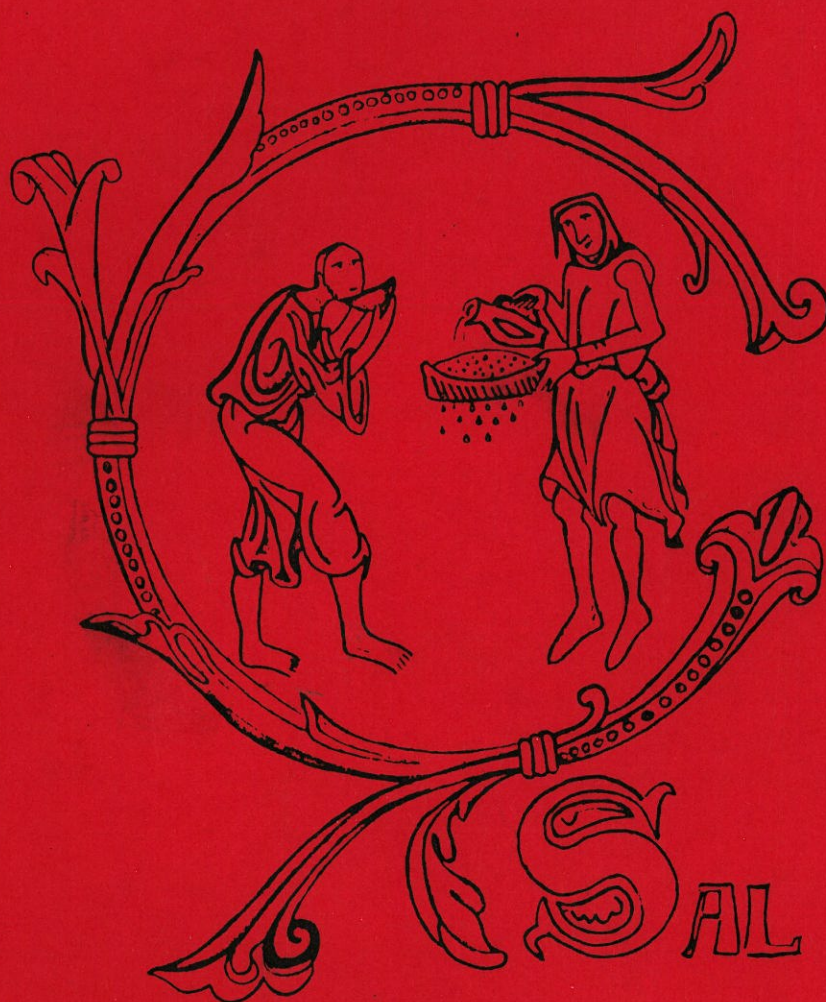


VIII REUNION NACIONAL DE SUELOS



18-22 SEPTIEMBRE 1979

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
ESTACION EXPERIMENTAL DE AULA DEI

ZARAGOZA

VIII REUNION NACIONAL DE SUELOS

MEMORIA Y GUIA DE LAS EXCURSIONES CIENTIFICAS

Comité organizador:

Dr. D. Francisco Alberto Giménez

Dr. D. Javier Machín Gayarre

Ldo. D. José Antonio Cuchi Oterino

Lda. D^a María Rosa Poza Poza

U.E.I. de EDAFOLOGIA, E.E. de AULA DEI (Zaragoza)

SUELOS SOBRE TERRAZAS Y GLACIS

EXTENSION Y APROVECHAMIENTO

Los suelos aluviales, juntamente con los que presentan cementaciones o costras calizas y desarrollados sobre terrazas y glacis, forman una entidad propia en la Depresión Media del Ebro, en la que ocupan áreas importantes.

Ambos grupos representan casi un 13 % de la superficie total de las provincias de Huesca, Lérida, Logroño y Zaragoza. El desglose por provincias se da en el cuadro 1.

MENSUA e IBAÑEZ (1.977), para su "Cartografía de terrazas y glacis del sector Central de la Depresión del Ebro", dan las siguientes extensiones y porcentajes.

- Terrazas	156.000 ha	 16.3 %
- Glacis	127.100 ha	 13.2 %
- Total	283.700 ha	 29.5 %

lo que indica que la importancia relativa de estos suelos se duplica cuando se considera una banda de unos 80 Km de anchura, con centro en Zaragoza, y limitada por las provincias de Navarra y Lérida.

En el resto de España, estos suelos son también frecuentes.

Desde el punto de vista agronómico son suelos muy interesantes, puesto que se presentan en superficies topográficas horizontales (o prácticamente horizontales), no presentan problemas de drenaje, ni de acumulación de sales, son fáciles de trabajar (texturas medias) y tienen pocos problemas de erosión. Evidentemente todas estas características son la mejor garantía de que no se producirán problemas de salinización, principal inconveniente de la puesta en riego.

Como sustrato para cimentaciones y asiento de instalaciones industriales o de servicios, tales como canales, carreteras, aeropuertos, etc., no presentan problemas específicos y su grado de bondad depende del nivel de terraza o glacis.

La costra se utiliza con alguna frecuencia como material de construcción local, especialmente en instalaciones agrícolas tales como pajares, parideras y casetas. Evidentemente quedan circunscritas a costras de las terrazas altas en las que ésta ofrece una cierta resistencia y donde no hay otro material mejor. En ocasiones se ha empleado como materia básica para la obtención de cal.

SUELOS SOBRE TERRAZAS Y GLACIS DE LA DEPRESION MEDIA DEL EBRO

A - Extensión y aprovechamiento

B - Factores de formación

B.1. Roca madre

B.2. Topografía

B.3. Factores bióticos

B.4. Clima

B.5. Tiempo

C - Nivel de terraza y variabilidad en

C.1. Mesotopografía

C.2. Costra caliza

C.3. Cantos de la terraza

D - Los suelos

D.1. Variabilidad en sentido transversal al río
Color

Oxihidróxidos de Fe

D.2. Variabilidad en sentido longitudinal al río

Materia orgánica

Nitrógeno

Relación C/N

Carbonatos

pH

Color

E - Caracteres agronómicos

E.1. Relación entre profundidad de suelo y rendimientos

Herbáceos (Trigo, maíz, remolacha, alfalfa)

Arbóreos (Peral Agua de Aranjuez)

E.2. Profundidad de suelo y relaciones hídricas

E.3. Puntos de equilibrio agua-suelo

Relación con otras variables del suelo

Retención de agua por la costra

Densidad aparente

Cálculo de necesidades de agua.

Cuadro nº 1.- Superficies ocupadas por fluvisoles y por suelos con costra caliza en algunas provincias del Valle del Ebro.

Provin- cias	Fluvisoles	Suelos con costra so- bre terrazas y glacis	% conjunto sobre to- tal provincial	Fuente de datos
Logroño	20.500 ha	49.500 ha	14	(1)
Huesca	20.800 ha	129.100 ha	10	(1) y (2)
Zaragoza	100.800 ha	197.800 ha	17	(1) y (2)
Lérida	49.500 ha	67.200 ha	10	(2)
Total	191.600 ha	443.600 ha	13	

- (1) Mapas de Suelos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Logroño.
Escala 1/250.000. Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología
"José María Albareda". Madrid 1.970.
- (2) Mapa de Suelos de España: Provincias de Zaragoza, Huesca y Lérida.
Escala 1/400.000. U.E.I. de Edafología. E.E. Aula Dei. Zaragoza.
(En prensa).

FACTORES DE FORMACIÓN

En la III excursión de esta reunión veremos una secuencia de suelos sobre diversos niveles de terrazas del Gállego que, por su origen presentan un conjunto de caracteres comunes, pero que por otra parte muestran una cierta variabilidad, dependiente del nivel de terraza, que se intentará explicar por las diferencias a que han estado sometidas en dos de los factores de formación: clima y tiempo.

Mostraremos en primer lugar que otros factores de formación: roca madre, topografía y biológicos, han sido constantes para el conjunto de niveles, o al menos que la variabilidad por su influencia ha quedado muy restringida.

Roca madre

Todo proceso de formación del suelo comienza con el acondicionamiento y exposición a la meteorización del material a partir del cual, o sobre el que se desarrollará aquél; en éste caso los materiales aportados por el Gállego.

La litología de los materiales gruesos de la base de las terrazas es muy compleja y comprende: granito de dos micas, granodioritas, rocas de metamorfismo de contacto, grauwacas, calizas, areniscas y yesos.

De ellas las más llamativas y fácilmente identificables son las areniscas rojas del Permo-Trias y las calizas del Eoceno. Los granitos que lleva el Gállego, provenientes del batolito de Balaitus-Cauterets y situado en su cabecera, son los mejores indicadores, en el centro de la Depresión, de la participación de sus materiales en otras formas de relieve.

Desde el punto de vista granulométrico se diferencian dos entidades: la subyacente, de material predominantemente grueso y de espesor variable, mayor en las terrazas más antiguas y que dentro de cada terraza aumenta en potencia desde el nacimiento a la desembocadura del río y la entidad superficial de potencia inferior a un metro, formada por limos de inundación y por tanto de granulometría fina.

Tanto en el Gállego, como en los otros ríos del Centro de la Depresión, la secuencia de 6 terrazas parece estar definitivamente establecida.

De los criterios cronológicos para establecer su seriación, MENSUA (1.977) indica que el de las alturas relativas es el de uso más general. El Cuadro 2 da las alturas relativas de cada uno de los seis niveles de terrazas que coinciden con los identificados por BOMMER (1.957) y GONZALEZ (1.974).

Cuadro nº 2.- Altitudes relativas de las distintas terrazas del Gállego Bommer (1.957)

Distancia de la confluencia	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0 Km	6/8 m	15/18 m	40 m	75/80 m
30 Km (aguas arriba de Zuera)	15 m	30 m	60 m	110 m
60 Km (al norte de Puendeluna)	30 m	50/55 m	110 m	180 m

Altitudes relativas de las distintas terrazas del Gállego Mensua e Ibañez (1.977)

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₄ bis	T ₅
Altura relativa (máxima y mínima)		20- 10	40- 20	70- 45	90- 75	60-130
Altura absoluta (máxima y mínima)	380-200	400-210	420-220	430-303	420-385	500-355

Topografía

En éstas terrazas es prácticamente horizontal aunque con una ligera pendiente en sentido longitudinal y transversal al río.

Factores bióticos

En lo referente a los organismos, especialmente la vegetación (comprensiblemente muy ligada al clima), hay pocos antecedentes de la evolución sufrida a lo largo del Cuaternario en el Centro de la Depresión.

Según T. van der Hammer et al. (1.971) las alternativas climáticas sufridas por las regiones mediterráneas europeas condicionarían una vegetación de estepa en los períodos glaciares fríos y secos, mientras que en los interglaciares, más cálidos y húmedos, aparecían bosques mixtos de robles de hoja caediza y *Quercus ilex*.

El centro de la Depresión debe apartarse ligeramente de este esquema en el sentido de que el clima ha mantenido unas condiciones más xéricas.

La explicación de la presencia de elementos de la estepa dentro de la vegetación de la DME ha sido iniciada por Braun Blanquet y Bolos (1.957). Para éstos autores las especies irano-touranienses han debido provenir del oriente a través de una fuerte corriente migratoria precuaternaria, siguiendo las costas meridionales del Mediterráneo para llegar a la Península Ibérica todavía en contacto con África. La inmigración de las especies sarmáticas, ausentes al S del Mediterráneo, ha debido tener lugar antes de las glaciaciones en el curso de algún período seco. La Cuenca Media del Ebro y las zonas adyacentes constituyeron durante el terciario un importante centro de evolución; lo atestiguan numerosos organismos antiguos, plantas y animales, exclusivos de estos países, incluso dos géneros monotípicos endémicos (*Microcnemum* y *Boleum*). Todo lo cual hace pensar que la vegetación xérica se ha mantenido al menos en algunos enclaves, dentro de la DME, a lo largo de todo el Cuaternario.

Clima

Martí Bono señala a partir de sus propias observaciones y de trabajos anteriores que el número de glaciaciones durante el Cuaternario no está definitivamente establecido en el Pirineo constituyendo una de las polémicas fundamentales entre especialistas del glaciario pirenaico. Para él resulta evidente la presencia de, al menos, dos glaciaciones y una recurrencia tardiglacial o neoglacial de escasa transcendencia morfológica. Estudios detallados de morfometría de cantos le permiten asegurar que las terrazas de 20 y 60 m tienen origen fluvio-glacial.

También Mensua e Ibañez (1.977) indican que "las terrazas asociadas en: terrazas antiguas (V-IV), medias III, y recientes son jalones para la determinación de tres grandes períodos separados por dos crisis hidrodinámicas" pero que la confirmación definitiva hay que esperarla todavía de los estudios sedimentológicos y de hallazgos paleontológicos.

Para el Prof. Tricart, la continentalidad del clima se ha mantenido durante todo el Cuaternario, y en este contexto los fenómenos de eolización, que deberían haber sido fuertes, parece que no lo han sido tanto como para dejar sus señales como ha ocurrido en Francia por ejemplo.

Basándose en la línea altitudinal límite de los fenómenos periglaciares (800-900 metros) y en la ausencia de fenómenos de soliflucción el mismo autor sugiere que para los períodos fríos, correspondió, también una se quía lo que condicionó que no aparezcan frecuentemente fenómenos de criogenia porque éstos son mucho más aparentes cuando suceden en condiciones de humedad adecuada. Seguramente durante los períodos glaciares serían secos y muy fríos, en cambio los veranos serían lluviosos y en un régimen de vegetación abierta la erosión sería relativamente intensa y se formarían los glaciares.

Los sedimentos del borde de la laguna de Gallocanta le sugieren la existencia de otros períodos más lluviosos y quizá también con menos - evaporación que los actuales al ser más fríos.

Los períodos fríos dieron lugar a la formación de los glaciares y las terrazas, extendiendo los materiales desprendidos de las rocas, fundamentalmente por fenómenos de crioclastia, en las superficies correspondientes al debilitarse la capacidad de transporte por disminución de la pendiente. Durante los períodos cálidos la vegetación cubre las vertientes y los sue los; como las corrientes fluviales poseen más capacidad de transporte que carga les llega, la red fluvial se encaja sobre los sedimentos acumulados en la fase anterior.

Este proceso tan sencillo de dos fases ha sido dado por otros autores (van Zuidam, 1.976) en 4 fases con las cuales, en el Ebro se pueden diferenciar la formación de las terrazas. Las cuatro fases que consideran son:

1. Centro del período glacial al tardiglacial
2. Comienzo y centro del período interglacial
3. Centro al final del interglacial
4. Final del interglacial y comienzo de nueva fase glacial.

Con este esquema se pueden explicar fácilmente la presencia de subniveles dentro de una misma terraza, fenómenos muy frecuente en el Ebro.

Por último, no se puede olvidar que las terrazas más altas han estado sometidas a un mayor número de oscilaciones climáticas que las más recientes. Además la duración de tales períodos climáticos se ha ido reduciendo con la proximidad a nuestros días.

Efecto de los factores de formación sobre los suelos de los distintos niveles de terraza

La diversidad en la actuación de algunos de los mecanismos de formación de los suelos, tomada en cuenta la constancia de otros, ha condicionado el distinto grado de desarrollo de los suelos de las terrazas. Intentamos poner esto de manifiesto para poder explicar las diferencias de comportamiento que se observan y deslindar mejor las zonas homogéneas.

Dentro de la variabilidad detectada, y en la que ha habido que dejar para el futuro el estudio de parámetros como mineralogía de arcillas y carbonatos, índices de minerales resistentes, etc., agruparemos los caracteres en:

- a) Correspondientes a la mesotopografía
- b) Referentes a la costra
- c) Referentes a los cantos
- d) Referentes a las propiedades de los suelos.

a) Características mesotopográficas

Las sucesivas oscilaciones climáticas y la diferente edad de las terrazas han condicionado que se establezcan, entre ellas, diferencias en el desarrollo morfológico de su superficie y del escarpe que separa dos niveles consecutivos. (Fig. 1).

a.1) Acción sobre la superficie de la terraza

Solamente sobre la terraza V aparece una red jerarquizada de drenaje con una dendrización frecuente. La presencia de vallecitos y lomos, producto de aquella, afecta diferencialmente a los suelos desarrollados sobre ella. Los fenómenos erosivos han arrastrado una parte del material del suelo y el espesor remanente de suelo es pequeño. Aparecen afloramientos de la costra caliza y hay una gran abundancia de pedazos de ella y de cantos rodados que ocasionan problemas de laboreo y naseencia lo que condicionan un aprovechamiento a base de cereales y almendros. Los emplazamientos peores quedan dedicados a monte bajo y pastos (Sarda).

La terraza IV presenta, casi exclusivamente, el colector de la red de drenaje de la V. Se notan, sin embargo, diferencias en el grado de subdivisión de la red entre los dos niveles en que se divide esta terraza. Los procesos erosivos son pequeños y en general la profundidad de suelo es mayor que en la V, lo que se reconoce también por una menor abundancia de piedras y pedazos de costra sobre la superficie del suelo.

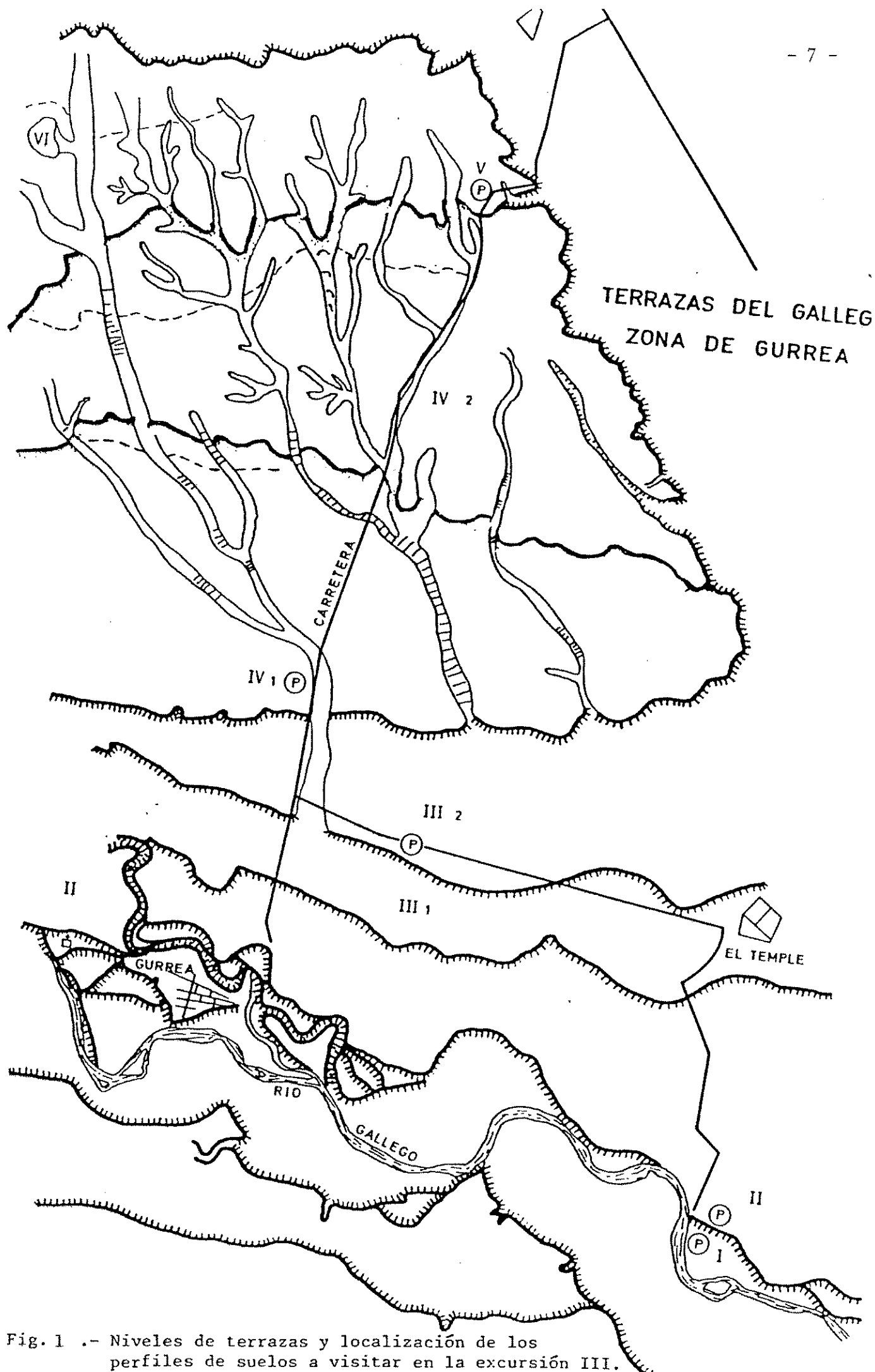


Fig. 1 .- Niveles de terrazas y localización de los
perfiles de suelos a visitar en la excursión III.

