. Primero se deben estudiar las tierras de clase  $5n_2$  y luego las de clase  $5n_3$ .

Los fotogramas adecuados para el trabajo de campo deben ser a escala 1:10.000 y la cartografía básica debe ser a escala 1:5.000.

La densidad conveniente de las observaciones (calicatas y sondeos) es 25 por 100 ha. Se recomienda que de ellas, 3 por 100 ha sean calicatas.

La profundidad de las calicatas y de los sondeos debe ser de dos metros ó hasta la capa impermeable, si esta aparece a menor profundidad.

Las características básicas que deben describirse en cada observación son las siguientes:

- Textura
- Estructura
- Color
- Moteados
- Profundidad de la capa impermeable
- Profundidad del nivel freático

Se deben tomar varias muestras de tierra entre 0 y 1,5 m, - de todas las observaciones realizadas, para determinar la - EC del extracto 1:5, el pH y el contenido del yeso.

De la cuarta parte del total de observaciones, o sea de 6 - observaciones por 100 ha, se recomienda realizar las siguien - tes determinaciones:

- Materia orgánica
- Textura
- Densidad aparente
- Agua de saturación
- Humedad equivalente
- Punto de marchitez
- Salinidad del extracto de saturación (EC y iones  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{Na}^{++}$ ).
- pH
- Bases de cambio ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ) y capacidad total de intercambio catiónico.

Cuando en las observaciones realizadas aparezcan capas freáticas se deberán tomar muestras, para su análisis, de todas - ellas.

Para estudiar la elevación y variación de la capa freática - y de la superficie potenciométrica (piezométrica) será necesario instalar una red de baterías de piezómetros. La densidad que se aconseja es de 2 a 4 baterías de piezómetros por cada 100 ha. Se debe tomar muestras, para su análisis, de - las aguas subterráneas que se encuentren.

En las observaciones en las que se vayan a determinar análisis completos (6 por 100 ha), será conveniente realizar medidas de la conductividad hidráulica por el método de Hooghoudt Ernst o por el método inverso. Mediante correlaciones -

entre la textura, estructura y las conductividades hidráulicas obtenidas, se podrán estimar las conductividades hidráulicas de las restantes observaciones.

Se recomienda realizar pruebas de la velocidad de infiltración por el método del doble anillo con una densidad de 1 - por 100 ha.

Como resultado de la elaboración de los datos de campo se deben confeccionar a escala 1:5.000 los siguientes planos base de:

- Líneas isopiezométricas.
- Niveles de salinidad-alcalinidad del suelo.
- Profundidad de la capa impermeable y valores de la conductividad hidráulica.
- Clasificación de los suelos en recuperables y no recuperables.
- Sistema de drenaje en los suelos recuperables.
- Cultivos, lavados y enmiendas recomendados en cada unidad de drenaje de los suelos recuperables.

Se debe confeccionar una Memoria que incluya, la redacción del anteproyecto del sistema de drenaje de los suelos recuperables, así como los métodos de lavado, labores, enmiendas y cultivos utilizados para la recuperación de dichos suelos. Así mismo se deben estimar los costes del proceso de recuperación.

CAPITULO Nº 14

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Clima

El clima de la mayor parte de la zona corresponde a las características climáticas del Observatorio de Huesca. El área situada más al suroeste de la misma se aproxima, sin embargo, más a las características climáticas del Observatorio del Pallaruelo de Monegros.

La clasificación climática de la zona según Papadakis es la siguiente:

	<u>Estación Huesca (Montflorite)</u>	<u>Estación Pallaruelo de Monegros</u>
Régimen térmico	Templado cálido	Templado cálido
Régimen de humedad	Mediterráneo seco	Mediterráneo semiárido
Tipo climático	Mediterráneo templado.	Mediterráneo semiárido continental.

El período totalmente libre de heladas comprende desde la primera decena de Mayo hasta la segunda decena de Octubre, ambas inclusive.

Geología y geomorfología

En la Era Terciaria se depositaron en la parte central de la depresión del Ebro, donde está situada la zona, sedimentos constituidos por margas y areniscas que constituyen los materiales parentales de gran parte de los suelos de la zona.

Los materiales geológicos del Cuaternario están constituidos por conglomerados formados a partir de los derrubios procedentes de la Sierra de Alcubierre y por los aluviones y coluvios arrastrados y depositados por las corrientes de agua.