En la terraza III se pierde casi totalmente la continuidad de la red de drenaje con lo que queda patente que sobre esta terraza se han acumulado, en parte, los materiales finos que fueron transportados por las aguas de es correntía superficial desde niveles superiores.

Las terrazas II y I no presentan ningún tipo de desarrollo de red de drenaje superficial.

Este desarrollo de la red de drenaje superficial está relacionado con el grado de consolidación de la costra caliza correspondiente a la terraza. En efecto, el paquete de cantos rodados que forman el sustrato de las terrazas I y II al ser muy permeable, no permite diferenciación de aque lla, mientras que al ir consolidándose por efecto del encostramiento (terrazas III, IV y V) y disminuir en consecuencia la permeabilidad, la red se es tablece y se jerarquiza más cuanto mayor es el grado de consolidación.

Por estas consideraciones indicadas más arriba creemos que debe ma tizarse la opinión de muchos autores en el sentido de que la costra protege de la erosión a las terrazas; en efecto lo hace de la erosión de borde pero por otro lado conduce a que se instalen procesos que activan la degrada ción de las superficies de las terrazas y favorecen la erosión de los sue los.

a.2) Acción sobre los escarpes entre terrazas

Los abruptos entre terrazas tienen interés en edafología porque frecuentemente marcan los límites entre distintos tipos de suelo y en algunos casos sobre ellos se forman suelos específicos independientes de aquellos otros entre los que están intercalados.

En el caso que nos ocupa, entre la terraza V y IV se ha formado un glacis a expensas de los materiales de la V, en parte como consecuencia de la impermeabilidad de la costra que ha favorecido el arroyamiento.

Entre la terraza IV y la III el reborde es festoneado y con un ligero, pero aparente, desarrollo del glacis como corresponde a la impermeabilidad del suelo de la terraza IV.

El reborde entre las terrazas III y II es abrupto pero ondulado y entre las terrazas II y I muy abrupto y suavemente ondulado.

b) Características de las costras

b.1) Condiciones de formación de las costras

En general llamaremos costras calizas, a los materiales que quedan comprendidos bajo la definición de van Zuidam: "Materiales terrestres com-

puestos fundamentalmente, pero no exclusivamente, de carbonatos, que estén más o menos endurecidos pero con consistencia en húmedo siempre superior al suelo en que se encuentren y en cuya formación han intervenido procesos de precipitación entre las partículas del suelo o de la roca que componen el perfil del suelo".

Su morfología es muy variada y la terminología utilizada para describirlas en todo o en parte requiere una puesta al día. Se habla de: caliche, calcrete, tufa, travertine, indurated caliche, carapace calcaire, friable caliche, caliche rubble, banded forms, verhärtungen, Krusten, young types of caliche y también mature y old types, pelicules rubanes, croûte multirubannée, feuilleté, mixte à zonation systématique, petrocalcic horizon, croûte zonaire.

También la terminología popular da a estos materiales diversos nombres: tosca (Argentina), kafkalla, havara (Chipre), mallacan o tosca (España-Aragón), kunkar, kunkur, kankar (India) y nari (Israel).

Su formación está condicionada a la existencia de procesos de disolución de carbonatos-transporte-precipitación-diagénesis de los mismos.

Desde nuestras condiciones, quizá la precipitación y la diagénesis son los procesos más ligados a la génesis de éstos materiales puesto que todas las situaciones que estudiaremos tienen materiales ricos en carbonatos y por ello, quizá, los dos primeros procesos no planteen problemas específicos (en otras situaciones en que las costras aparecen sobre materiales ácidos sí que hay problemas, glacia de Cariñena por ejemplo).

Aparte de los procesos puramente biológicos (fijación por animales o plantas), la precipitación del carbonato cálcico tiene como base además de la precipitación por evaporación del disolvente al rebasar el producto de solubilidad, dos fenómenos: la diferente solubilidad en función de la temperatura y el pH del medio. Los agentes biológicos, climáticos, etc., actúan sobre éstos mecanismos.

La génesis de nuestras costras calizas sobre materiales de terraza no está todavía aclarada.

Dos caminos han podido seguir las aguas cargadas en calcio para explicar la formación del grueso del depósito de carbonatos: el lavado a partir del suelo o el aporte a través de una capa freática. La diagénisis posterior del depósito de carbonatos, especialmente en lo que se refiere a la porción superficial, es sin duda un proceso edafológico, en el sentido de que las soluciones que han provocado la diagénesis atravesaron previa e inmediatamente antes el suelo.

La teoría del lavado de carbonatos a partir del suelo ha recibido un considerable refuerzo a partir de las observaciones de STUART y DIXON (1.973) según los cuales cuando el agua que percola a través del mismo encuentra una discontinuidad textural, pasando de un material fino a otro más grueso (como nuestras terrazas), se produce la acumulación de aquella en el material más fino, en gran cantidad, hasta que rebasando un cierto umbral por nuevo aporte, se rompe esta situación y se produce un brusco descenso de solución, por el camino más fácil, a través de la capa grosera, alcanzándose penetraciones bastante profundas aunque la cantidad de agua existente sea pequeña. Con este mecanismo se explica también la profundidad alcanzada por los carbonatos, difícil de explicar si su formación se circunscribe a clima semiárido.

A través de este proceso queda implícito el que estas costras calizas han estado formándose durante todo el período desde que se formó la correspondiente terraza, ya que las sucesivas oscilaciones climáticas dan como tendencia la formación de costra como se demuestra en cada una de ellas.

El otro camino señalado para la deposición de estos carbonatos; la precipitación a partir de una capa freática, viene avalado por observaciones micromorfológicas, Vogt, etc., y conclusiones de numerosos autores. La intensidad de este proceso debería estar relacionado con la calidad de las aguas que lleva el río.

Como en la zona se encuentran dos ríos con calidades de agua tan diferentes (Gállego y Ebro) hemos aplicado a los datos de composición actual los criterios de Langelier. Estos muestran que mientras las aguas del Ebro tienen tendencia a precipitar carbonatos o están en equilibrio disolución-precipitación (en abril época del máximo caudal), las aguas del Gállego tienen tendencia a disolver carbonatos tanto en el mes de máximo caudal como en el de mínimo.

Puesto que estos datos se han aplicado a la composición actual tienen poca validez, pero podría ser otro camino interesante para poder correlacionar, al menos, la intensidad del aporte con la calidad del agua en ambos ríos que siempre ha tenido que ser distinta.

La duración, cada vez más corta, de las oscilaciones climáticas explicaría la diferente cantidad de cemento calizo de las terrazas más antiguas a las más modernas, porque se supone que el depósito se formó únicamente durante la formación de la terraza; al encajarse el río la capa freática descendió de nivel y dejó de afectar a la terraza. La diagénesis de la costra incluyendo la formación de la corteza es ya un proceso edafológico y en algunos casos, según se ha demostrado por C^{14} , mucho más reciente que el resto del paquete de carbonatos.

b.2) Caracteres morfológicos de los distintos grados de cementación y encostramiento

Costra del nivel de terraza V

El paquete de caliza secundaria es indudablemente el más importante de todos los niveles de terraza. Morfológicamente es muy variable, pero en general consta de una o varias capas de un depósito calizo más o menos poroso que engloba poco material fino o grueso y cuya parte superior está formada por una corteza dura, microcristalina, semejante a caliza sub litográfica, en la que se reconocen bandas más o menos horizontales de colores rojizos o grises alternando en una matriz crema claro.

El paquete de costra no es continuo, esta fracturado y las unidades suelen presentar una capa continua (costra pelicular) de carbonato cálcico reprecipitado que recubre todo el bloque que alcanza hasta 0.5 cm. de espesor.

En otros casos se presentan cantos embutidos en el cemento calizo con claras señales de redisolución a nivel de la costra.

También pueden aparecer costras formadas a expensas de otras anteriores rotas y recementadas y que aparecen en la matriz como cantos angulosos, algunos subredondeados.

Otro caracter de estas costras, que como el anterior está más típicamente desarrollado en terrazas todavía más antiguas, es la aparición de grietas -como de retracción- que pueden interpretarse como producidas por recristalización de la masa de carbonatos.

Costra del nivel de terraza IV

El paquete de cemento calizo muestra un volumen menor que el de la terraza anterior.

La costra es continua y dura con formación de corteza bandeada microcristalina que no presenta un grado de pureza tan elevado como en la V sino que muy frecuentemente engloba cantos.

Algunos pedazos de costra presentan señales de redisolución pero no aparecen otros pedazos de costra englobados en la nueva ni tampoco grietas de retracción.

Los "pendents" de tipo estalagmítico son muy abundantes, bien desarrollados y duros.

Costra del nivel de terraza III

El paquete de carbonatos redepositados es menos importante que en la terraza IV. Sólo ocasionalmente, tiene lugar la aparición de corteza muy fina de aspecto sublitográfico sobre el depósito secundario de carbonatos que en este nivel lleva siempre englobado una abundante cantidad de material de la terraza.

Los cantos rodados presentan "pendents" ligeramente desarrollados sobre una capa de 1 a 5 mm. de depósito calizo que ocupan la parte inferior de los cantos.

La costra se desmorona fácilmente con golpes suaves de martillo y esta débil consistencia es la que hace que en los montones de despedregado de ésta terraza sean raros los pedazos de costra que tan frecuentes son en las terrazas IV y V. En estos mismos montones es fácil reconocer la procedencia de la terraza III por la presencia de "pendents" de costra adheridos a los cantos. La adherencia entre los pendents calizos y los cantos parece ser mayor en los calizos que en los cuarcíticos.

Cementación del nivel de terraza II

En ella el porcentaje de cemento calizo es muy bajo (5 %) y ocupa los espacios entre los cantos rodados del paquete de sedimentos de la terraza. Los cantos rodados se mantienen difícilmente unidos entre si por intermedio del cemento calizo y los que lo hacen se separan fácilmente con la mano.

Los cantos de despedregar los suelos tienen reconocible el lugar donde se adhirió el cemento calizo que aparece como una ligera película.

c) Caracteres morfológicos de los cantos de las terrazas

Los cantos que forman parte de las diferentes terrazas presentan, dependiendo de su litología variaciones en su morfología como consecuencia de procesos de meteorización y disolución.

Los cantos de granito están más fuertemente alterados en las terrazas más viejas hasta el punto de desmoronarse en "xábrego", mientras que los de las terrazas jóvenes aparecen resistentes a los golpes de martillo. El color que en las terrazas bajas I y II, es como el del corte fresco, pasa a abundancia de colores cremas y beige en las terrazas altas como consecuencia de la meteorización de los minerales. Pátinas y cortezas de alteración se ponen de manifiesto a partir de la terraza III siendo muy clara en las terrazas superiores.

Los cantos de caliza presentan señales de disolución muy evidentes ya en la terraza III, con elevado porcentaje de disolución en las terrazas IV y V (frecuentemente más del 50 % de su masa). Su forma acaba siendo plano-convexa con disolución dominante de la cara superior del canto mientras la inferior queda protegida por el cemento calizo de la costra. En el nivel de terraza II ya aparecen señales de disolución de la caliza de los cantos rodados si bien en situaciones especialmente favorables con circulación preferente de agua dentro del paquete de cantos cuando este no es muy compacto. Las formas de disolución tienen aspecto de depresiones ovales con un pequeño mamelón y corresponden a los puntos de contacto entre dos cantos.

d) Variabilidad de las propiedades de los suelos sobre terraza

d.1) Variación transversal. Color del suelo

Entre edafólogos y cuaternaristas una aseveración bastante generalizada, en muchas áreas geográficas, es que los suelos más viejos son los más rojos. En otras circunstancias el color rojo de los suelos se ha asociado a condiciones de formación más cálidas y húmedas que para los suelos pardos.

Martí Bono (1.976) señala la existencia de suelos rojos en la terraza de 60 m. del río Aragón e indica que aún cuando no hay consenso en cuanto al valor climático de dicha rubefacción, ni a su posible generalización como indicativo de la edad de las terrazas, en la vertiente N de los Pirineos, según Alimen, el último interglaciario capaz de dar suelos rojos ha sido el Mindel-Riss.

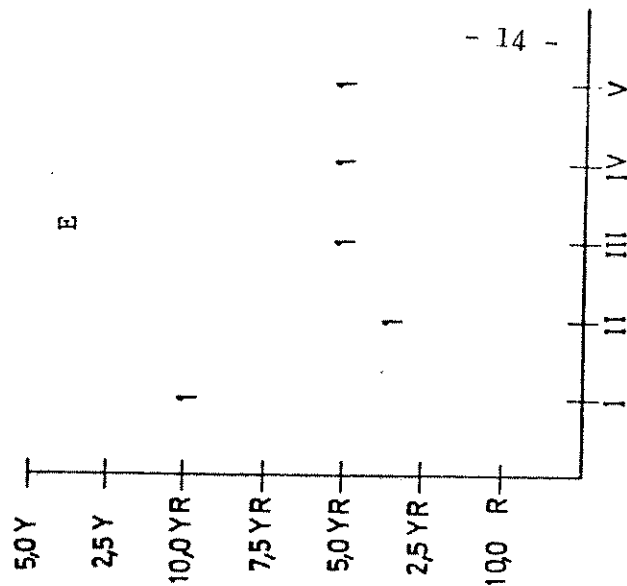
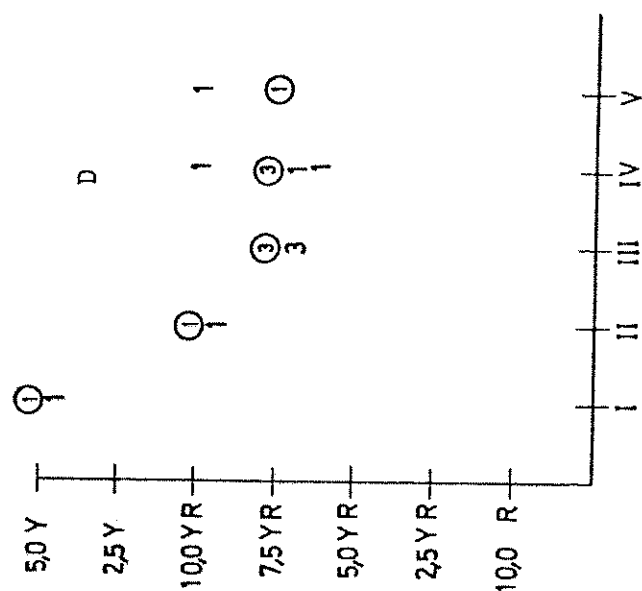
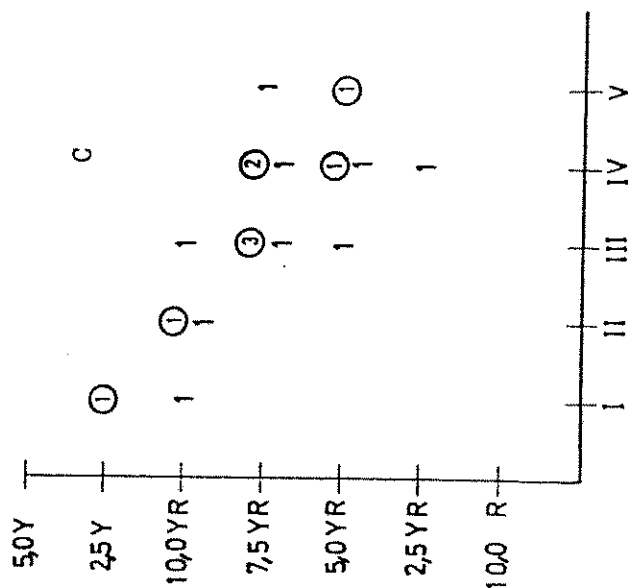
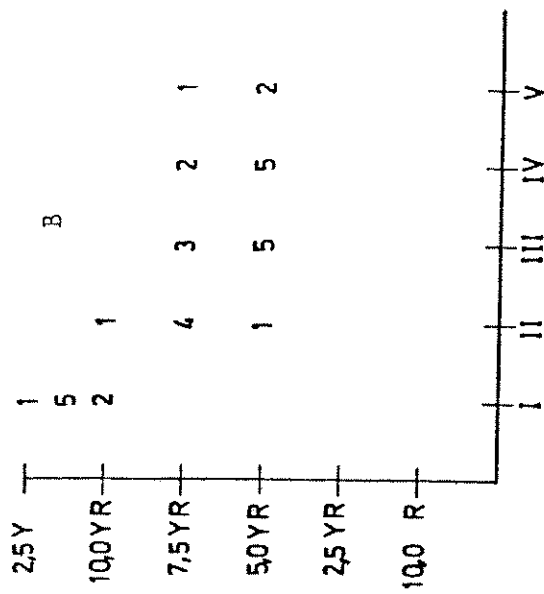
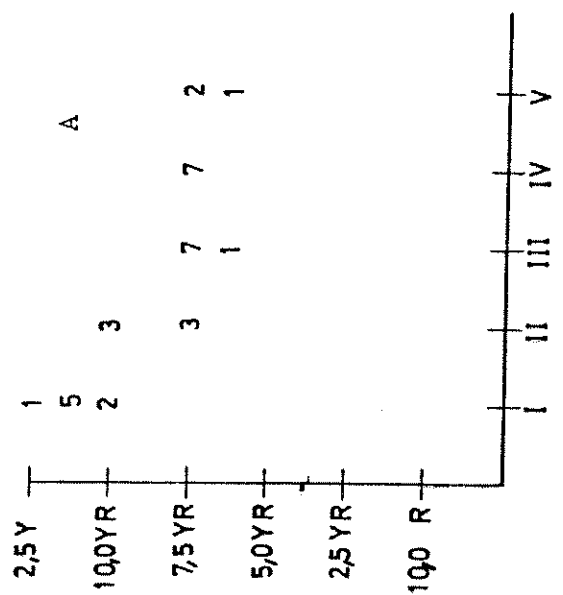
Para comprobar las posibilidades de existencia de colores específicos asociados a niveles de terrazas se hizo la determinación del color en un conjunto de muestras y cuyos resultados aparecen en el cuadro .

En la determinación del color "mineral" del suelo, tres componentes podrían enmascararlo: la materia orgánica, el carbonato de la costra y las desigualdades granulométricas de las partículas. Por ello se hicieron simultáneamente los colores de los materiales eliminados los carbonatos (con ácido HCl 0.2 N), la materia orgánica con H₂O₂ y separadas las fracciones mayor y menor de 50 μ . Finalmente para un grupo de suelos se separaron las arcillas menores de 1 μ y en este material molido se determinó, así mismo, el color.

Quizá la variación más importante en el color del suelo esté entre los correspondientes a las terrazas II y I. (Fig. 2).

Fig. 2 .- Relación entre color de los materiales de los suelos de terraza y el nivel de las mismas.

- A - Color en seco del total del suelo.
 B - Color en húmedo del total
 C - Color de la fracción $> 50 \mu$ descarbonatada l seco, (1) húmedo.
 D - Color de la fracción $< 50 \mu$ descarbonatada l seco, (1) húmedo.
 E - Color de la fracción $< 1 \mu$ descarbonatada y libre de materia orgánica.