Los cerros testigos ocupan el 5,1 por 100 de la superficie total de la zona, los glacis de pié de monte el 26,2 por 100, los glacis erosionados el 1,9 por 100, las laderas el 25,5 por 100, las laderas erosionadas el 7,7 por 100, los escarpes el 5,4 por 100, los valles aluviales el 10,3 por 100, los valles coluviales el 0,15 por 100, los valles aluvio-coluviales el 3,9 por 100, los valles de erosión el 0,16 por 100, las llanuras aluviales el 0,8 por 100, las llanuras aluvio-coluviales 6,9 por 100 y las terrazas fluviales el 5,4 por 100.

### Agrohidrología

Los niveles freáticos están alimentados principalmente por las aguas sobrantes de riego y se localizan fundamentalmente en los suelos de los valles aluviales, coluviales y aluvio-coluviales y de las llanuras aluviales y aluvio-coluviales.

Los niveles freáticos más frecuentes se presentan a profundidades comprendidas entre 1 y 1,5 m.

Las aguas freáticas son, en general, de muy mala calidad y son causantes en gran parte de los suelos del aumento de la salinidad en los horizontes superiores. Es necesario ejercer un control sobre estos niveles para evitar el aumento de sales en dichos horizontes.

Se producen filtraciones de los suelos de los glacis y de las terrazas fluviales a los adyacentes situados a niveles inferiores, como consecuencia de las grandes pérdidas de agua que se producen al regarlos.

Estas filtraciones deben cortarse mediante zanjas de cintura que rodeen a dichos suelos.

El agua de riego es de gran calidad y se ha clasificado en clase  $C_2-S_1$ .

#### Utilización actual de la tierra

La superficie cultivada en secano es de 5.195 ha. (14,5 por 100 de la superficie total de la zona) y la cultivada en regadío de 29.945 ha. (83,5 por 100). La superficie restante de la zona no se cultiva (erial y núcleos urbanos) y es de 735 ha. (2 por 100).

Los cultivos más importantes del secano de la zona son la cebada fundamentalmente y el trigo. También tienen importancia las mezclas de cebada, veza y avena para forraje. Escasísimo interés tiene el almendro y el olivar.

Los cultivos más importantes del regadío son trigo, cebada, maíz, arroz y alfalfa. De ellos los de mayor interés son cebada y maíz. Los frutales prácticamente no existen en la zona.

#### Suelos.

Se resumen a continuación las características fundamentales, respecto al riego de los suelos de las distintas unidades geomorfológicas:

- Suelos de los cerros testigos.

Están muy erosionados, su topografía es muy desfavorable y su profundidad es nula o escasa. Por todo ello no son aptos para el riego.

- Suelos de los glaciares de pié de monte.

La textura es franco arcillo arenosa gravosa. Como consecuencia del contenido en gravas la capacidad de retención de agua de estos suelos es baja.

La profundidad efectiva de estos suelos varía entre 0,55 y 0,95 m., no son salinos; su permeabilidad está comprendida entre 0,8 y 1,43 m/día y la velocidad de infiltración es elevada.

- Suelos de los glaciares de pié de monte erosionados.

Son idénticos en su origen a los anteriores pero debido a su alto grado de erosión tienen profundidad escasa o nula. Unos son salinos, otros no lo son pero presentan riesgo de salinización y otros no son aptos para el riego. La permeabilidad es inferior a los anteriores (0,25 a 0,5 m/día) y la velocidad de infiltración es baja.

- Suelos de las laderas.

La profundidad de estos suelos es muy variable (0,3 a 2 m. o incluso más). La mayor parte de estos suelos son no salinos pero con necesidad de control de la salinidad por ser ligeramente salinos en profundidad (el 70 por 100 de ellos). Los restantes son: No salinos el 9 por 100, salinos el 5 por 100 y salino-alcalinos el 16 por 100.

La permeabilidad varía entre 0,03 y 0,05 m/día y la velocidad de infiltración es muy baja.

- Suelos de las laderas erosionadas.

No son aptos para el riego debido a su topografía, a su alto grado de erosión, a la salinidad-alcalinidad y a la falta de profundidad del suelo.

- Suelos de los escarpes.

No son aptos para el riego por las mismas causas que los suelos inmediatamente anteriores.

- Suelos de los valles aluviales del río Flumen.

Son profundos (profundidad igual o superior a 2 m.) y de textura que varía entre franco arcillosa y arcillo limosa. No son salinos, el drenaje es moderado, la permeabilidad del perfil varía entre 0,4 y 0,6 m/día y la velocidad de infiltración es buena. Son tierras de buena calidad para el riego.

- Suelos de los valles aluviales formados en la red de drenaje natural.

La profundidad de estos suelos a la capa impermeable es generalmente inferior a 2 m. La textura es arcillosa o arcillo limosa. Son suelos, generalmente, salinos y salino-alcalinos con drenaje superficial escaso o imperfecto.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,01 y 0,5 m/día y la velocidad de infiltración es muy baja.

- Suelos de los valles aluvio-coluviales formados en la red de drenaje natural.

La textura varía entre franco limosa y arcillosa.

El 12 por 100 de estos suelos son salino-alcalinos y los restantes o no son salinos o tienen ligera salinidad en profundidad.

La profundidad a la capa impermeable en los suelos no salinos es superior a 2 m. e inferior en los salinos.

El drenaje es escaso o imperfecto en los suelos salinos y moderado en los no salinos.

La permeabilidad del perfil varía entre 0,01 y 0,5 m/día.

La velocidad de infiltración es muy baja en los suelos salinos y media en los no salinos.

- Suelos de los valles coluviales.

Ocupan únicamente una superficie de 54 ha, 37 ha corresponden a suelos no salinos que requieren un control de la salinidad - por ser ligeramente salinos en profundidad y 17 ha corresponden a suelos salinos.

La profundidad de estos suelos a la capa impermeable es inferior a 2 m.

La textura es arcillosa o arcillo limosa, el drenaje es escaso o imperfecto, la permeabilidad del perfil varía entre 0,01 y - 0,5 m/día y la velocidad de infiltración es muy baja.

- Suelos de los valles de erosión.

Presentan alto grado de erosión, son salino-alcalinos y la profundidad efectiva es como máximo de 0,3 m.

No son aptos para el riego.

- Suelos de las llanuras aluviales y aluvio-coluviales.

La profundidad efectiva es igual o superior en 1,10 m. Son salinos o no salinos. El drenaje varía entre escaso y moderado, la permeabilidad del perfil varía entre 0,06 y 0,75 m/día y la velocidad de infiltración es muy baja.

- Suelos de las terrazas fluviales.

La profundidad efectiva es igual o superior a 0,75 m.

La textura es franco arcillosa gravosa y la capacidad de retención es baja.

No son salinos ni alcalinos. La permeabilidad es moderada o moderadamente rápida (0,6 a 1,6 m/día) y la velocidad de infiltración es elevada.

### Salinidad

Las sales de los suelos proceden de los materiales parentales que son salinos. Como consecuencia del riego estas sales han ascendido a los niveles superiores.

Las sales son fundamentalmente sulfatos de calcio, magnesio y sodio y cloruros de sodio.

La distribución de la superficie de la zona según niveles de salinidad de sus suelos es la siguiente:

Suelos no salinos ..... 13.713 ha. (38,3 por 100 de la zona)

Suelos no salinos con necesidad de control de la salinidad .... 8.949 ha. (24,9 por 100)

Suelos salinos con conductividad comprendida entre 4 y 8 mmhos/cm. }	No alcalinos .	2.748 ha. (7,7 por 100)
	Alcalinos ....	725 ha. (2 por 100)

Suelos salinos-alcalinos con conductividad superior a 8 mmhos/cm. .... 2.705 ha. (7,5 por 100)

Suelos no regables y sin clasificar ..... 7.037 ha. (19,6 por 100)

### Clases de tierras

A continuación se describen las propiedades más importantes de cada una de las clases de tierra:

- Tierras de clase 1.

Las texturas de los cincuenta primeros centímetros pueden ser desde franco arenosa a franco arcillosa friable.

La pedregosidad en los treinta primeros centímetros es inferior al 5 por 100.

La profundidad al sustrato permeable es superior a 1 m.

No son salinos ( $CE < 4$  mmhos/cm) y no presentan riesgo de salinización.

El ESP es inferior al 10 por 100.

El sistema actual de drenaje es adecuado. Ocupan una superficie de 447 ha (1,2 por 100).

- Tierras de clase 2.

Las texturas pueden ser desde franco arenosa a arcillosa muy permeable.

La pedregosidad no puede ser superior al 15 por 100.

La profundidad al sustrato permeable está comprendida entre 0,75 y 1 m.

No son salinos ( $CE < 4$  mmhos/cm) y no presentan riesgo de salinización.

El ESP es inferior al 10 por 100.

El sistema actual de drenaje es adecuado. Ocupan una superficie de 3.473 ha (9,7 por 100).

- Tierras de clase 3.

Las texturas pueden ser desde arenosa franca a arcillosa permeable.

La pedregosidad no puede ser superior al 30 por 100.

La profundidad al sustrato permeable está comprendida entre 0,75 y 0,45.

No son salinos ( $CE < 4$  mmhos/cm) y no presentan riesgo de salinización.

El ESP es inferior al 10 por 100.

El sistema actual de drenaje es adecuado. Ocupan una superficie de 9.793 ha. (27,3 por 100).