Con el fin de ver dónde aparece este cambio, se han tomado muestras de subniveles de terrazas intercalados entre ambos. Los colores de los suelos en condiciones naturales, eliminados los carbonatos y la materia orgánica y recuperada la fracción fina se da en el cuadro siguiente:

Subnivel - de terraza	COLOR NATURAL		COLOR elim.mat.org. y CO ₃ Ca, fracción < 50 μ		COLOR arenas elim.mat org. y CO ₃ Ca	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
Terraza II	7.5YR 5.5/4	7.5YR 4/4	10YR 6/4	10YR 5/3	10YR 6/4	10YR 4/3
Terraza I ₈	10YR 6/4	7.5YR 5/4	10YR 7/2	10YR 5/3	10YR 6/3	10YR 4/3
Terraza I ₄	10YR 6/3	10YR 5/3	2.5Y 7/2	10YR 5/3	10YR 6/3	10YR 5/3
Terraza I ₂	2.5Y 6.5/2	10YR 5/4	10YR 7/3	10YR 5/4	10YR 6/3	10YR 4/3
Terraza I ₁	10YR 6/3	10YR 5/3	10YR 7/3	7.5YR 5/4	10YR 6/3	10YR 4/3
Terraza I	2.5Y 7/2	2.5Y 6/2	5 Y 7/3	5 Y 6/3	10YR 6/3	2.5Y 4/2

Tampoco aquí los resultados son concluyentes, no hay un nivel límite entre las terrazas I y II en que se produzca un cambio de color que se aprecie en las diversas fracciones ensayadas, la transición se hace de una manera gradual.

Oxihidróxidos de Fe

A la vez que hemos descrito los niveles variables de meteorización de los cantos de la terraza y hemos seguido a través del color del suelo las diferencias entre los distintos niveles de terraza, también el proceso de meteorización puede seguirse a través de los oxihidróxidos de Fe por un doble camino, uno por la cantidad total de oxihidróxidos liberados de los minerales primarios y otro por el proceso de envejecimiento de estos oxihidróxidos liberados, amorfos en principio, hacia productos cristalinos.

Como extractantes de las fracciones de Fe señaladas hemos utilizado el ditionito-citrato-bicarbonato y el oxálico-oxalato a pH = 3 para los que en trabajos anteriores con otros suelos y materiales sintéticos habíamos probado su idoneidad.

Los valores obtenidos para cada uno de los perfiles se dan en su tabla correspondiente. Para el conjunto de los cinco niveles de terraza, como en el caso de los colores, no destaca ningún hecho significativo salvo la gran diferencia entre el comportamiento de la terraza I y II que también se ponía de manifiesto en el caso de los colores.

Sobre las mismas muestras de los subniveles entre las terrazas I y II en que se determinaron los colores, se han determinado los valores de Fe extraíble por ditionito-citrato-bicarbonato y oxálico-oxalato a pH = 3. El cuadro 3 da los resultados obtenidos.

Cuadro nº 3.- Cantidades de Fe extraídas por ditionito y oxalato de los suelos correspondientes a subniveles entre terrazas I y II.

Subnivel de terraza	Fe Oxalato %	Fe Ditionito %	$\frac{\text{Fe Ox}}{\text{Fe Dith}}$
Terraza II	0.078	2.200	0.036
Subnivel I ₈	0.035	0.960	0.036
Subnivel I ₄	0.061	0.986	0.062
Subnivel I ₂	0.054	0.773	0.070
Subnivel I ₁	0.060	0.800	0.075

Los resultados obtenidos en esta serie son perfectamente congruentes con el planteamiento hecho, hay un incremento de los valores de Fe del ditionito desde la terraza I₁ a la II y los cocientes Fe soluble en oxalato-Fe soluble en ditionito varían en sentido inverso indicando que a menos hierro liberado por meteorización hay un porcentaje mayor de producto amorfo.

Resultados demasiado convincentes para no requerir una comprobación exhaustiva más adelante.

A unas conclusiones muy semejantes ha llegado ALEXANDER que en suelos de terrazas de Nevada encuentra variación en la relación FeOx./FeDith. para terrazas más jóvenes de unos pocos cientos de miles de años, edad que en nuestro caso corresponde aproximadamente al interglaciar Mindel-Riss.

El envejecimiento de los productos ya cristalinos -para el caso de los suelos más antiguos- quizá pudiera seguirse por el desplazamiento del pico de productos cristalinos en gradiente de concentración y para el que con productos sintéticos hemos comprobado experimentalmente correspondencia.

d.2) Variación longitudinal al río de las propiedades de los suelos

Los ríos de la margen derecha del Ebro, con nacimiento en los Pirineos presentan a lo largo de su cauce diferencias notables en la clima-

tología que se relacionan bien con la altitud de las estaciones. Las fig. 3 y 4 dan para el Gállego y Cinca las relaciones entre temperatura y precipitación con la altitud. Estas diferencias climáticas han debido existir también a lo largo de todo el cuaternario y juntamente con las diferencias climáticas actuales habrán dejado su impronta sobre las propiedades de los suelos.

Los resultados obtenidos por R. Poza para el contenido en materia orgánica, nitrógeno y relación C/N para los suelos de las terrazas del Gállego y Cinca en función de la altitud se dan en las figuras 5 , 6 y 7 el estudio del fraccionamiento de los compuestos húmicos para estas muestras se está realizando actualmente y se darán en su Tesis Doctoral.

El contenido en carbonato de estos suelos presenta una relación con la altitud poco clara; lo único evidente parece ser que a partir de los 900 m. de altitud casi todos los suelos han sido lavados de carbonatos, al menos hasta una profundidad a que llegó el arado. (Fig. 8).

Mucho más clara aparece la relación entre pH y altitud, figuras 9 y 10.

En cuanto al efecto sobre el color del suelo, el cuadro 4 no parece mostrar ninguna asociación clara entre este parámetro y la altitud del suelo para el mismo nivel de terraza.

CARACTERES AGRONOMICOS

A lo largo del desarrollo anterior se ha intentado buscar la asociación entre unidad topográfica y propiedades y características del suelo para comprender la variabilidad que presentan y asociarla en el espacio a cada nivel de terraza. Con ello pensamos que se asegura la precisión en la extrapolación de conocimientos adquiridos en un punto concreto.

Desde el punto de vista agronómico estos suelos tienen tres factores limitantes íntimamente ligados entre sí y difícilmente separables: La poca profundidad de suelo, la presencia de costra caliza de dureza variable a poca profundidad, y la pedregosidad variable.

La relación entre profundidad de suelo y rendimientos la hemos estudiado con una cierta minuciosidad, ya que cuando estos suelos se ponen en regadío por el sistema tradicional "a manta", al necesitar nivelarse, aparece frecuentemente, por su poca profundidad, costra en superficie. Habría que recurrir a la nivelación por "capaceo" y para este método, que exige fuerte movimiento de tierras, es importante conocer la rentabilidad de aportar unos cm. más de suelo.

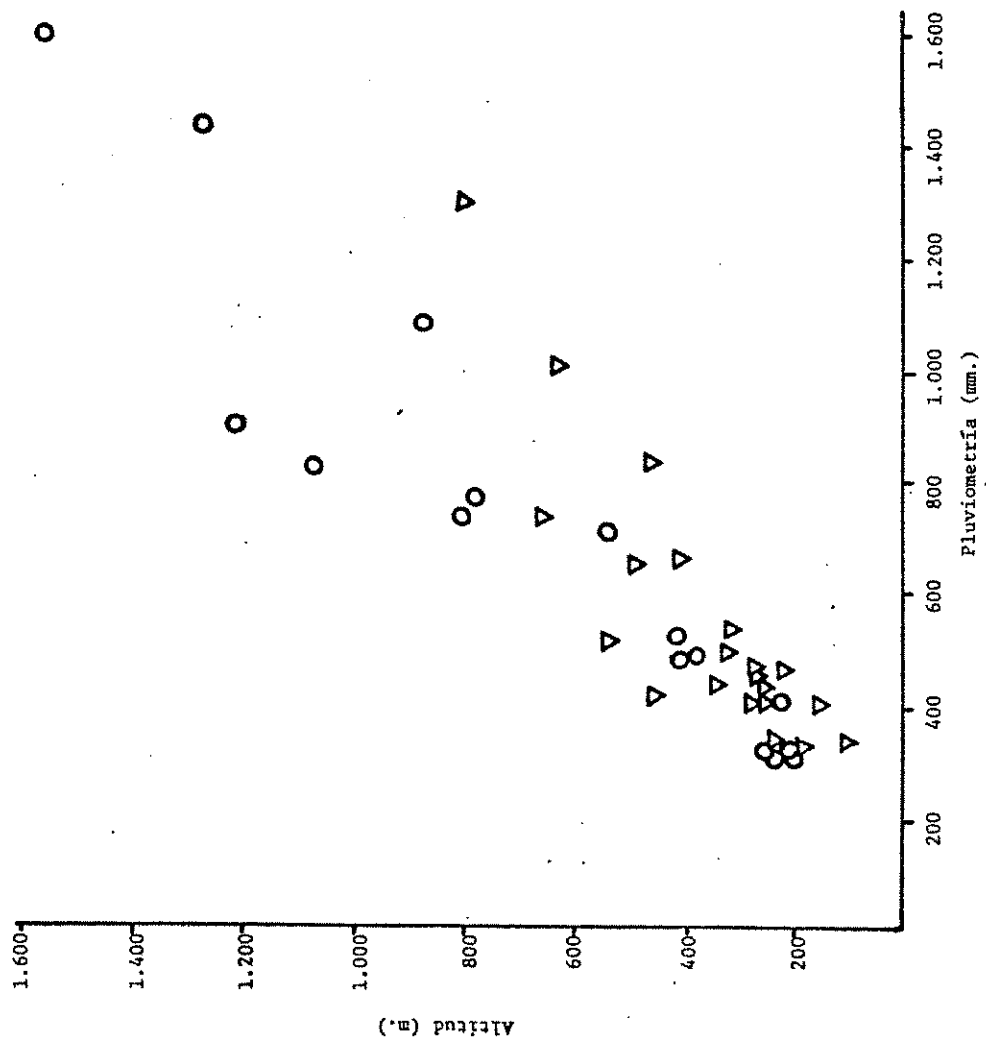


Fig. 3 .- Relación entre altitud y pluviometría para las estaciones situadas en la Cuenca del Gállego (o) y Cinca (v).

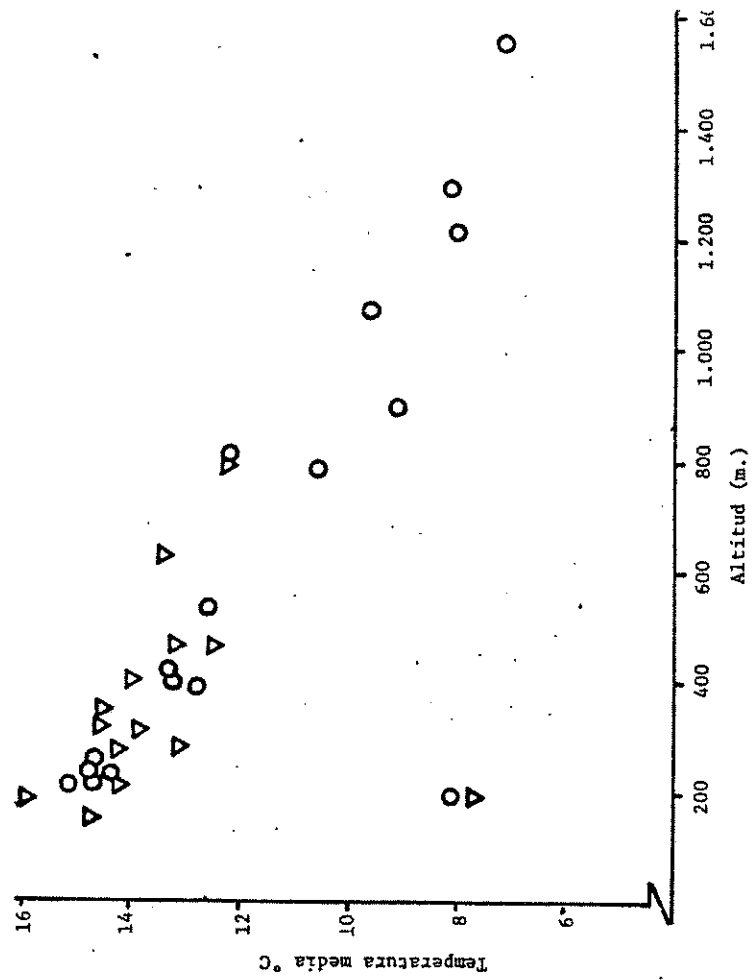


Fig. 4 .- Relación entre altitud y temperatura media anual para las estaciones situadas en la Cuenca del Gállego (o) y Cinca (v)

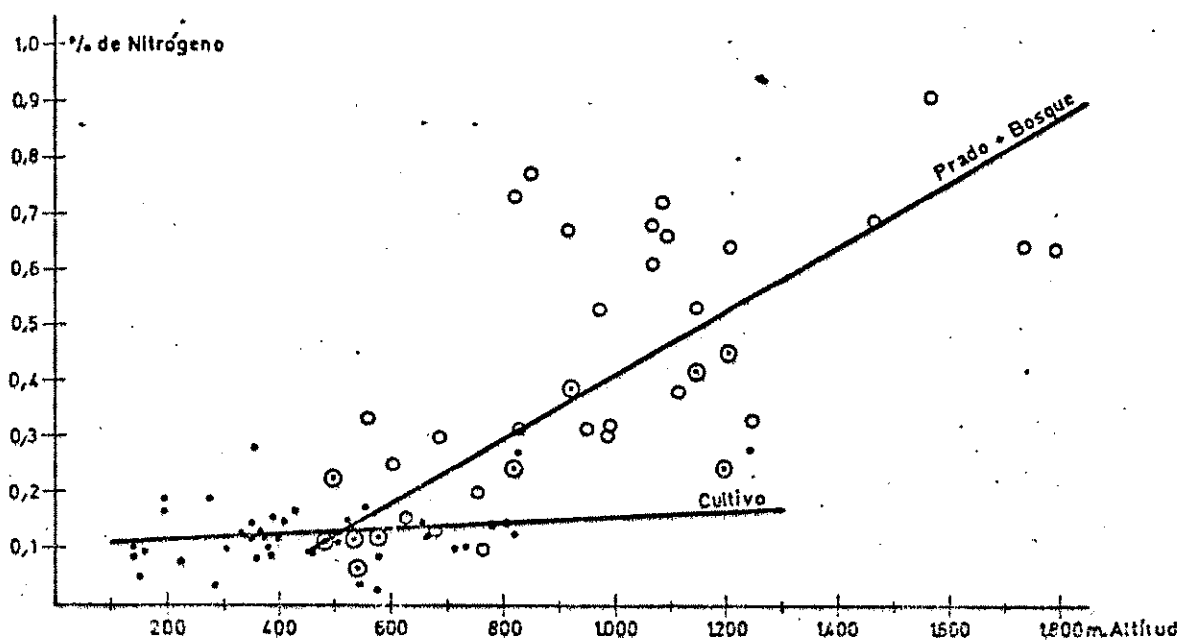


Fig. 5.- Contenido en nitrógeno de los suelos de terraza del Gállego y Cinca (capa de 0 - 7 cm.) en función de la altitud y la dedicación.

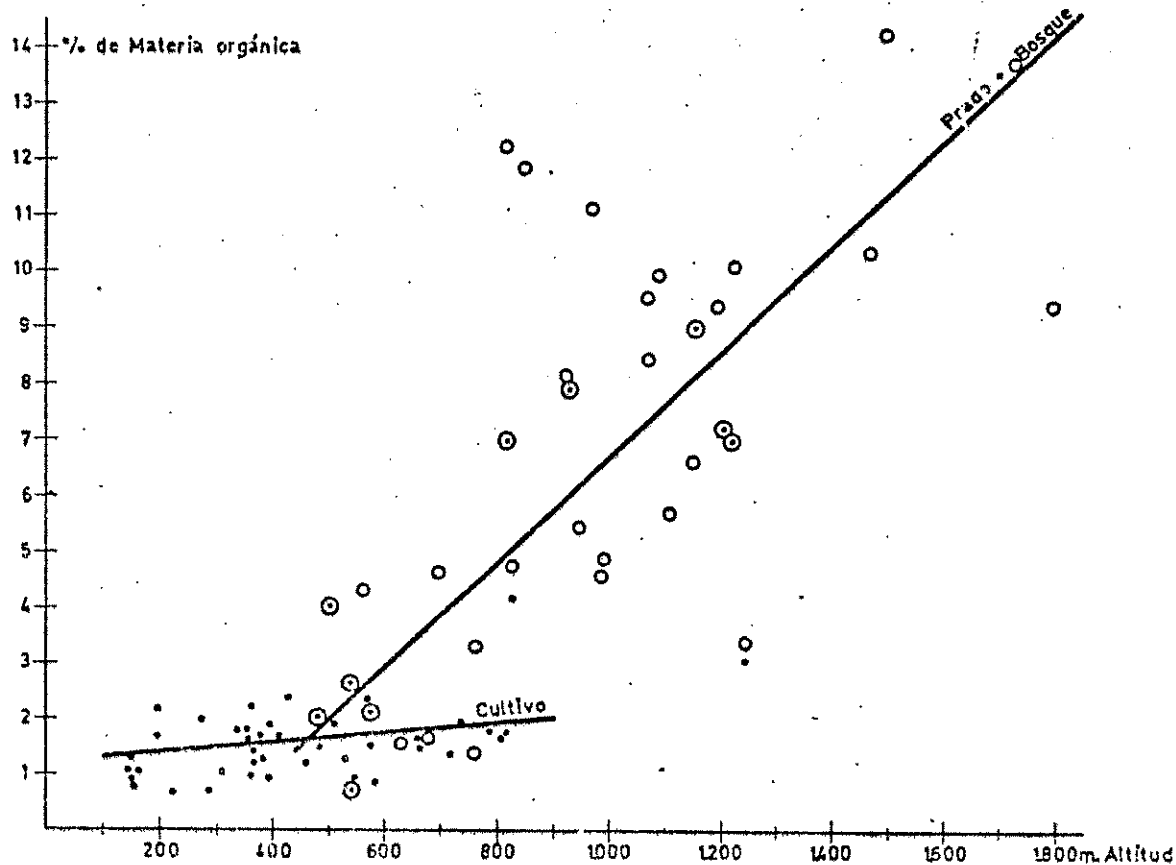


Fig. 6.- Contenido en materia orgánica de los suelos de terraza (capa de 0 - 7 cm.) del Gállego y Cinca en función de la altitud y de la dedicación.

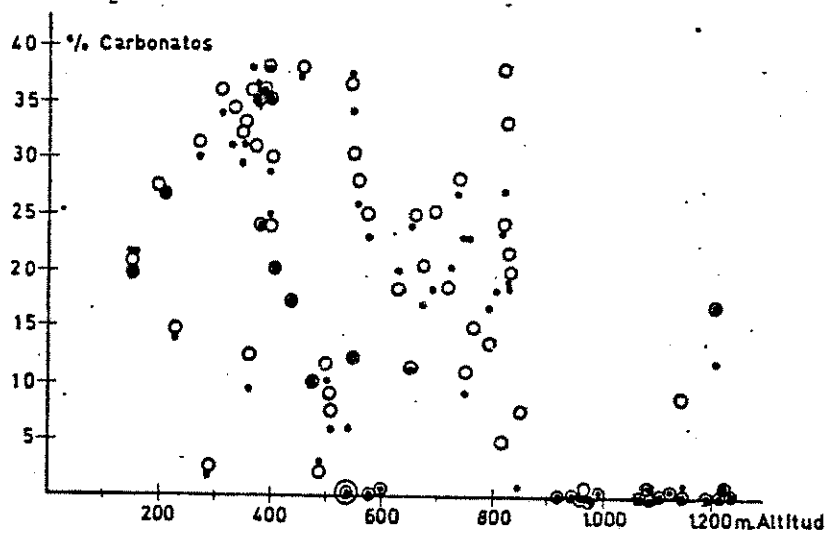


Fig. 8 .- Relación entre altitud y contenido en carbonatos de capas de 0 - 7 y 7 - 25 cm. de los suelos de terrazas del Gállego y Cinca.