- Tierras de clase 4.

No hay tierras de clase 4 en la zona.

- Tierras de clase 5.

Las texturas de estas tierras pueden ser cualesquiera.

Se incluyen tanto tierras no salinas ni alcalinas pero con riesgo de salinización o alcalinización y que requieren control de la salinidad-alcalinidad, como tierras salinas o salino-alcalinas que tienen necesidad de recuperación.

Estas tierras necesitan, en general, una red de drenaje adicional al actual. Ocupan una superficie de 15.127 ha (42,2 por 100).

- Tierras de clase 6.

Se incluyen en clase 6 las tierras con topografía muy desfavorable, las muy erosionadas y las que tienen profundidades nulas o muy escasas. Ocupan una superficie de 6.850 ha. (19,1 por 100).

Recomendaciones sobre el sistema de riego y drenaje

Los suelos no salinos no presentan en general problemas de drenaje.

Los suelos no salinos pero con ligera salinidad en profundidad tienen peligro de salinización con la práctica del riego. Requieren el empleo de riego por aspersión y un control del agua de drenaje con drenes abiertos en las zonas bajas.

Los suelos salinos tienen mal drenaje y presentan malas condiciones para el desarrollo de los cultivos. Requieren un Estudio posterior más detallado para su clasificación en recuperables o en no recuperables.

En los suelos salinos recuperables, para su recuperación, habrá que realizar las siguientes operaciones:

- Instalar una red de drenaje subsuperficial.
- Realizar 2 ó 3 labores de subsolado cruzadas a 50-70 cm. de profundidad para mejorar la infiltración del agua en el suelo.

- Realizar enmiendas con yeso.
- Aplicar grandes cantidades de agua, inicialmente al suelo, para lavar las sales del mismo.
- Cultivar praderas resistentes a las sales, durante 4 ó 5 años, para mejorar la estructura del suelo.

En los suelos desalinizados habrá que evitar la resalinización. Ello quedará asegurado con la red de drenaje subsuperficial antes citada y con la aplicación de una sobredosis, a la dosis normal de riego, para el lavado de las sales depositadas en el suelo por el agua de riego.

#### Recomendaciones sobre la futura utilización de la zona

Los cultivos seleccionados para la zona de riego son:

Trigo, cebada, avena, maíz, alfalfa, veza, renolacha azucarera, sorgo y praderas. Estas últimas tendrán una especial importancia durante el proceso de recuperación de los suelos salinos recuperables. No se recomienda ni el arroz, ni los frutales pues no son adecuados a las condiciones climáticas.

Los cultivos recomendados para las distintas clases de tierras en riego son los siguientes:

Tierras clase 1 : Todos los cultivos seleccionados.

Tierras clase 2 : Todos los cultivos seleccionados.

Tierras clase 3 : Todos los cultivos seleccionados excepto alfalfa por los bajos rendimientos que en estas tierras se obtienen.

Tierras clase 5 : La recomendación de cultivos se realizará en el posterior Estudio detallado de suelos.

Tierras clase 6 : No son regables. Ningún cultivo.

La zona en su mayor parte está nivelada y regada. La nivelación ha sido en general perjudicial, pues a lo largo y ancho de la zona existe una capa impermeable salina a poca profundidad, que con la nivelación ha quedado a menor profundidad e incluso en suelos muy erosionados en la superficie.

En los suelos de los glacis de pié de monte y de las terrazas, debido a su gran permeabilidad, el método apropiado de riego es por aspersión ya que las pérdidas de agua que se producirían utilizando este método de riego serían bajas. Sin embargo se riegan por gravedad con dosis muy altas y las pérdidas de agua producidas son muy grandes. Como consecuencia de esto tienen lugar filtraciones de agua perjudiciales, a los suelos adyacentes situados a cotas inferiores.

Las soluciones posibles para la utilización adecuada del agua en estos suelos son las siguientes:

- Sustitución de la red actual de riego por gravedad de último orden por otra de riego por aspersión con tomas situadas en la red actual de orden inmediatamente superior.
- Continuar con la red de riego de último orden por gravedad, construyendo nuevos regueros revestidos reduciendo la longitud de los tablares de riego con objeto de reducir el recorrido del agua y por tanto, sus pérdidas.

Los suelos de los glacis de pié de monte y de las terrazas deben rodearse, en su parte inferior, de una zanja de drenaje de cintura para cortar sus filtraciones de agua a los suelos inmediatamente inferiores.

### Recomendaciones para el posterior Estudio Detallado de los suelos salinos

Se estudiarán en primer lugar los suelos no salinos que requieran un control de la salinidad-alcalinidad y después los suelos salinos por orden de menor a mayor dificultad: Primero las tierras de clase  $5n_2$  y luego las de clase  $5n_3$ .

Se recomienda realizar el Estudio Detallado con la siguiente densidad:

- Número de observaciones: 25 por 100 ha., de ellas 3 serán calicatas.
- Número de pruebas de -  
conductividad hidráulica. : 6 por 100 ha.
- Número de pruebas de -  
infiltración. : 1 por 100 ha.
- Número de baterías de -  
piezómetros. : 2 a 4 por 100.

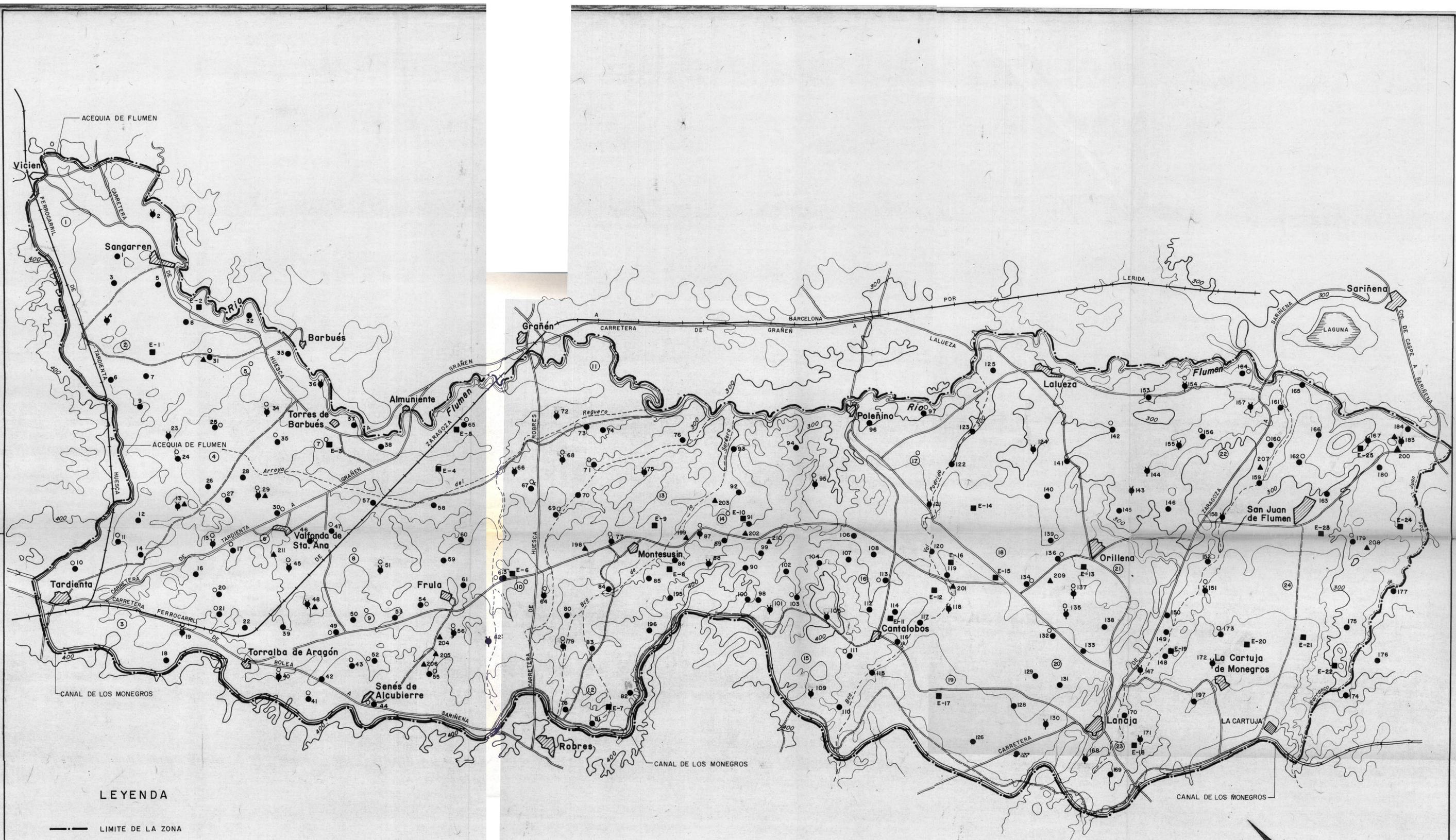
Los mapas base se realizarán a escala 1:5.000 y deberán incluir:

- Líneas isopiezométricas.