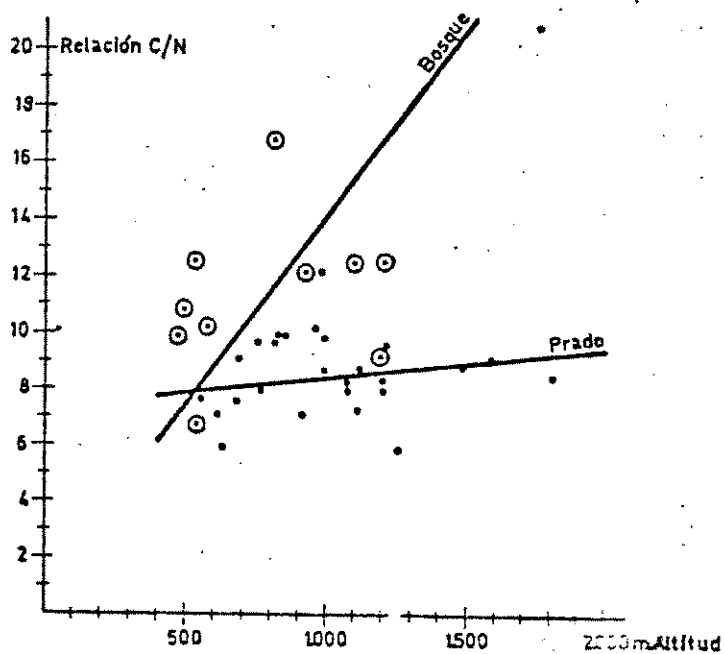
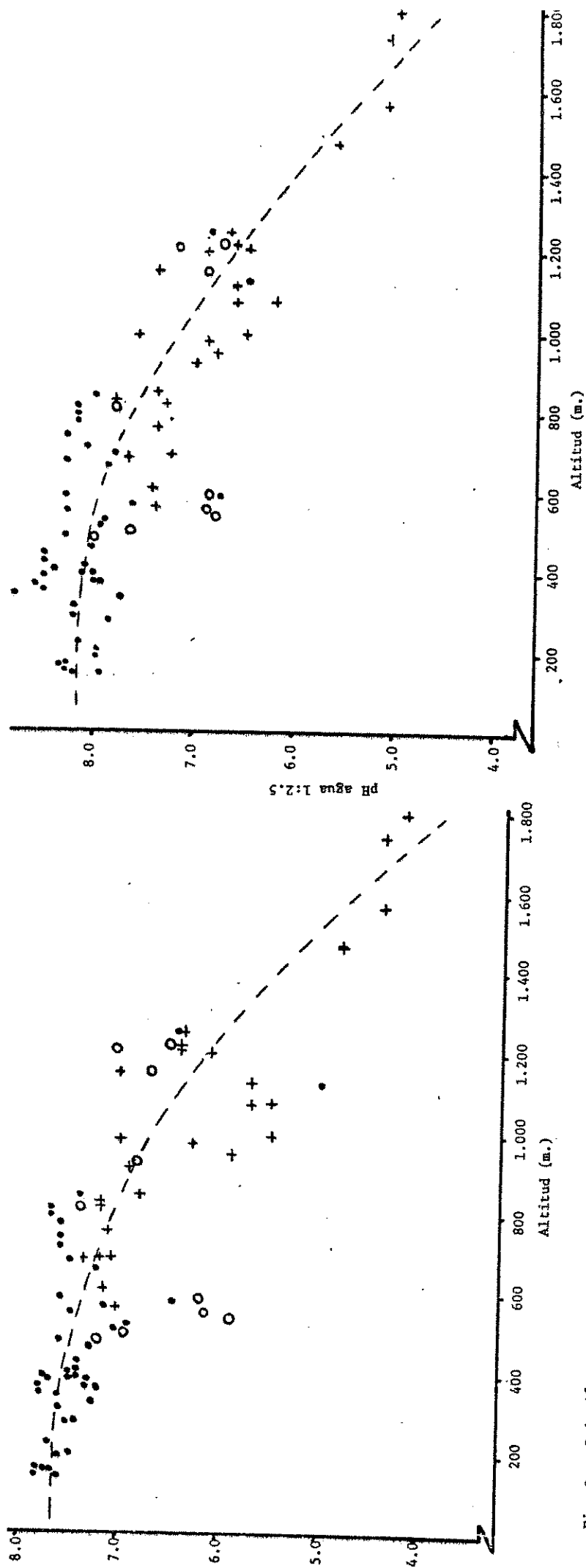


Fig. 7 .- Relación C/N de los suelos de terraza del Gállego y Cinca (capa de 0 - 7 cm) en función de la altitud en prados y bosques.



Cuadro nº 4 .- Suelos de cultivo de las terrazas del Gállego y Cinca. Relación entre color, altitud y nivel de Terraza.

A L T I T U D

	0 - 200	200 - 400	400 - 600	600 - 800	800 - 1.000	1.000 - 1.200	1.200
I	10 7/3 10 7/3	10 6/3 10 6/3	10 6/3 10 6/3	10 6/3 10 6/3 10 6/3 10 6/3 10 6/3 10 6/3 10 6/4 10 6/4 10 7/4 10 7/4	10 5/4 10 5/4 2.5 6/2 10 6/3	10 6/3 10 6/3	2.5 5/4 2.5 5/4
II	10 7/3 10 7/3 10 6/4 10 6/4	10 6/3 10 6/3 10 6/3 10 6/3 10 6/4 7.5 7/4 7.5 6/5 7.5 6/4	10 6/3 10 6/3 7.5 6/4 7.5 6/4 7.5 6/4 7.5 5/4 7.5 6/4 7.5 6/5 5 6/6 5 6/6 7.5 6/4 7.5 6/4 7.5 5/6 7.5 6/6 10 5/4 10 5/3		7.5 6/8 7.5 6/6		
III	10 6/4 10 6/4	10 7/3 10 7/3 2.5 6/2 2.5 6/2 7.5 6/4 7.5 6/4 2.5 6/2 2.5 6/2 10 6/4 10 6/4 7.5 7/4 7.5 7/4 7.5 6/4 7.5 6/4	10 5/4 10 5/4	10 6/4 10 6/4			
IV		7.5 5/4 7.5 6/4 7.5 6/4 7.5 6/4	10 6/3 10 6/3 7.5 6/4 7.5 6/4				
V		7.5 5/4 7.5 5/4 7.5 6/4 7.5 6/4					

Equivalencias: 2.5 = 2.5 Y; 10 = 10 YR; 7.5 = 7.5 YR; 5 = 5 YR

Las figuras 11 a 14 y 15 a 18 dan los ajustes entre rendimientos y profundidad para un conjunto de cosechas herbáceas, y las figuras 19, 20, 21 y 22 las relaciones entre crecimiento y rendimientos para una variedad de perales.

La frecuentemente escasa profundidad de suelo asociada a la pedregosidad y al clima extremado de la región dan lugar, con frecuencia, a la aparición de fenómenos de stress hídrico en las cosechas.

Un problema de estos, estudiado por nosotros, ha sido el de floración de otoño que observaron en una plantación pera de Aranjuez de las sometidas a estudio de comportamiento clonal por el Departamento de Pomología de esta Estación. En ella apareció floración en distinto grado en los árboles y se pensó que podía estar causada por problemas de suelo. Puesto que en muchos casos la floración de otoño se asocia a defoliación, se pensó que en nuestro caso la razón fundamental podría estar en la economía del agua.

En las condiciones de la parcela las razones de desigualdades en la retención de agua podrían ser:

- a) Desigual reparto como consecuencia de mala nivelación.
- b) mala y/o excesiva permeabilidad de suelo coincidiendo con las áreas de floración octubre.
- c) Baja capacidad de almacenamiento en algunas zonas por diferencias texturales fuertes, pedregosidad, etc.
- d) Id. por poca profundidad del suelo.

Estudiados estos aspectos quedó demostrado finalmente que la causa fundamental era la diferente capacidad de retención de agua condicionada por la poca profundidad de suelo.

Esta asociación entre áreas con niveles altos de floración-octubre y baja profundidad de suelo y baja capacidad de retención de agua aparece clara en las figuras 23.a y b.

Para todos estos suelos, el estudio de las relaciones agua-suelo es fundamental si se quieren llevar a un óptimo de productividad. Por ello hemos profundizado en el estudio de las relaciones entre puntos de equilibrio agua-suelo y determinadas variables que las condicionan.

Las ecuaciones que ligan estas variables, pueden utilizarse para obtener los valores de capacidad de campo y punto de marchitez con la garantía que señalan los altos niveles de coeficiente de correlación obtenidos. (Cuadro 5).

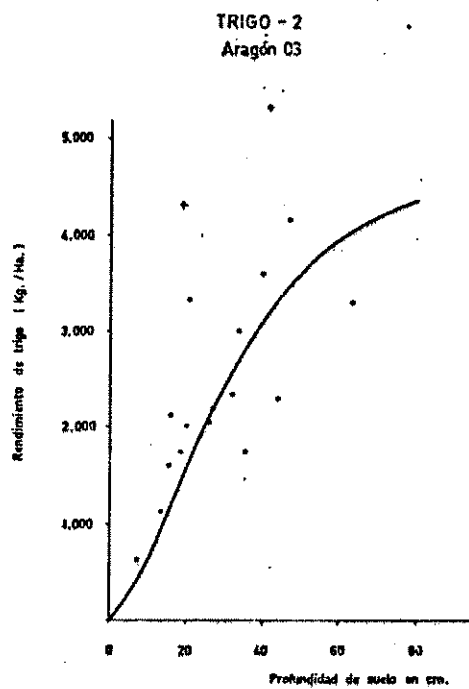


Fig. 11.-

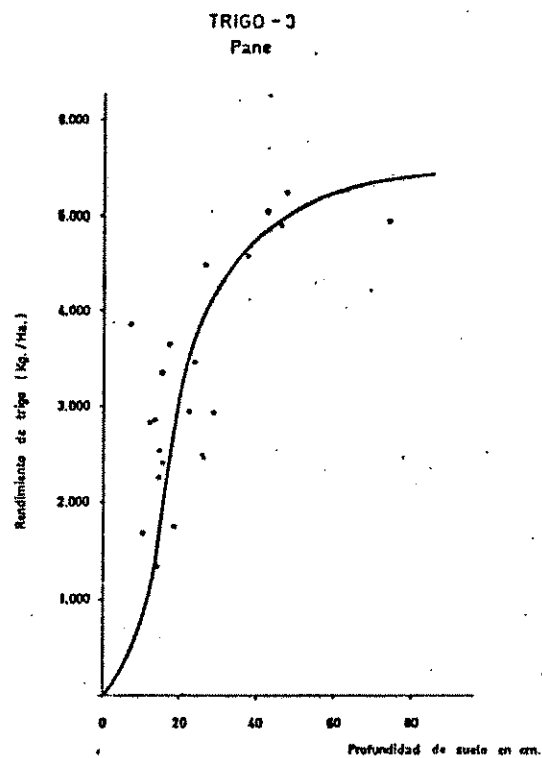


Fig. 12.-

MAIZ GRANO - 1970

- Ensayo M-2
- Ensayo M-3

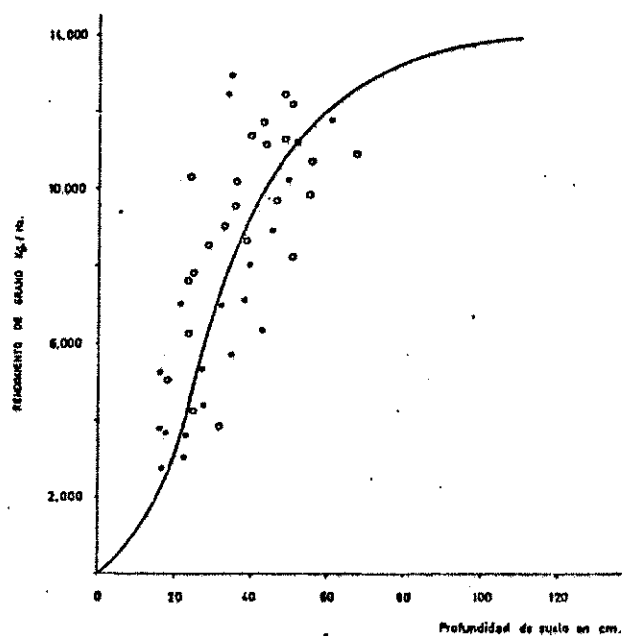


Fig. 13.-

MAIZ GRANO - 1971

- Ensayo M-4
- Ensayo M-5

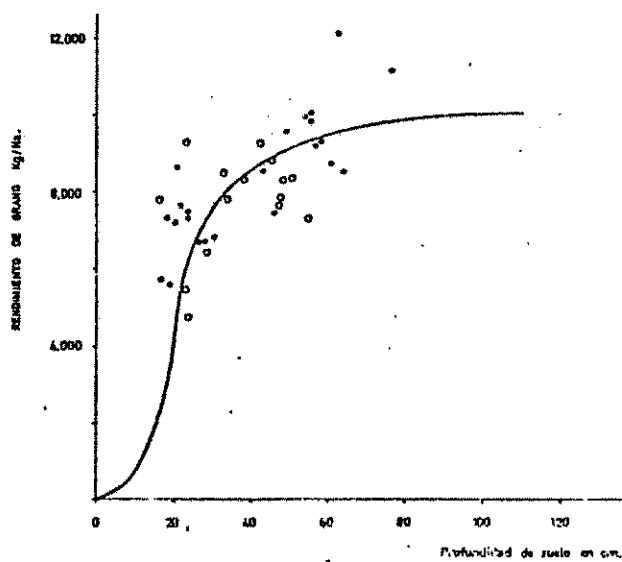


Fig. 14.-

Rendimiento de alfalfa verde en Kg./Ha.

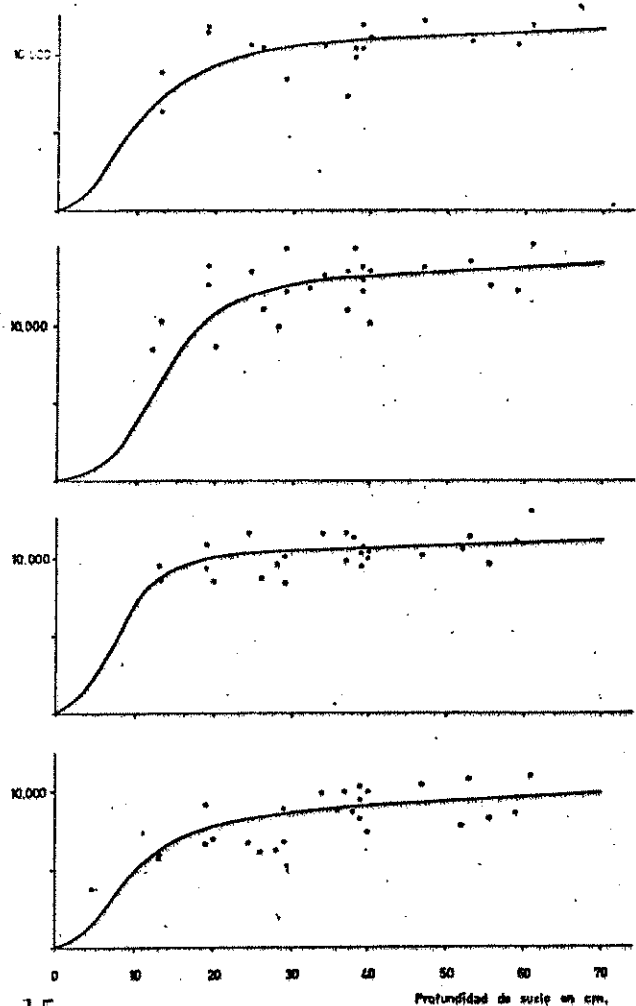


Fig. 15.-

ALFALFA VERDE
A-1-1970 - 25 -

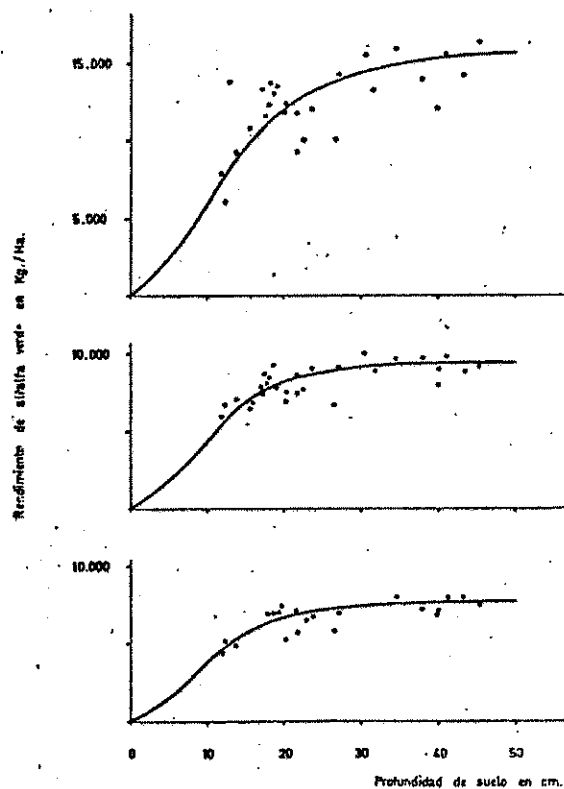


Fig. 16.-

REMOLACHA -3

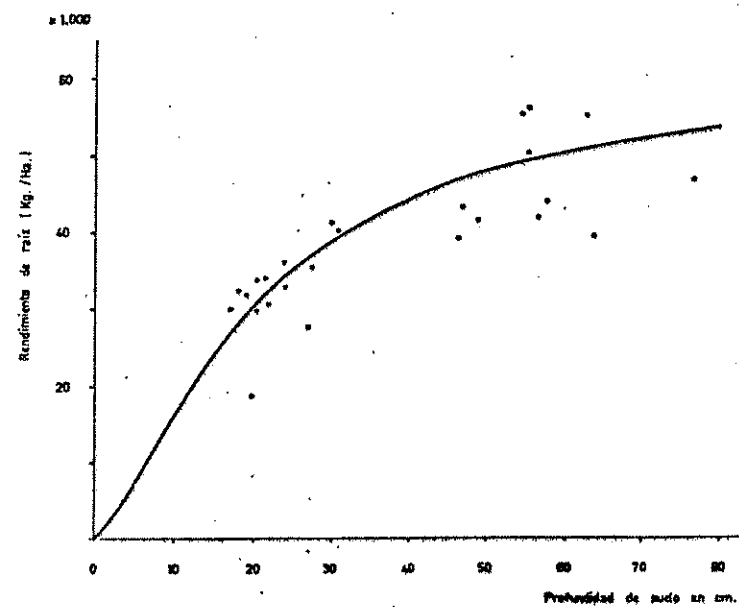
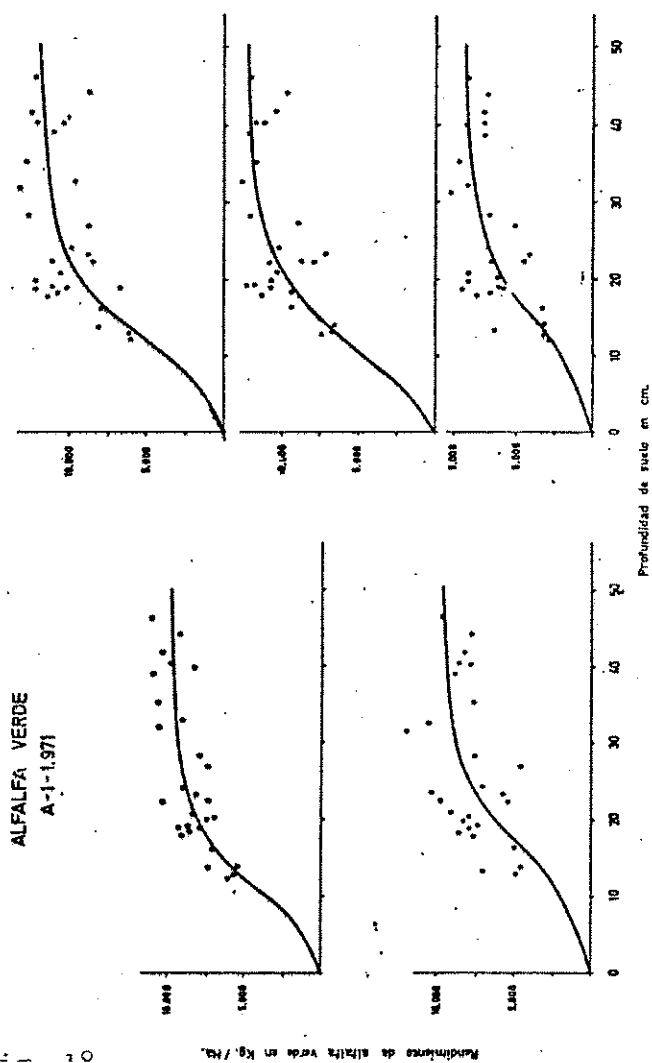


Fig. 17.-



ALFALFA VERDE
A-1-1971

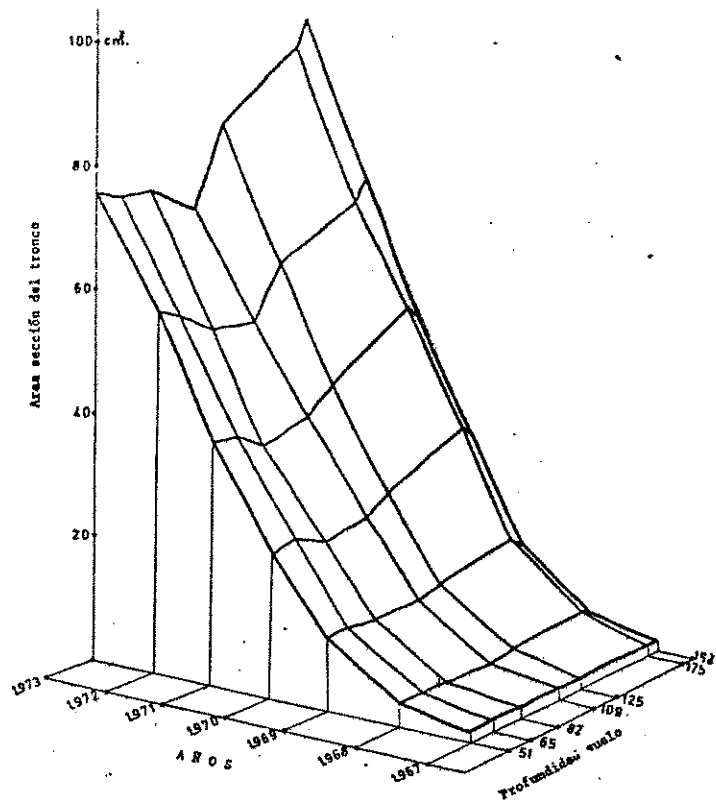


Fig. 19.- Relación entre profundidad de suelo (cm.), Área de la sección del tronco (cm²) y edad de los árboles.