- Niveles de salinidad - alcalinidad del suelo.
- Profundidad de la capa impermeable y valores de la conductividad hidráulica.
- Clasificación de los suelos en recuperables y no recuperables.
- Sistemas de drenaje en los suelos recuperables.
- Cultivos, lavados y enmiendas recomendados en cada unidad de drenaje de los suelos recuperables.

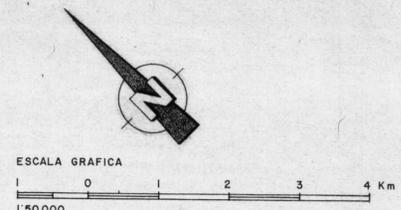
## **2. - PLANOS**





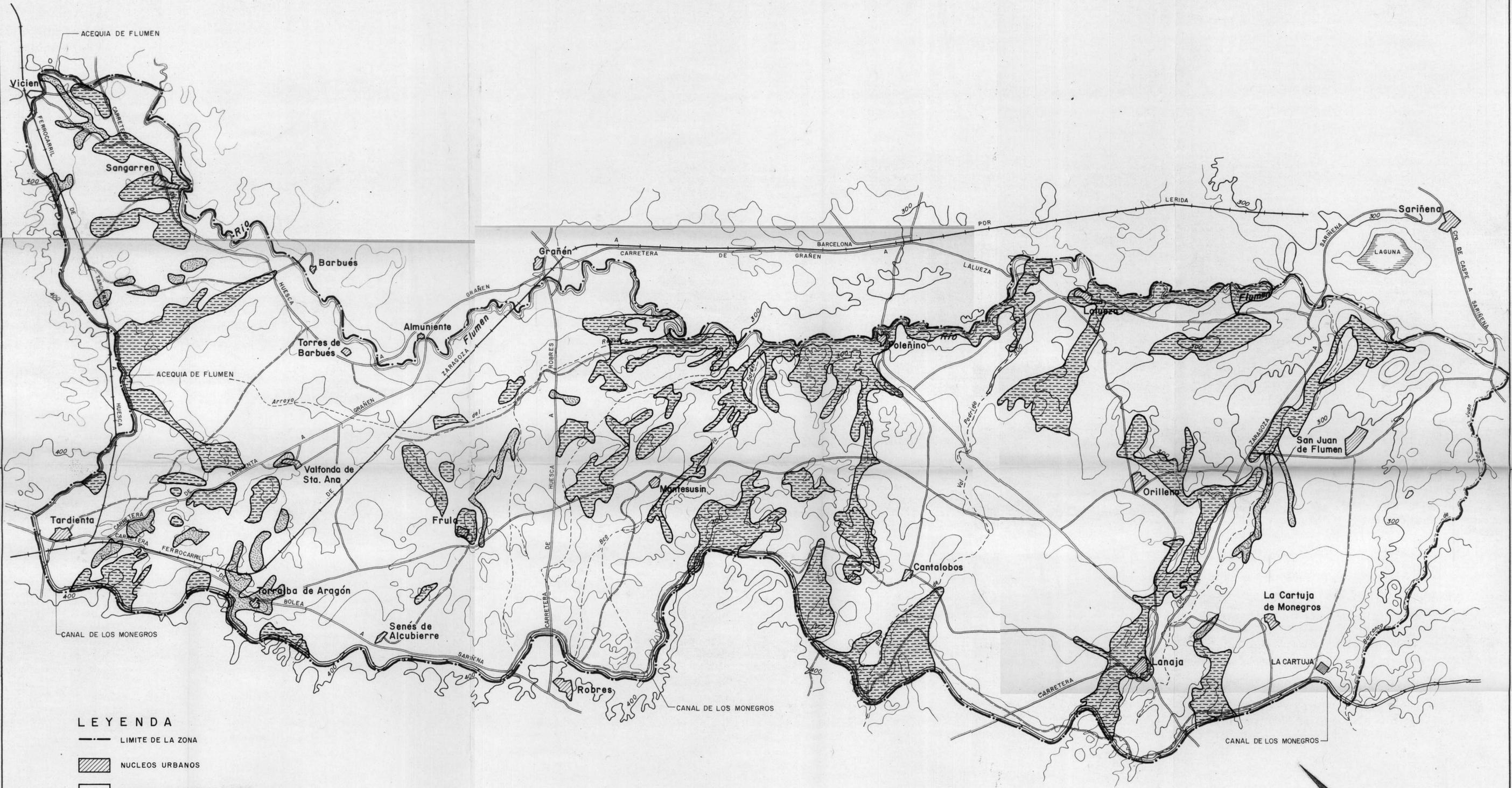
**LEYENDA**

- LIMITE DE LA ZONA
- ▨ NUCLEOS URBANOS
- OBSERVACIONES DE CAMPO:**
- ⊙ CALICATA. PRUEBA DE INFILTRACION Y PRUEBA DE PERMEABILIDAD
- ⚡ SONDEO. PRUEBA DE INFILTRACION Y PRUEBA DE PERMEABILIDAD
- SONDEO
- ▲ MUESTRA DE TIERRA PARA LA DETERMINACION DE LA TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD - ALCALINIDAD.
- ANALISIS DE AGUA FREATICA
- ENCUESTA REALIZADA



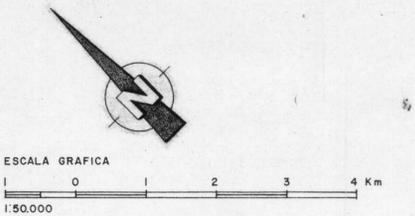
**I.N.DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO**  
**ESTUDIO DE SUELOS DEL 2º Y 3º TRAMO**  
**DE LA ZONA REGABLE DE LOS MONEGROS**  
**(HUESCA)**

LOCALIZACION DE CALICATAS, SONDEOS,  
 PRUEBAS DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD  
 HIDRAULICA Y ENCUESTAS



**LEYENDA**

- LIMITE DE LA ZONA
- ▨ NUCLEOS URBANOS
- CULTIVOS HERBACEOS DE REGADIO
- ▨ CULTIVOS HERBACEOS DE SECANO
- ▨ ERIAL



**I.N.DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO**  
**ESTUDIO DE SUELOS DEL 2º Y 3º TRAMO**  
**DE LA ZONA REGABLE DE LOS MONEGROS**  
**(HUESCA)**

USO ACTUAL DE LA TIERRA

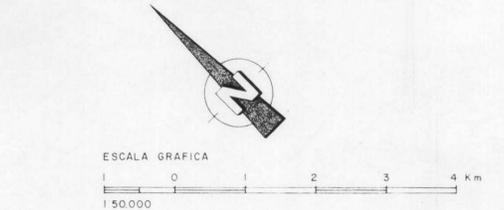


**LEYENDA**

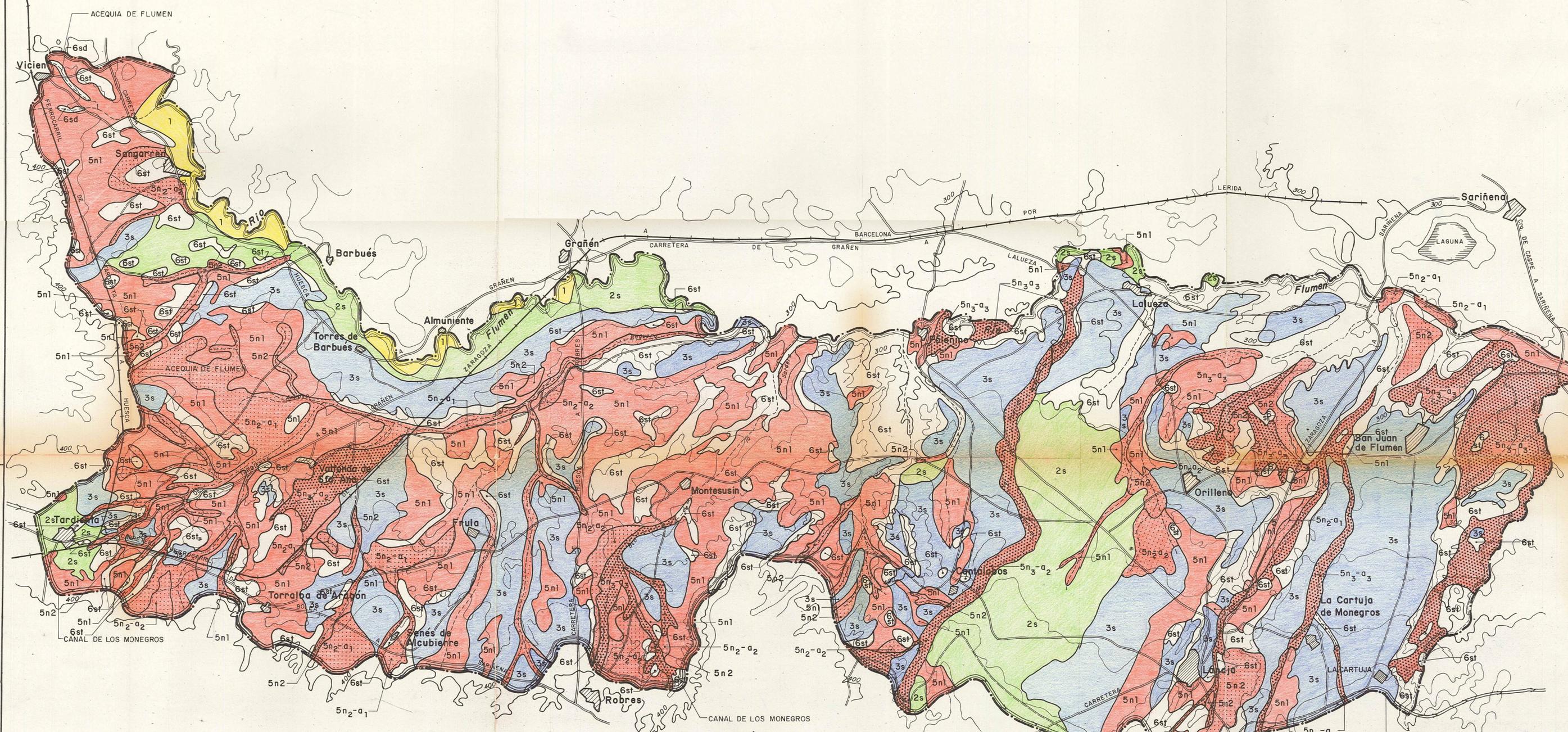
- LIMITE DE ZONA
- LINEA DE CONTACTO UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