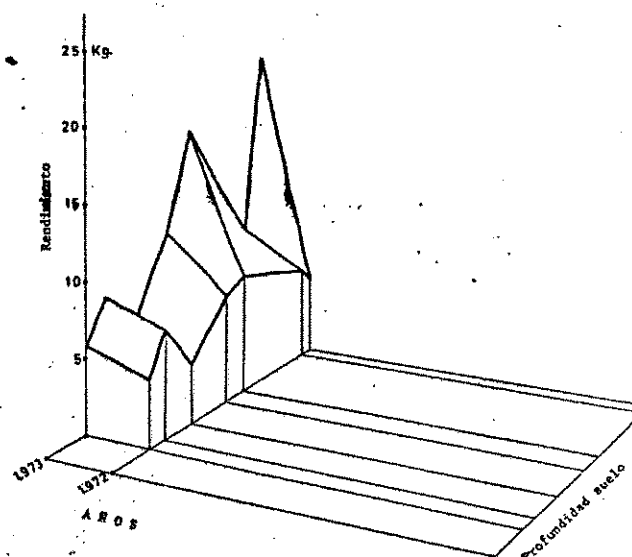


Fig. 20.- Relación entre profundidad de suelo, rendimiento de pe:ar en Kg./árb y edad de los mismos.

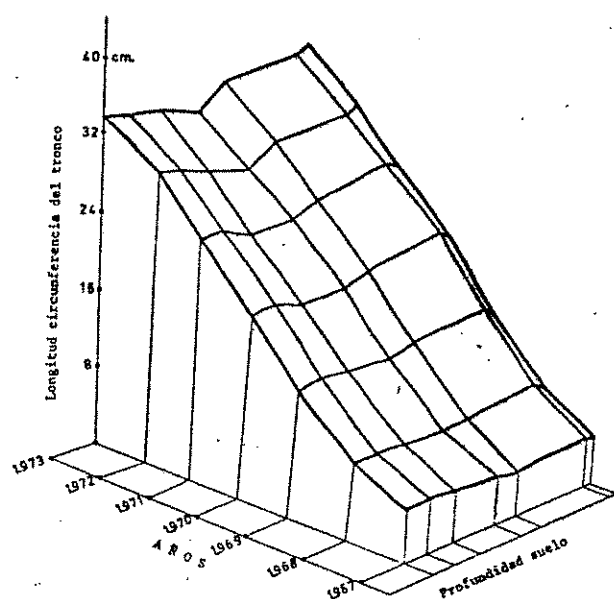


Fig. 21.- Relación entre profundidad de suelo (cm.), longitud de la circunferencia del tron (cm.) y edad de los árboles.

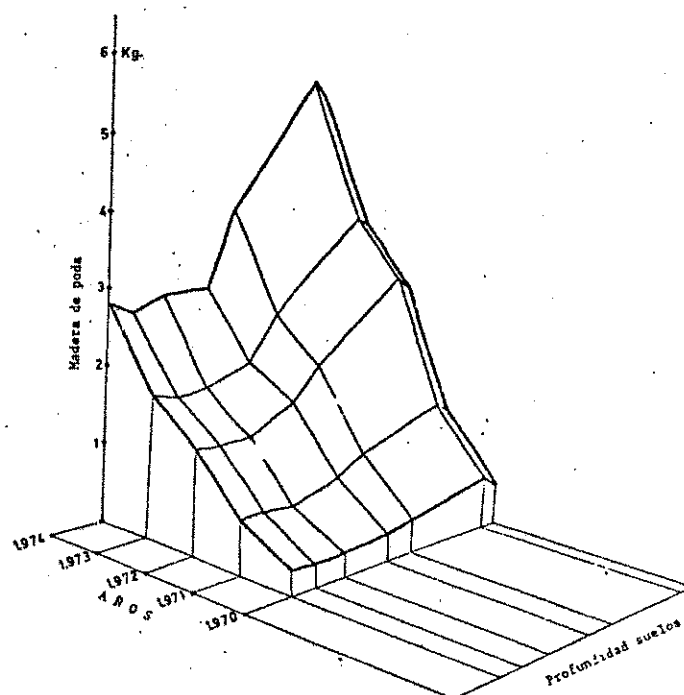


Fig. 22.- Relación entre profundidad de suelo (cm.), madera de poda (Kg.) y edad de los árboles.

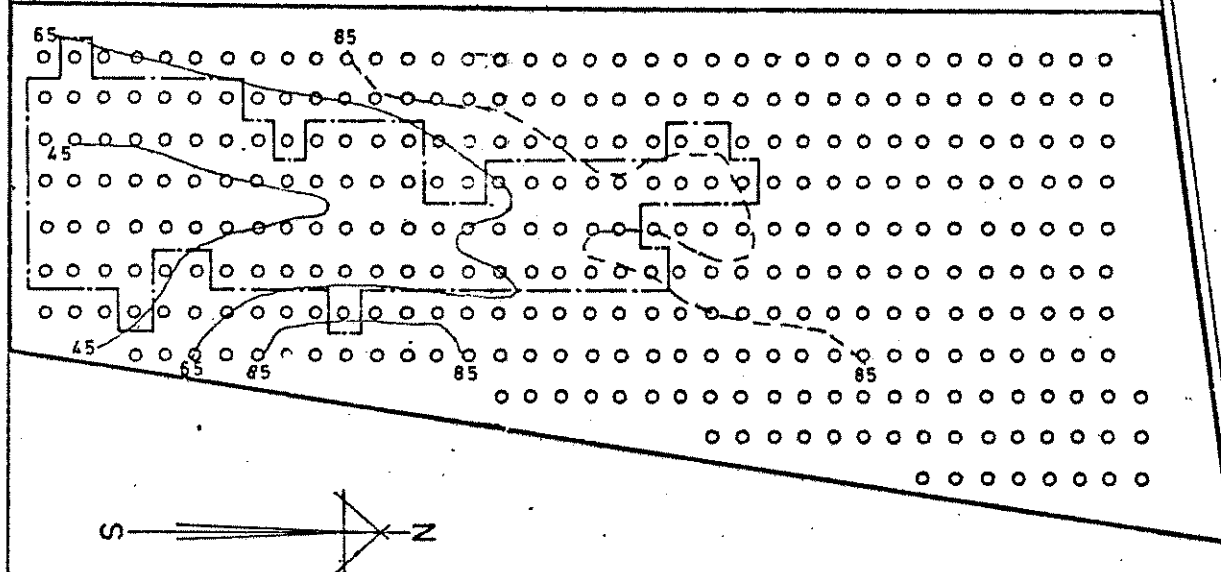


Fig.23-a.- Relación entre profundidad de suelo en cm. y árboles afectados por floración-octubre.

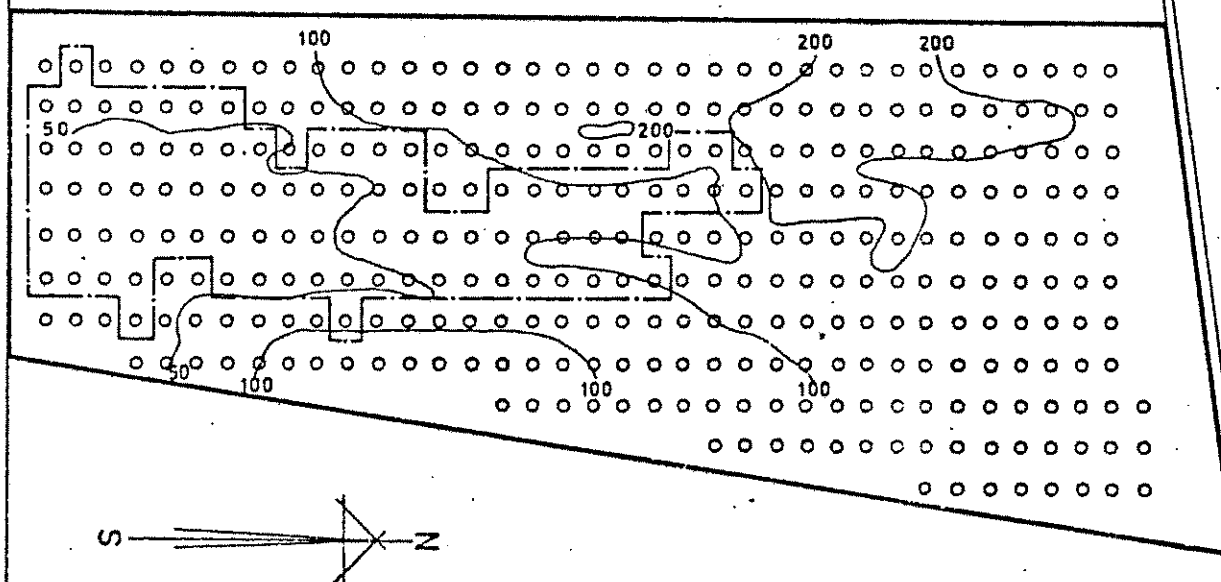


Fig.23-b.- Relación entre agua retenida por el suelo expresada en litros por m^2 . y árboles afectados por floración-octubre.

Cuadro nº 5 .- Coeficientes de correlación simples, múltiples y ecuaciones que ligan las diversas variables consideradas.

r	1	2	3	4	5	6
1		0.794	0.557	0.496	0.194	0.791
2			0.552	0.049	0.071	0.621
3				0.195	0.113	0.514
4					0.110	0.530
5						0.182
6						

X_1 = Punto de marchitamiento (gr. o ml. de agua por 100 gr. suelo seco a 105°)

X_2 = % de arcilla ($< 2\mu$) en la fracción mineral referida a suelo seco a 105°

X_3 = % de limo (2-50 μ) en la fracción mineral referida a suelo seco a 105°

X_4 = % de materia orgánica referida a suelo seco al aire.

X_5 = % de carbonatos referido a suelo seco al aire.

X_6 = Capacidad de campo (gr. o ml. de agua por 100 gr. de suelo seco a 105°)

$$r_{12} \dots\dots\dots = 0.794$$

$$R_1 (23) \dots\dots\dots = 0.806$$

$$(234) \dots\dots\dots = 0.918$$

$$(2345) \dots\dots\dots = 0.922$$

$$r_{62} \dots\dots\dots = 0.621$$

$$R_6 (23) \dots\dots\dots = 0.654$$

$$(234) \dots\dots\dots = 0.804$$

$$(2345) \dots\dots\dots + \dots + \dots = 0.808$$

$$X_1 = 1.618 + 0.271 X_2$$

$$X_1 = 1.052 + 0.254 X_2 + 0.028 X_3$$

$$X_1 = - 1.971 + 0.223 X_2 + 0.067 X_3 + 1.650 X_4$$

$$X_1 = - 2.289 + 0.217 X_2 + 0.073 X_3 + 1.606 X_4 + 0.015 X_5$$

$$X_6 = 9.209 + 0.505 X_2$$

$$X_6 = 10.478 + 0.544 X_2 + 0.063 X_3$$

$$X_6 = 2.099 + 0.458 X_2 + 0.045 X_3 + 4.575 X_4$$

$$X_6 = 1.300 + 0.445 X_2 + 0.059 X_3 + 4.463 X_4 + 0.037 X_5$$

Ahora bien, dada la abundancia de costra y su caracter de material poroso, se pensó que podría retener una cierta cantidad de agua que habría que incluir en los cálculos.

La cantidad de agua que retiene la costra se ha estudiado en relación con la que retiene la tierra fina. La figura 24 muestra esta relación de la que se puede concluir que como valor medio el material grueso (fracción mayor de 2 mm.) retiene como promedio 1/3 del agua que retiene la fracción fina a igualdad de peso.

Por otro lado, en estos suelos, es difícil la determinación de la densidad aparente (otro de los parámetros que necesitamos para pasar los datos de laboratorio a condiciones de campo) por los métodos convencionales del terrón o del cilindro, por lo que habría que recurrir al método del hoyo.

Disponiendo de los datos de un conjunto de hoyos en los que se ha determinado el porcentaje de peso de material fino y grueso y de sus medidas de volumen, hemos obtenido la figura 25 en la que se puede estimar, la densidad de la fracción fina en función del % de fracción gruesa para la que se asigna una densidad media constante de 2.08 (valor obtenido a partir de numerosas determinaciones).

Con estos datos se puede entonces calcular los m³ de agua retenidos por una superficie de terreno aplicando la siguiente fórmula:

$$m^3 \text{ de agua} = \frac{A \cdot B (100 + 2C)}{300 D}$$

en la que:

A = Agua retenida, en ml, por 100 gr. de tierra fina en el punto de equilibrio que deseamos, medida directamente o calculada por las ecuaciones propuestas.

B = Volumen del suelo en m³ (espesor del horizonte o del total del perfil multiplicando por la superficie considerada).

C = Porcentaje de fracción fina seca a 105° en peso.

D = Volumen ocupado por 100 gr. de suelo total (fracción gruesa y fina) calculada teniendo en cuenta que la densidad aparente de la fracción gruesa vale 2.08 gr./ml. y la de la fracción fina se deduce de la gráfica . El valor D lo calcularemos así:

$$D = \frac{\% \text{ de piedras en peso}}{2.08} + \frac{\% \text{ tierra fina peso}}{\text{densidad aparente deducida de la gráfica}}$$

La poca profundidad de estos suelos junto con la alta permeabilidad de los mismos condicionan el método más adecuado de riego, la frecuencia

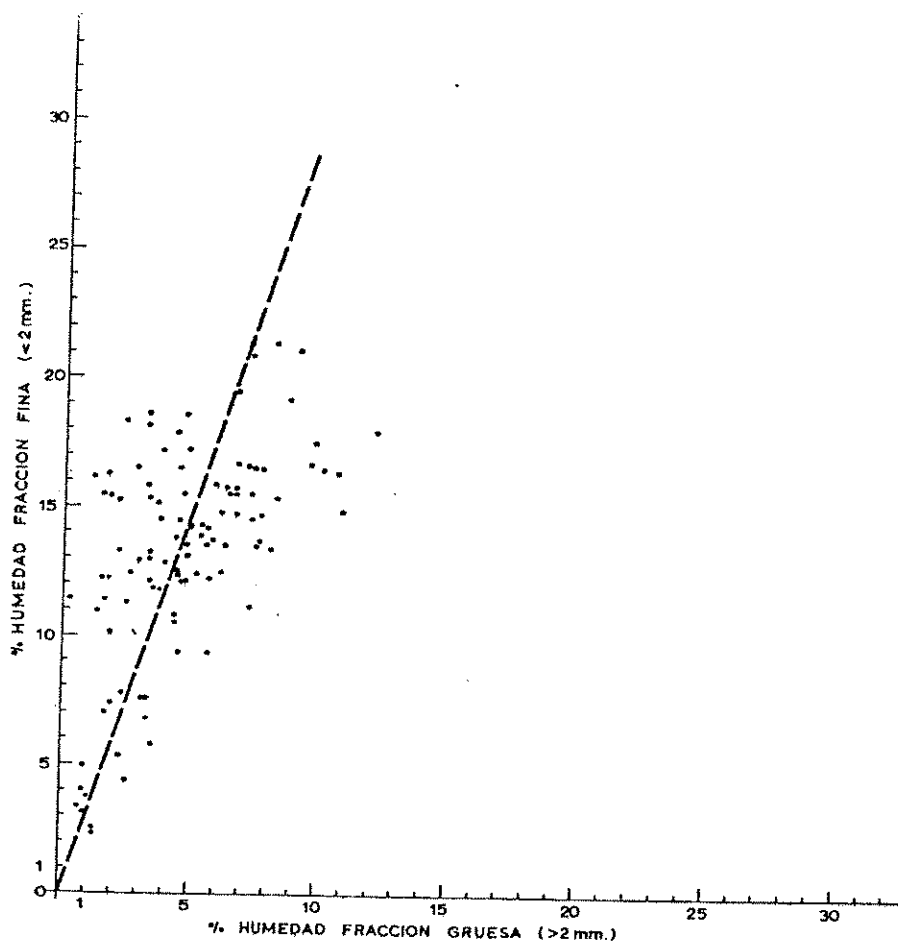


Fig. 24 Porcentaje de humedad de fracción fina (<2 mm.) y gruesa para muestras tomadas en el campo y humedecidas o desecadas en el laboratorio.

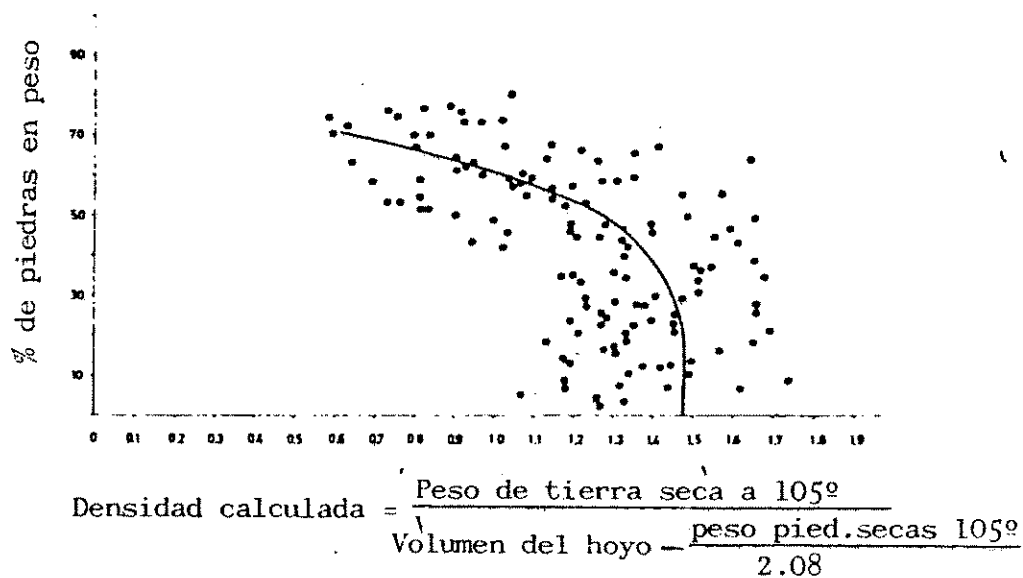


Fig. 25.- Relación entre porcentaje de la fracción y densidad aparente de la fracción fina.

de los mismos y la larga duración de la estación de riego ya que no cabe esperar que en otoño e invierno acumulen agua para los comienzos de la estación vegetativa.

También como consecuencia de su poca profundidad, las cantidades de agua a aplicar para satisfacer las necesidades de las plantas son mayores que para los suelos profundos, debido a las mayores pérdidas por evaporación y percolación, lo que habrá de tenerse en cuenta en los módulos de riego de las obras de ingeniería.

SUELOS SALINOS Y ALCALINOS DE LA DEPRESION MEDIA DEL EBRO

A - Extensión

B - Causas de la salinidad

B.1. Geología

B.2. Climatología

B.3. Geomorfología

Lagunas. Zona Bujaraloz-Sástago

Vales

Asas de meandros

Depresiones entre paleocanales

B.4. Acción antrópica

Agua de riego

Prácticas de riego viciadas

Riego de suelos salinos o potencialmente salinos

Obras hidráulicas

Otras obras de ingeniería

Gangas de minas de sal

Procesos industriales

C - Iones dominantes y parámetros derivados

Diagramas triangulares

SAR - ESP

Efecto del yeso en el lavado de estos suelos

Toxicidad por B y Li

D - Suelos sódico alcalinos

Origen

Variabilidad

E - Caracteres agronómicos

Relación salinidad - rendimientos

F - Consideraciones finales

Impacto de los efluentes salinos sobre el Ebro y afluentes.

Necesidad de un balance hídrico-salino de la Cuenca.

SUELOS SALINOS Y ALCALINOS

EXTENSION

Dentro del contexto de la clasificación de suelos de la Región, hemos realizado recientemente la cartografía de los suelos salinos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Lérida (escala 1: 400.000). La gravedad del problema se deduce del hecho de que unas 160.000 has están afectadas por sales. Ahora bien, la superficie real rebasa sin duda la cifra señalada, puesto que áreas que para su caracterización definitiva requerían un trabajo más profundo, quedaron sin incluir entre las superficies sumadas. Además, la escala a la que se trabajó impidió la inclusión de áreas de salinidad pequeñas por su extensión, pero importantes en número. Por otra parte, las provincias de Logroño, Navarra y Teruel no están incluidas en la cartografía realizada. Por ello podemos estimar que en la Depresión Media del Ebro más de 200.000 has están afectadas por sales.

Los suelos salinos y alcalinos representan, dentro de los estudios edafológicos, un capítulo independiente por los problemas específicos que contemplan, lo que ha condicionado que en distintos países se hayan constituido grupos de trabajo centrados, casi con exclusividad en su estudio.

Son suelos muchas veces con una elevada potencialidad productiva y su puesta a pleno rendimiento representa un desafío a la ciencia y a la tecnología actuales. En Aragón, donde muchas superficies han sido puestas en regadío con cuantiosas inversiones, el desafío es más patente.

CAUSAS DE LA SALINIDAD EN LA D.M.E.

La salinidad en la Depresión Media del Ebro presenta aspectos distintos de los de zonas tales como el Delta del Ebro o las Marismas del Guadalquivir; allí las razones de la salinidad son claras y lo importante son las leyes que condicionan los niveles de sales alcanzados (presencia de capa freática, distancia al mar, etc.). En ambas situaciones, por otra parte también la composición iónica de las sales es semejante.

En la Depresión Media del Ebro, la preocupación fundamental es aclarar el origen de las sales -para a partir de allí plantear su lavado- y en segundo lugar determinar la naturaleza de sus iones para adecuar las técnicas de eliminación a su composición dado que los suelos varían entre los que dominan los sulfatos hasta aquellos en que lo hacen los carbonatos o en los que hay niveles tóxicos de microelementos como boro o presencia de litio.

Las razones (de esta diversidad) del origen y composición son muy variadas y van desde las geológicas a las antrópicas.

GEOLOGIA

El Valle del río Ebro, excepto en sus tramos inicial y final, se ha excavado en materiales sedimentarios terciarios que tendieron a colmar una cubeta de tipo tectónico, cuya génesis está íntimamente ligada a la formación del Sistema Ibérico y de los Pirineos.

Estos sedimentos, inicialmente marinos, dan paso a facies continentales, a través de la sedimentación de materiales evaporíticos, fundamentalmente en Navarra (Plamplona) y Cataluña (Cardona), y también localizados en Undues-Pintano (Zaragoza) e Isin (Huesca). El paso de las facies marinas a continentales no fué coetánea para toda la Depresión del Ebro, y vino acompañado, debido al levantamiento del Pirineo, por un continuo desplazamiento hacia el S del eje de la Depresión y hacia su actual emplazamiento. Así en Navarra, hasta el Eoceno Superior, los materiales sedimentarios parecen haber sido aportados desde el Sur. A partir de este momento el surco sedimentario se desplaza y la sedimentación continúa mediante aportes bilaterales hasta su cese a finales del Mioceno.

El levantamiento de las cadenas Costero Catalanas durante el Oligoceno bloqueó el drenaje de la cuenca. La sedimentación miocénica se desarrolla, bajo un clima cálido y seco, en régimen lacustre, en un paisaje similar al de los chotts y sebjas norteafricanas. La litología presenta facies típicas de estas condiciones. En el borde de la cuenca se depositaron facies detríticas, conglomerados y areniscas. El centro queda ocupado por sedimentos de precipitación química, evaporitas como los yesos de los alrededores de Zaragoza y la halita de Remolinos o calizas como las que coronan las muelas de Zaragoza y Borja y la plataforma de Bujaraloz.

En un momento determinado, el Ebro encontró su desagüe hacia el Mediterráneo, a través de las sierras costeras. A partir de ese instante se acentuó la erosión de los materiales terciarios. La red hidrográfica comienza a ampliarse a costa de las áreas endorreicas y empiezan a diferenciarse las formas de relieve, proceso que continuado durante el Cuaternario ha dado lugar al relieve que apreciamos actualmente: Plataformas estructurales, glacis, terrazas, valles, depresiones marginales...

En resumen la litología de los materiales terciarios así como el endorreísmo y las condiciones climáticas de este (cálido que pasó a continental y finalmente a árido estepario), juntamente con la subhorizontalidad de los estratos, han condicionado el hecho de que las sales, liberadas

en la meteorización de las rocas, no hayan sido eliminadas de la cubeta, permaneciendo en los sedimentos. Tampoco el cuaternario, con oscilaciones climáticas continentales más o menos áridas, han favorecido la eliminación de sales de la capa superior de los sedimentos.

Por ello en estudios de salinidad en áreas de la Depresión del Ebro hay que contar con la presencia probable de sales en el substrato geológico, a veces en cantidades importantes, por lo que es impensable su total lavado. Deben de ser tenidas en cuenta para no movilizarlas con aguas de riego, etc., y de este modo evitar que contaminen suelos y aguas superficiales y subterráneas.

Sobre el contenido en sales solubles de los diversos estratos del terciario del Ebro los únicos trabajos existentes son los de la Dra. Asunción Pinilla y el Dr. José Quirantes a los que hemos de agradecer la metodología y un conjunto de datos y lamentar que no hayan hecho un par de miles de análisis más para ahorrarnos el trabajo que vemos nos va a resultar imprescindible hacer.

EFFECTO DE LA CLIMATOLOGIA SOBRE LA ACUMULACIÓN DE SALES

Que los climas áridos y semiáridos son los adecuados para la acumulación de sales es un criterio universalmente reconocido.

Los suelos salinos en el S de Australia están localizados en zonas con pluviometría inferior a 420 mm. y en la explicación del mapa de suelos salinos de la URSS también se indica como estas áreas quedan dentro de áreas con pluviometría inferior a 400 mm.

La razón fundamental de esta asociación reside en que si bien en clima árido o semiárido los minerales y las rocas producen sales por meteorización, la pluviometría es incapaz de eliminarlas ni a través del perfil ni a través de cauces superficiales ya que como consecuencia del régimen climático aparece un cierto caracter endorréico.

El Valle del Ebro ofrece una variación climática notable y el centro de la Depresión ofrece clima semiárido a árido; en ella las áreas salinas cartografiadas y las localizadas como tales, fig. 26, quedan incluidas en la isoyeta de 500 mm. A partir de esta pluviometría, los procesos de desalinización tienden a aumentar especialmente en suelos ligeros o con buen drenaje y desaparecen las áreas salinas. Además los datos disponibles hasta el momento permiten matizar más esta conclusión indicando que en régimen de secano los suelos identificados como salinos quedan en gran mayoría encerrados dentro de la isoyeta de 400 mm. mientras que entre la de 400 y 500 los suelos salinos cartografiados pertenecen casi en su totalidad a régimen de regadío. (Fig. 27).

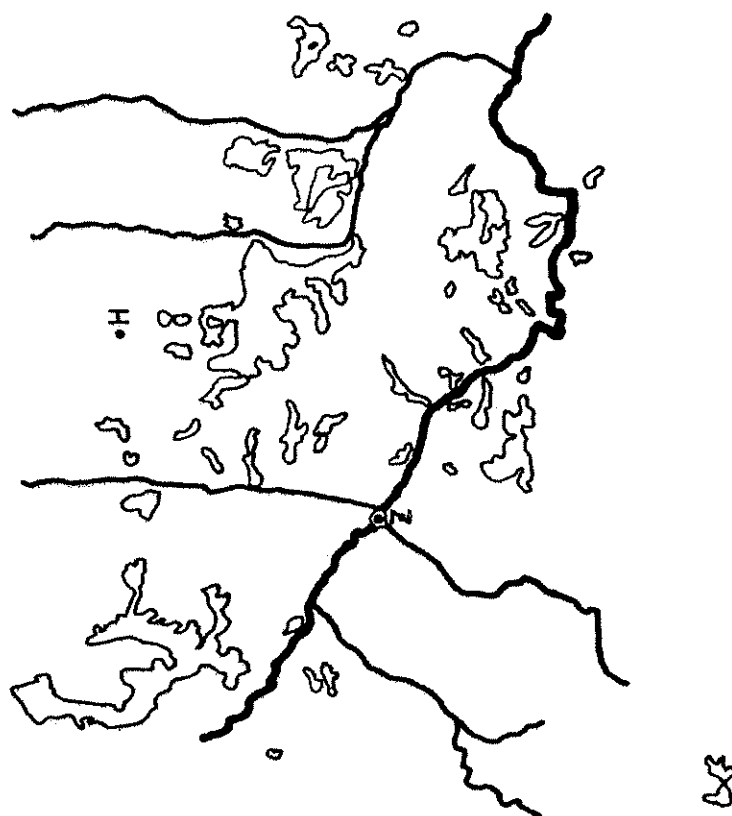


Fig.26 .- Areas salinas cartografiadas en las provincias de Huesca y Zaragoza.
Escala aproximada 1 : 1.500.000

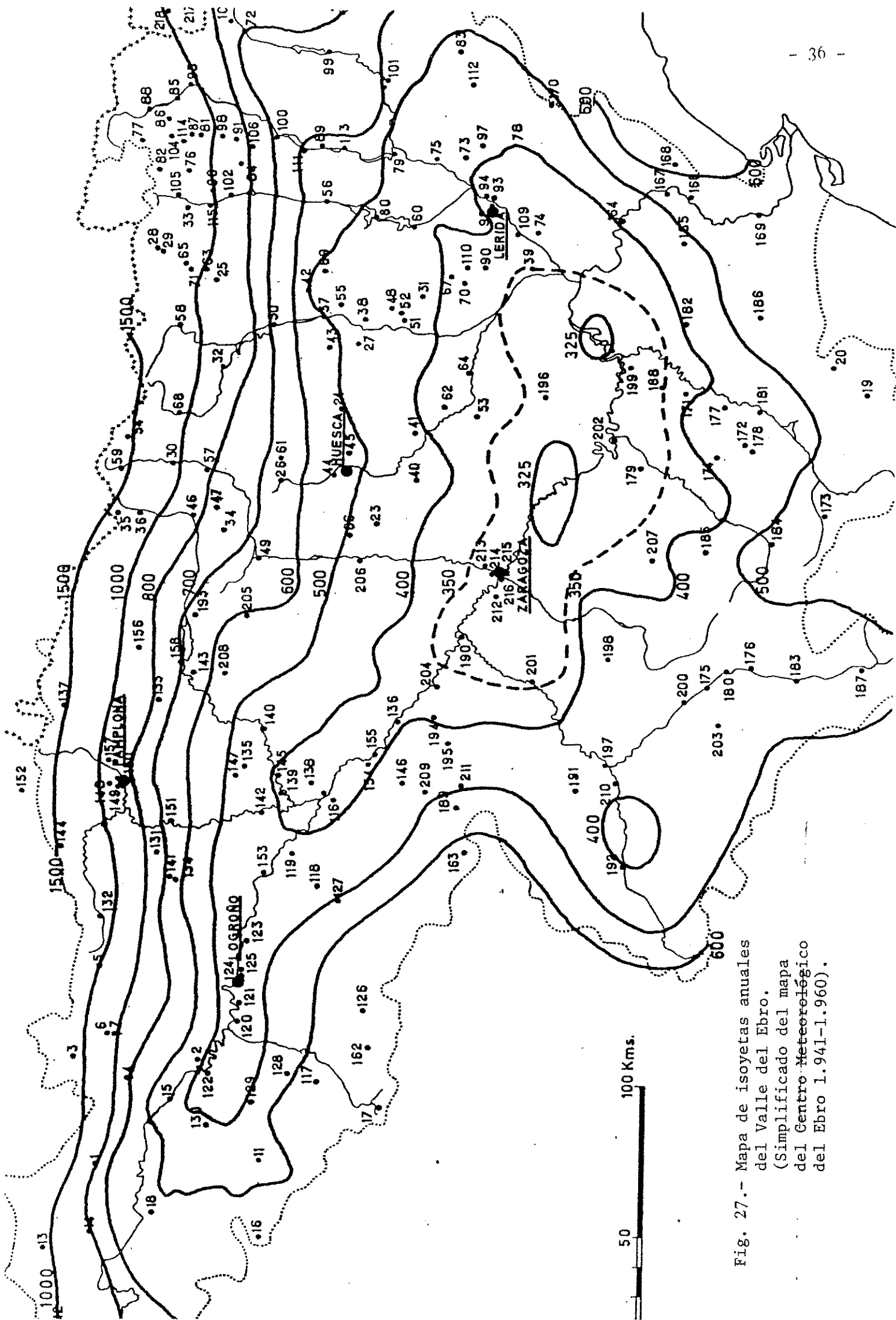


Fig. 27.- Mapa de isoyetas anuales del Valle del Ebro. (Simplificado del mapa del Centro Meteorológico del Ebro 1.941-1.960).

En cuanto a la comparación con los regímenes de humedad y temperatura del suelo, las áreas de régimen de humedad Arido, determinadas de acuerdo con los criterios de Newhall, coinciden con un gran porcentaje de áreas salinas; otra parte de ellas -casi siempre en regadío- se extienden por áreas de régimen de humedad Xérico, especialmente en el Dry xeric según los nuevos criterios de clasificación de regímenes de humedad del suelo. Fig. 28.

Es evidente que en lo referente a regimenes de temperatura del suelo, las áreas salinas coinciden con las áreas clasificadas como Thermic. Fig. 29.

La importancia relativa, en las condiciones de la Depresión, de los dos factores fundamentales en la acumulación de sales, la geología y la climatología resulta difícil de valorar adecuadamente puesto que ambos coinciden estrechamente como se pone de manifiesto al comparar los mapas geológico y climático.

Los demás factores que a continuación trataremos provocan fundamentalmente la redistribución de estas sales hasta comunicar a los suelos los caracteres y propiedades de salinos y/o alcalinos.

GEOMORFOLOGIA

El clima y la litología condicionan la presencia de sales, a veces en cantidades importantes en el centro de la D.M.E., pudiendo considerarlas como causas mayores de la salinidad.

A partir de ahora veremos los factores que redistribuyen las sales, a nivel microgeográfico y cuales son los mecanismos utilizados. En nuestras condiciones de aridez, podemos decir que las sales se mueven, dentro de la Depresión, casi en un circuito cerrado. El Ebro es su único exportador planteando problemas que trataremos más adelante.

Las sales migran fundamentalmente con el agua. Por ello, en las condiciones de la región las zonas, que por razones topográficas tienen acumulaciones permanentes o estacionales de agua presentan la posibilidad de una acumulación simultánea de sales.

Lagunas

Muchas de las lagunas, charcas, balsas o estancas así denominadas en la Depresión, algunas claras manifestaciones de endorreísmo de la misma, reciben nombres tan expresivos como La Salada, Balsa del Agua Salada, Salina de la Muerte, Salada Grande. Como estas en que el nombre ya lo indica hay otras lagunas permanentes o semipermanentes que contienen sales y de las cuales algunas hemos analizado buscando en ellas la acumulación de elementos tóxicos.

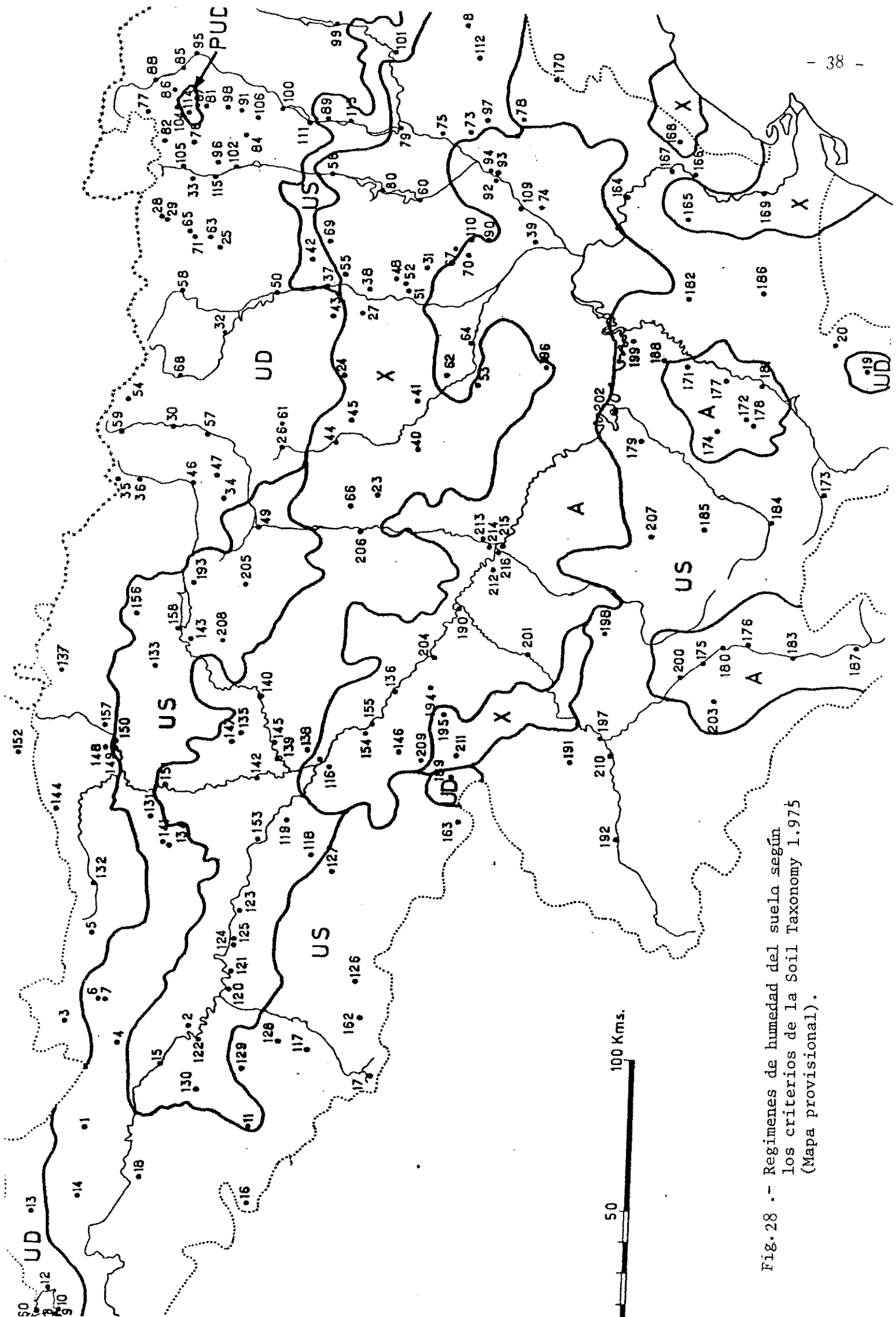


Fig.28 .- Regímenes de humedad del suelo según los criterios de la Soil Taxonomy 1.975 (Mapa provisional).