**CLASIFICACION**

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS		SUPERFICIES		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS		SUPERFICIES	
		Ha	%			Ha	%
	CERROS TESTIGOS	1.845	5,1		VALLES ALUVIO-COLUVIALES	1.411	3,9
	GLACIS DE PIE DE MONTE	9.407	26,2		VALLES DE EROSION	57	0,2
	GLACIS EROSIONADOS	669	1,9		LLANURAS ALUVIALES	300	0,8
	LADERAS	9.134	25,5		LLANURAS ALUVIO-COLUVIALES	2.462	6,9
	LADERAS EROSIONADAS	2.769	7,7		TERRAZAS FLUVIALES	1.947	5,4
	ESCARPES	1.924	5,4		NUCLEOS URBANOS	185	0,5
	VALLES ALUVIALES	3.711	10,3				
	VALLES COLUVIALES	54	0,2				
		<b>TOTALES</b>				<b>35.875</b>	<b>100,0</b>



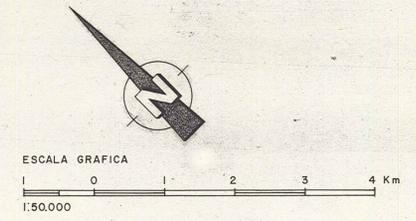
**I.N.DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO**  
**ESTUDIO DE SUELOS DEL 2º Y 3º TRAMO**  
**DE LA ZONA REGABLE DE LOS MONEGROS**  
**(HUESCA)**



CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS

CLASES	SUPERFICIES	
	ha	%
1 SUELOS REGABLES. NO SALINOS	447	1,3
2 SUELOS REGABLES. NO SALINOS	3.473	9,7
3 SUELOS REGABLES. NO SALINOS	9.793	27,3
5 SUELOS CON NECESIDAD DE CONTROL y/o PENDIENTES DE RECUPERACION	8.949	24,9
	3.473	9,7
6 SUELOS NO REGABLES	6.850	19,1
NUCLEOS URBANOS	185	0,5
<b>TOTALES</b>	<b>35.875</b>	<b>100,0</b>

SIMBOLOS DE LAS SUBCLASES	
s	DEFICIENCIA GENERAL DE SUELO
t	DEFICIENCIA DE TOPOGRAFIA
NIVELES DE SALINIDAD	
n <sub>1</sub>	CE < 4 mmhos/cm CON INECESIDAD DE CONTROL DE LA SALINIDAD
n <sub>2</sub>	4 ≤ CE ≤ 8 mmhos/cm
n <sub>3</sub>	CE > 8 mmhos/cm
NIVELES DE ALCALINIDAD	
a <sub>1</sub>	10 < ESP < 15%
a <sub>2</sub>	15 ≤ ESP ≤ 25%
a <sub>3</sub>	ESP > 25%
—	CONTACTO DE CLASES O SUBCLASES DE APTITUD
- - -	LIMITE DE LA ZONA



**I.N.DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO**  
**ESTUDIO DE SUELOS DEL 2º Y 3º TRAMO**  
**DE LA ZONA REGABLE DE LOS MONEGROS**  
**(HUESCA)**

CLASES DE TIERRAS Y NIVELES DE SALINIDAD - ALCALINIDAD