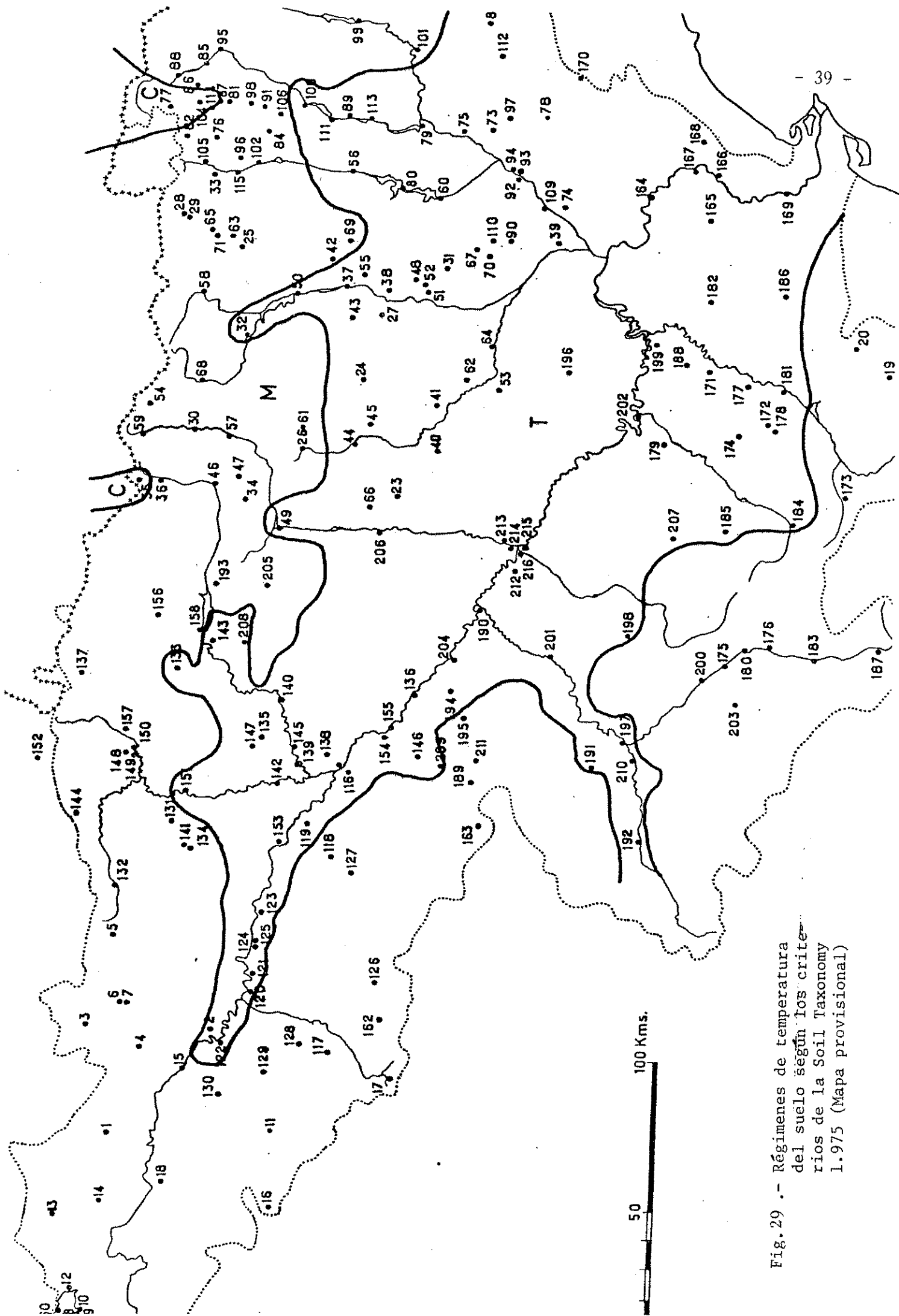


Fig. 29 .- Régimenes de temperatura del suelo según los criterios de la Soil Taxonomy 1.975 (Mapa provisional)

No obstante falta un estudio sistemático de ellas. Como manifestaciones del endorreísmo de la Depresión han sido estudiadas por Dantin Cereceda Quirantes e Ibañez.

Muchas de estas depresiones presentan simultáneamente una capa freática salina y en estos casos la participación en la salinización de la capa freática o del efecto del relieve es difícil de separar. Tal puede ser el caso de la zona Bujaraloz-Sástago.

Esta zona de secano presenta un ejemplo de interacción geomorfología-capas freáticas como causa determinante de la salinidad de una parte de sus suelos, en condiciones geológicas y climáticas favorables.

El área cuya geología ha sido estudiada por el Dr. Quirantes está incluida en un suave sinclinal, reconocido por los ligeros buzamientos de las calizas del N de Monegros hacia el sur y de las de Gelsa-Sástago hacia el N. En el eje del sinclinal es donde aparecen frecuentemente las pequeñas depresiones de fondo plano que enmarcan las áreas de suelos salinos.

Litológicamente esta plantaforma está coronada por un nivel de calizas denominadas nivel QU por Quirantes. Estas están diaclasadas según dos líneas principales, una de dirección NNW-SSE y otra de dirección NE-SW. Debajo del nivel QU aparecen bancos de yesos alternando con calizas y margas.

La escorrentía superficial, que en áreas cercanas de yesos masivos (ver sector Oeste del esquema geomorfológico) ha dado lugar a la diferenciación de una tupida red de vales, no ha logrado diferenciar una red de drenaje clara sobre esta superficie. Por el contrario las aguas se han infiltrado preferentemente por las diaclasas, disuelto los yesos infrayacentes y provocado la formación de dolinas enmarcadas por abruptos. El agua, en este proceso, disuelve yeso y otras sales más solubles presentes también en los estratos.

El resultado es la existencia de una capa freática compartimentada y enriquecida en sales que es explotada en pozos, fundamentalmente para suministro de agua para ganado ovino.

Estamos, en resumen, ante una superficie que no debemos considerar como endorreica sino más bien como arreica al no existir en ningún momento circulación superficial de agua por cauces definidos, con una serie de cubetas ovals (alrededor de un centenar), términos iniciales de evolución kárstica de valles en periodos húmedos. Los sucesivos cambios climáticos del cuaternario no han logrado diferenciar una red de drenaje para toda el área. Con el clima actual la karstificación está detenida.

Estas depresiones se presentan rellenas parcialmente de materiales se
dimentarios, no actuales, que parecen corresponder a períodos más lluvio-
sos que los arrastraron del borde de la plataforma circundante. El bandea
do que se presenta en el perfil III puede ser indicador de esta época más
húmeda.

Evidentemente ha habido más de un ciclo de relleno-vaciado de estas
cubetas. El viento parece el principal agente de vaciado. M^a J. Ibañez
señala que incluso ha podido contribuir a la formación de estas depresio
nes actuando sobre la red de diaclasas.

Los suelos desarrollados sobre estos sedimentos presentan caracterís-
ticas salinas definidas que diferencian las áreas deprimidas de las que se
encuentran sobre la plataforma estructural que las rodea.

La salinización es de tipo secundario y se ha producido a partir de un
triple mecanismo.

a) Acumulación, por escorrentía superficial, de las sales solubles de
de cuenca de recepción, generalmente pequeña y que en muchas de las cube-
tas se limita a su abrupto circundante y a la zona de playa cuando la hay.
Los extratos geológicos de la plataforma contienen, en ocasiones, niveles
de sal relativamente altos cerca de la superficie. La conductividad del
Extracto de Saturación de los horizontes Ap y II C del perfil 2 son un ejem
plo claro. Hecho que se repite en otros puntos muestreados de la plantafor
ma.

b) Redistribución de sales por el viento que arrastra agregados de cris
tales de sal formados por evaporación de las aguas, partículas de las ca-
pas superiores del suelo, que contienen concentraciones altas de sal, y
en general partículas de suelo y yeso.

El balance de esta redistribución será positivo en las lagunas que
permanezcan encharcadas durante mayores períodos. Estas actuarán de capta-
doras de partículas de forma análoga a lo que se observa que hacen en pri-
mavera con los granos de polen.

c) A partir de la capa freática salina, por ascenso desde la misma, en
función de la evapotranspiración.

El ascenso de las sales está ligado a la profundidad a la que encuen-
tra la capa freática (que pueden presentar fuertes oscilaciones a lo largo
del año), a su concentración salina, a la permeabilidad de horizontes del
suelos y extratos geológicos y a las condiciones climáticas de la zona.

Por la estructura subhorizontal de los estratos miocenos la red de diclases que ha puesto de manifiesto Quirantes, y la escasez actual de precipitación, es de esperar que la capa freática no sea única sino compartimentada y por ello variable en composición y en concentración salina. Por ello la hemos seguido, a través de los pozos abiertos por el hombre, en dos aspectos: composición química y fluctuación a lo largo del año. (Fig. 30).

La figura 31 da el diagrama de Piper para estas aguas en otoño y el histograma de la fig. 32 da la distribución de concentraciones salinas.

La capa freática fluctúa a lo largo del año en función de la recarga (por precipitaciones), de los efluentes líquidos hacia el Ebro y por evapotranspiración. En algunas depresiones esta capa freática aflora originando lagunas semipermanentes, que se desecan en verano. La oscilación anual en los pozos es de unos pocos decímetros.

Tres de los perfiles que presentamos tienen capa freática a diferentes profundidades y distinto nivel de salinidad.

El perfil salino de los puntos I y IV es acorde con la profundidad y nivel de salinidad de la capa freática. El III por el contrario presenta un perfil salino anormal que quizá esté relacionado con fuertes fluctuaciones de su capa freática y cuyo ascenso puede haber dado lugar a los períodos de encharcamiento invernal que se observa en los años más lluviosos.

Vales

Unidades geomorfológicas que tienen una circulación intermitente de agua son las vales, nombre que reciben en la región los barrancos de fondo plano que se han encajado en los materiales geológicos blandos. Esta circulación intermitente provoca la acumulación de sales especialmente en las pequeñas irregularidades del fondo de las mismas. Como en el caso de las lagunas también los nombres son suficientemente expresivos para algunos. Los siguientes pertenecen a las provincias de Zaragoza y Huesca:

Barranco Salado, Barranco de Valdeparadas, Barranco de Valcuerna, Barranco del Agua Salada, Barranco del Agua Salada, Barranco de Val de Moros, Barranco de San Jorge, Barranco de Aguasalada, Barranco del Bayo, Barranco de Juan Gastón, Barranco de San Gregorio, Barranco de Lopin, Valserenosa, Valsalada, Valsalada, Val de Valareña, Val del Valdespartera, Val de Osera, Val del Ahorcado, Val de Gelsa, Cabañera Real de Zaragoza, Valdompère, Valdecara, Val del Jardinero, Val de Forcas.

Cuando el sustrato es impermeable estas vales actúan como verdaderos cauces subterráneos en los que la capa freática frecuentemente aparece explotada por pozos para servicio de los animales pero que raramente es potable para uso humano. El ascenso capilar de las soluciones salinas coope_{ran} en la salinización de los fondos de las vales.



Fig. 30.- Esquema geomorfológico y situación de pozos muestreados.
Zona Bujaraloz-Sástago.

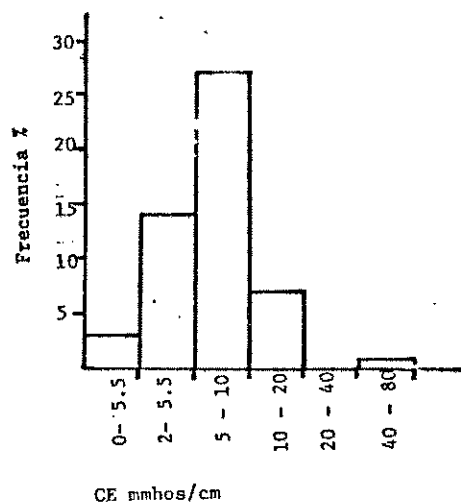


Fig. 32.- Distribución de frecuencia de CE de las muestras de agua de pozo de la zona Bujaraloz-Sástago. Otoño.

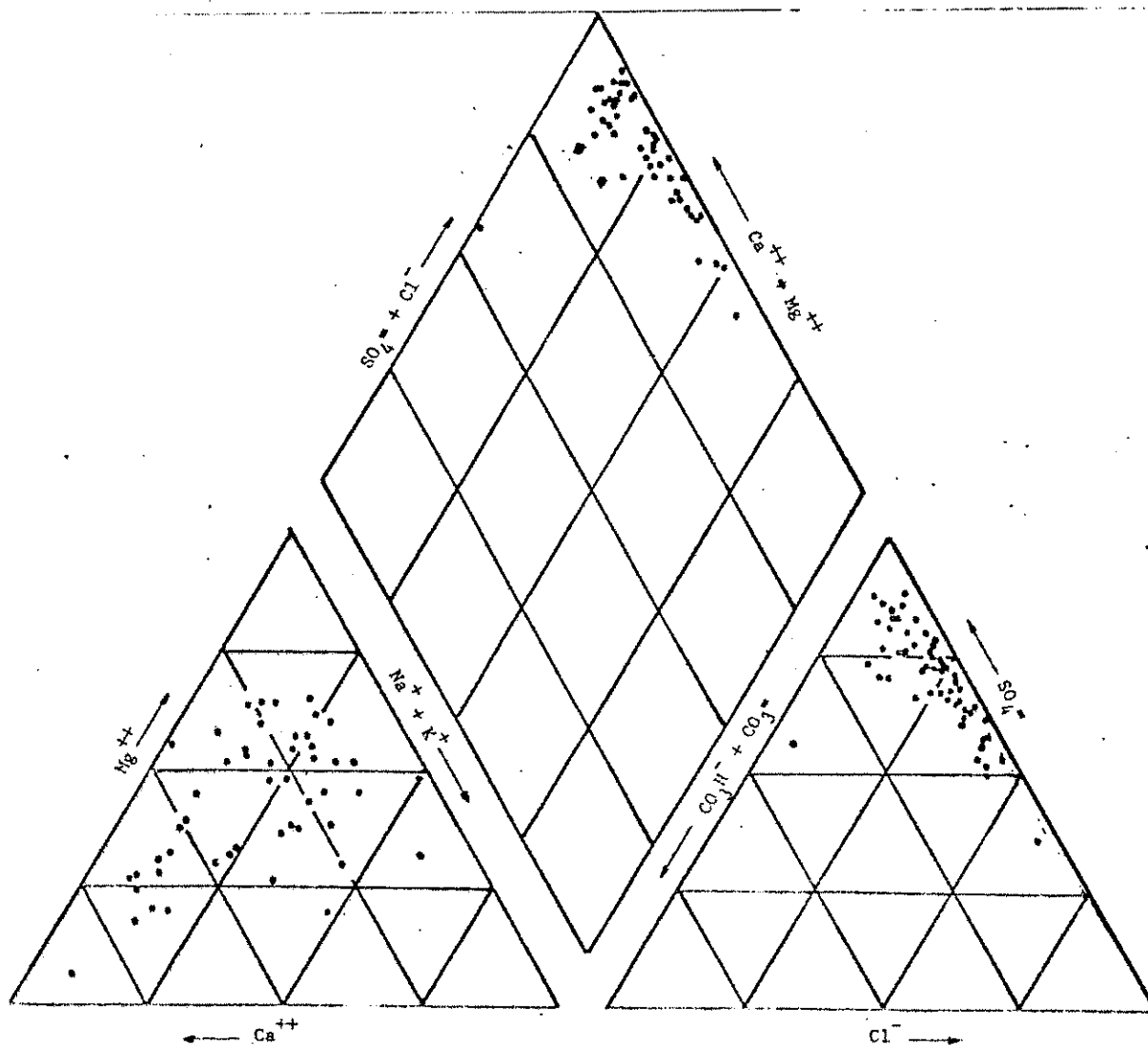


Fig. 31.- Diagrama de Piper de las aguas de pozo de la zona Bujaraloz-Sástago.

Asas de meandros abandonados

El río Ebro presenta hasta alcanzar Sástago un meandramiento muy intenso con abundancia de asas abandonadas. Sobre muchos de estos meandros abandonados, en las terrazas más bajas, se desarrollan suelos salinos cuyo proceso de salinización se asemeja al producido por capa freática. Siendo suelos aluviales con posibilidades de riego, la recuperación viene limitada por la imposibilidad de dar salida, por falta de cota, al agua de la capa que se mueve de acuerdo con las oscilaciones del nivel del río.

Depresiones entre paleocanales

Los sedimentos detríticos que han dado lugar a las areniscas de la zona de Caspe se depositaron en un régimen deltaico-lagunar; la erosión posterior ha puesto de manifiesto una tupida red de antiguos canales que resaltan actualmente sobre los materiales de relleno más blandos en un típico caso de inversión del relieve. El resultado es la formación de pequeñas depresiones limitadas, por esta tupida red de paleocanales en las que quizá ambos agentes, el viento y el agua han tomado parte en su vaciado. En ellas en algunos casos aparecen los suelos salinos con capas freáticas - confinadas profundas, también salinas.

ACCION ANTROPICA

El hombre en su deseo de optimizar en su propio provecho los recursos que la naturaleza le ofrece, aplica a esta, conceptos filosóficos de la era industrial y olvida que las situaciones de equilibrio en ella son tremendamente sensibles.

En este contexto se pueden incluir un conjunto de acciones por las que el hombre provoca la salinización de los suelos.

Agua de riego

En dos trabajos anteriores después de discutir las características de diversos criterios de calidad de aguas para riego los hemos aplicado a las aguas de la Depresión, estimando así las expectativas de riesgo de salinización de suelos normales si son regados con esas aguas: (Cuadros 6 y 7).

Cuadro nº 6.- Porcentajes de niveles de riesgo de salinidad, según RICHARDS (1.954), para aguas de riego de la Depresión del Ebro.

Indice de salinidad	M.O.P.C.A.		COFZA
	Marzo-Abril	Septiembre - Octubre	
Bajo riesgo de salinidad (C.E. 0,1 - 0,25)	9 %	10 %	3 %
Riesgo medio (C.E. entre 0,25 y 0,75)	61 %	29 %	25 %
Riesgo alto (C.E. entre 0,75 y 2,25)	29 %	61 %	61 %
Riesgo muy alto (C.E. >2,25 mmhos/cm/25°)	1 %	0 %	11 %

Cuadro nº 7.- Porcentaje de aguas de riego que pueden o no ocasionar problemas de salinización en la Depresión del Ebro según la clasificación de AYERS y WESTCOT (1.976).

	M.O.P.C.A.			COFZA
	Marzo-Abril	Agosto	Sept.-Oct.	
Aguas sin problemas	70 %	32 %	39 %	29 %
Aguas con problemas crecientes	30 %	68 %	61 %	69 %
Aguas con serios problemas	0 %	0 %	0 %	2 %

Allí se discuten también las "necesidades de lavado" (LR) específicas para cultivos de distinto grado de resistencia a la salinidad como alternativa para utilizar estas aguas sin problemas.

En cuanto a la estimación de riesgos de disminución de permeabilidad de los suelos—disminución que llevaría en la mayoría de los casos a una salinización—la aplicación de criterios a los datos de aguas existentes nos dan los siguientes porcentajes de niveles de riesgos.

Cuadro nº 8.— Porcentaje de aguas que por C.E. o por SAR pueden ocasionar problemas de permeabilidad en suelos "normales". AYERS y WESTCOTT (1.976).

	C.E.			SAR Ajustado		
	Sin problemas 0.5	Problemas crecientes 0.5	Problemas serios 0.2	Sin problemas 6.0	Problemas crecientes 6.0-9.0	Problemas serios 9.0
Marz.-Abr.	61	39	4	91	4	4
Sept.-Oct.	71	29	4	70	17	13

Todo lo cual parece indicar que aún sin la existencia de sales geológicas el riesgo de salinización de suelos "normales" puede ser importante en la Depresión como consecuencia de la calidad de las aguas de riego empleadas. Ahora bien el separar el efecto del agua de los otros factores puede ser una tarea en muchos casos imposibles.

Prácticas de riego viciadas

El empleo de cantidades excesivas de agua, en parte como necesidad y en parte por factores psicológicos producen salinización en las áreas más bajas como consecuencia del ascenso de la capa freática en ellas. Buenos ejemplos hay en la zona de las Cinco Villas y en cualquier área de riego.

Riego de suelos salinos o potencialmente salinos

Muchas áreas de suelos de estos tipos han sido regados con la esperanza de desalinizarlos por lavado, muchas veces sin establecimiento previo de una red de drenaje adecuada y sin adicción de enmendantes eficaces. Los resultados en algunas zonas casi se podrían calificar como catástrofes.

En este grupo se incluirían los suelos que en condiciones de secano habían logrado lavar las sales hasta capas profundas y que con las nivelaciones, a veces desmedidas, fueron puestas en superficie.

Pequeños defectos en la nivelación de terrenos con ligeros problemas de salinidad dan lugar a la acumulación de sales y presencia de rodales en las zonas más bajas.

Obras hidráulicas

En obras de ingeniería para acumulación y transporte de agua se producen filtraciones que en las condiciones de la región se transforman en manchas salinas. Si bien son de tamaño reducido y de importancia local - conviene señalarlas porque sobre ellas se toman decisiones considerando únicamente la humedad (plantaciones de chopos, etc.).

Hemos observado estas manchas salinas en pantanos y presas de tierra como en el embalse de la Sotonera, en el de San Bartolomé de Sádaba, presa de tierra de Altorricón, etc.

Los canales y acequias principales también producen estos efectos en situaciones puntuales (aunque poco frecuentes) porque en muchos casos es tan recubiertos de cemento y las filtraciones son raras. Las acequias de tierra existentes en la zona de la laguna del Planerón (Belchite), parecen ser la causa de la intensificación de la salinidad en los últimos años.

Cuando el vaso de reservorio de agua presenta superficies horizontales en cotas ligeramente por encima del nivel de agua, se produce salinización de estos suelos. Es el caso de la salinización producida por las presas de pequeña altura en cauces con amplio nivel de terraza baja por ejemplo en Pina, Gelsa y Velilla, etc., todas en el Ebro.

Otras obras de ingeniería

La Intercepción de barrancos o vales amplias por terraplenes para asiento de carreteras o vías de ferrocarril, aún con previsión de drenaje produce muy frecuentemente incremento en la salinidad en los suelos aguas arriba de la intercepción. Ejemplos de estas situaciones se encuentran en Esquedas (Hu) y proximidades de la estación Tamarite-Altorricón, etc.

Salinización por gangas de minas

En la zona de Remolinos hay unas pocas hectáreas cuya causa de salinización son los desechos de las explotaciones de sal que allí existen. Tienen un cierto interés por la especificidad en su composición.

Otros procesos industriales

En procesos industriales, en los que la calcinación es un aspecto importante, los humos emitidos arrastran cenizas con elevada proporción de sales solubles que pueden producir comienzos de salinización en áreas próximas a la factoria. En la Depresión Media del Ebro las centrales térmicas son un ejemplo de esta salinización.

IONES DOMINANTES, RELACIONES Y PARAMETROS DERIVADOS EN SUELOS DE LA DME

Tras la revisión de conjunto concerniente a las razones de la salinidad en la C.M.E., inmediatamente aparece la pregunta de cuales son los iones y cual es la distribución en todo el área. Cuales son las razones que condicionan las posibles diferencias.

Aparte de las razones puramente geoquímicas, hay razones nutricionales o de comportamiento físico-químico de los suelos que justifican la necesidad del conocimiento de los iones que forman las sales solubles.

En estos aspectos se diferencian los criterios de las dos escuelas más importantes sobre salinidad. Mientras en problemas nutricionales la escuela americana concede mucha importancia a la salinidad total expresada esta como C.E. del Extracto Saturado y solo recientemente ha comenzado a dar importancia a los iones, la escuela rusa concedió desde un principio más importancia a los iones individuales y basa sus niveles de toxicidad en los contenidos de estos.

En lo referente a la clasificación de los suelos, también en general se nota diversidad de criterios, la americana hace referencia fundamentalmente a los cationes -especialmente al sodio- mientras que la rusa propone clasificaciones de los suelos basadas en los aniones.

Para los elementos mayores los siguientes diagramas, fig. 33 y 34 muestran las distribuciones de iones para un conjunto de muestras de la Depresión que creemos representativas de ella.

La relación entre nivel de salinidad y SAR, un parámetro de trascendental importancia en el estudio de los suelos siguiendo los criterios americanos se da en la fig.

El SAR, parámetro derivado del contenido en cationes del extracto saturado (o del agua de riego) representa la "actividad relativa" del Na soluble en reacciones de intercambio con el suelo. Viene dado por la ecuación

$$SAR = \frac{Na^+}{V(Ca + Mg)/2}$$

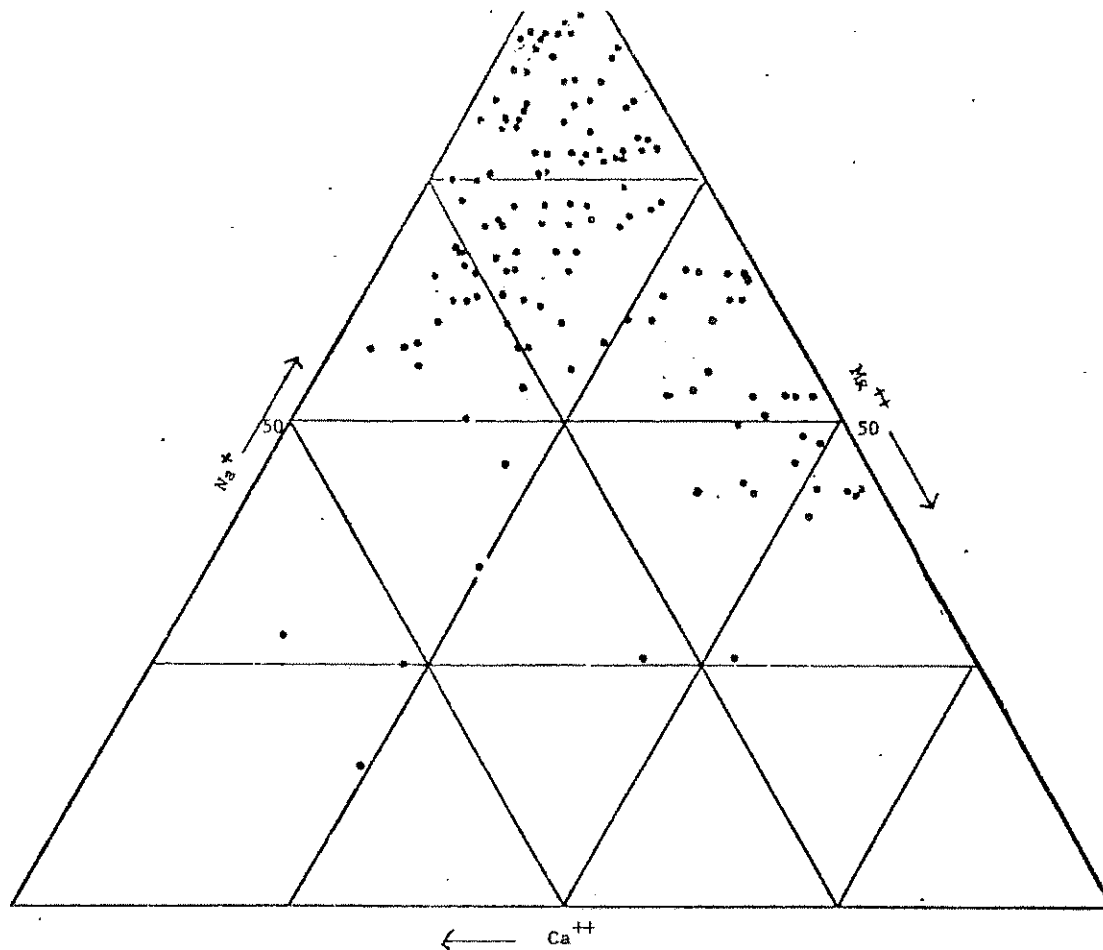


Fig. 33.- Diagramas triangulares de contenido en cationes en los Extractos Saturados de suelos salinos de la Depresión.

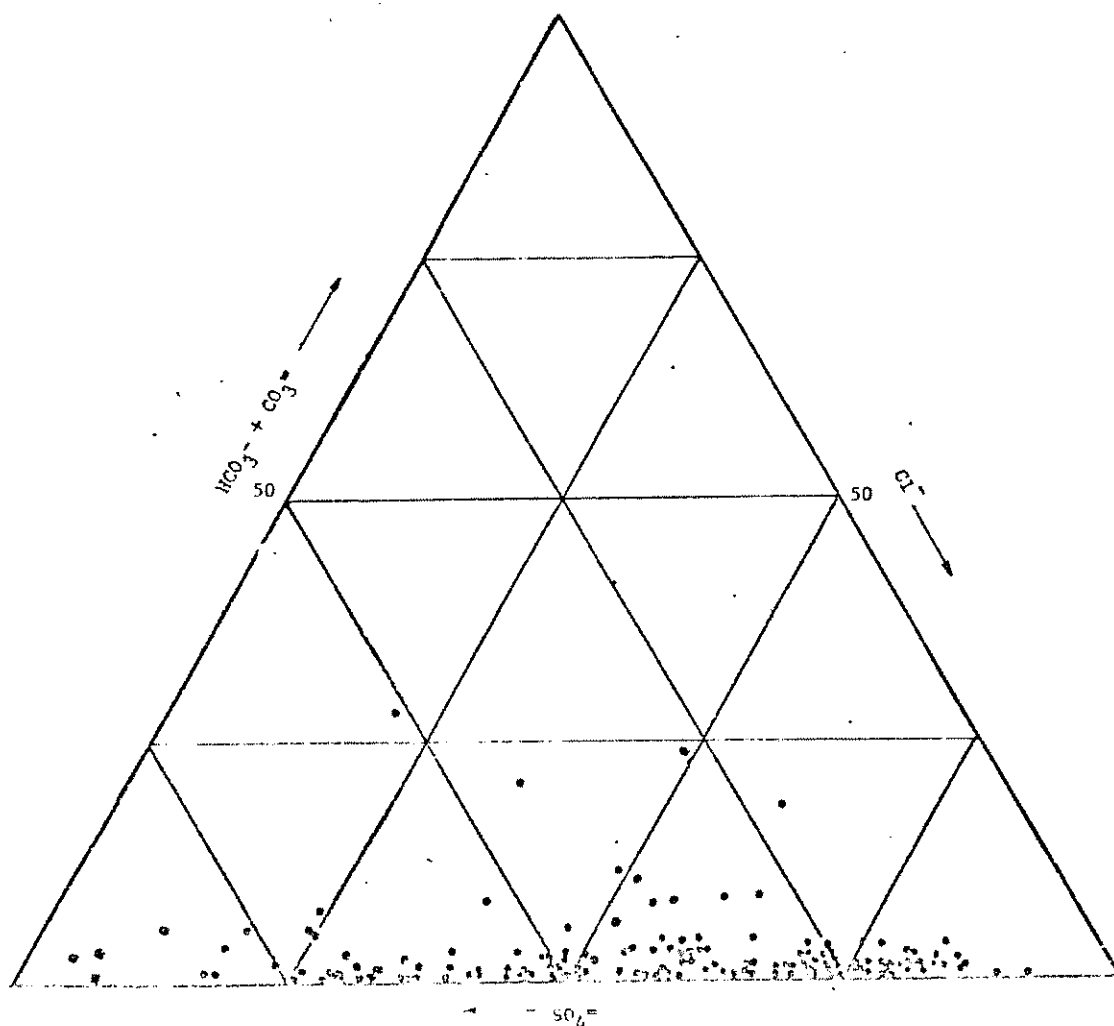


Fig. 34.- Diagrama triangular de contenido en aniones de los Extractos saturados de suelos salinos de la Depresión.

A nivel práctico el SAR de la solución del suelo está relacionado en la sodificación del mismo y en consecuencia con la pérdida de propiedades físicas favorables para el laboreo y cultivo.

La relación, más empírica que química, entre el SAR y el ESP un parámetro directamente ligado a la predicción de las propiedades físicas del suelo y utilizado en la clasificación de los mismos viene dada por la expresión:

$$ESP = \frac{100 (- 0.0126 + 0.01475 SAR)}{1 + (- 0.0126 + 0.01475 SAR)}$$

para lo cual $ESP \approx SAR$ en valores por debajo de 30.

El aumento del SAR con la C.E. que se aprecia en la fig.35 era de esperar, pues si se trata de una misma solución, aumentos de concentración producen aumento de SAR puramente matemáticos (el SAR aumenta con la raíz cuadrada del factor de concentración), pero también por razones químicas ya que algunas sales de cationes divalentes son menos solubles que las de los monovalentes por lo que tenderan a precipitar al aumentar la concentración de la solución, la cual se enriquecerá proporcionalmente en sodio y el SAR aumentará al aumentar el valor del numerador y disminuir el denominador.

Un factor de importancia en la región es la presencia de yeso, muchas veces simultánea a altos valores de SAR. Su presencia es beneficiosa porque hace disminuir los riesgos de pérdida de propiedades físicas favorables durante el riego o lavado de los suelos salinos.

En efecto, para que un suelo con el extracto de saturación saturado en yeso alcance un valor de SAR de 15 (equivalente a igual ESP) que lo haría perder sus propiedades físicas favorables se precisa que la C.E. del extracto saturado de ese suelo sea de al menos 7 mmhos/cm/25º nivel para el que la concentración iónica mantendrá ya floculado el suelo si nos atenemos a los diagramas de QUIRK (1.971).

Experiencias de lavado de sales en suelos con alto ESP llevadas a cabo en condiciones de laboratorio por nosotros con agua destilada a temperatura constante muestran fig. 36 como el yeso ha mantenido la velocidad de percolación a unos niveles aceptables (lo que indica no dispersión del suelo) y con un gradiente de caída lento frente a valores dados para tratamientos semejantes en suelos sin yeso.

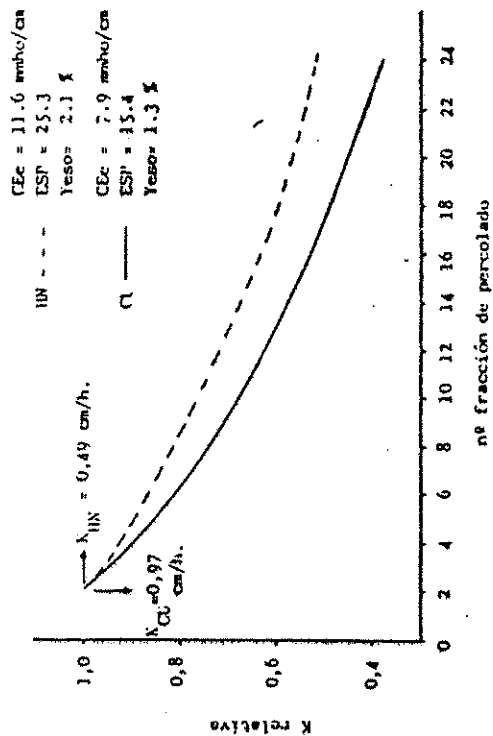


Fig. 36.- variación de la conductividad hidráulica durante el proceso de lavado de dos suelos salinos de la Depresión Media del Ebro.

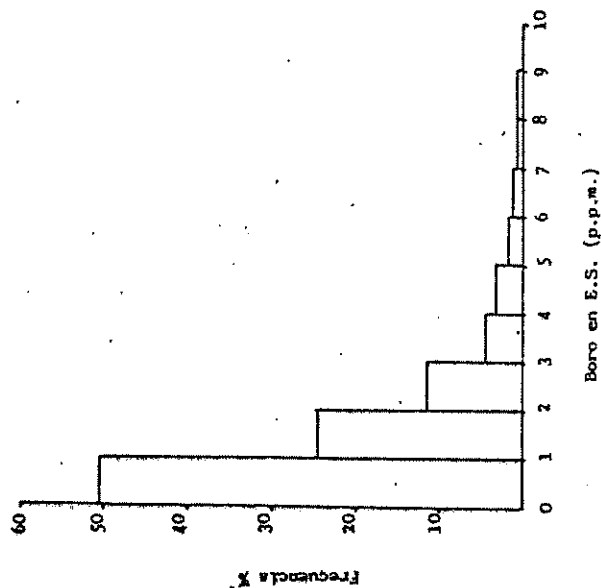


Fig. 37.- Distribución porcentual de niveles de B en extratos saturados para suelos salinos de la Depresión Media del Ebro.

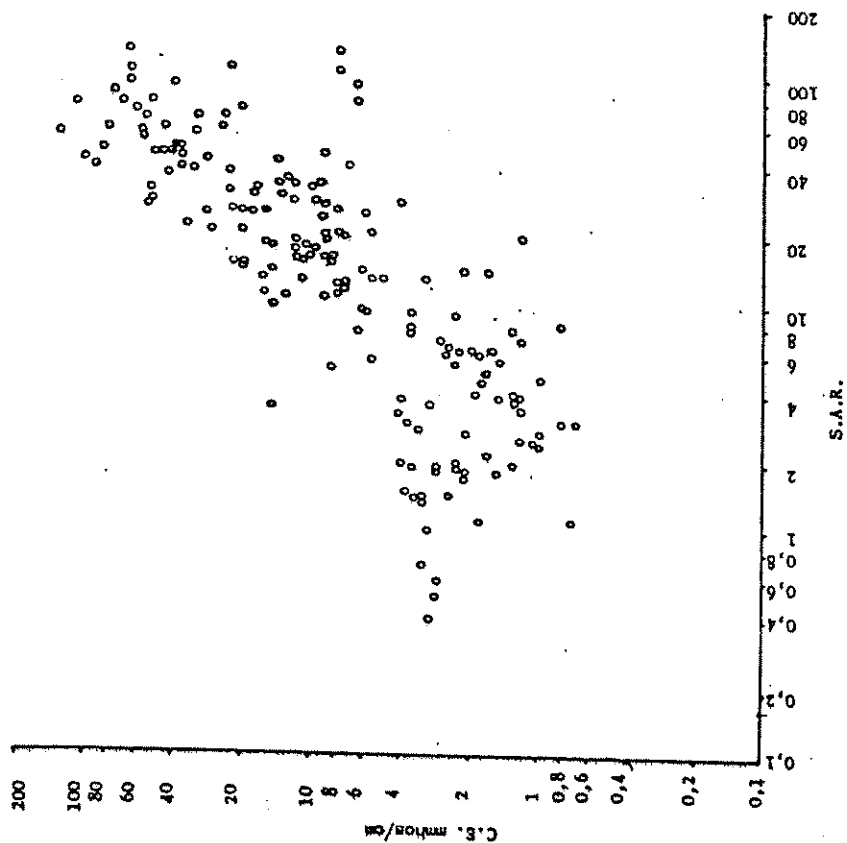


Fig. 35.- Relación entre C.E. y SAR en E Saturado de suelos salinos de la Depresión Media del Ebro.

TOXICIDAD POR MICROELEMENTOS, BORO Y LITIO

En cuanto a conocimiento de niveles de microelementos que se asocian a los suelos salinos, causando problemas de toxicidad adicionales, hemos realizado determinaciones de B en un conjunto de muestras que consideramos representativas de la Depresión Media del Ebro.

El histograma de frecuencias de niveles de B en el extracto saturado fig. 37 nos indica cual es la situación y en donde se ve que no hay un problema general y que solo en casos muy concretos habrá de tenerse en cuenta el nivel en este elemento.

Se considera que entre 1 y 5 ppm de boro en el E.S. los cultivos semitolerantes, entre los que se encuentran las patatas, tomates, judías, cereales, olivos y girasol, ya pueden mostrar daños apreciables.

Los suelos con niveles altos de B en E.S. pueden presentar -dependiendo de su mineralogía- unos niveles de B adsorbido muy superiores; este boro adsorbido se libera lentamente y regenera niveles tóxicos en el suelo. Las determinaciones de reserva de boro y de las isoterms de Langmuir para nuestros suelos -realizado ya para una situación concreta- es un camino que hemos de continuar.

Los altos valores de Li que encontramos en las aguas de la zona de Bujaraloz-Sástago nos han llevado a realizar sistemáticamente la determinación de este elemento en los extractos saturados de suelos de esta zona.

Congruentes con los resultados de las aguas, los suelos contienen altos niveles de Li. La laguna del Km. 17 de la Carretera Bujaraloz-Sástago alcanza en superficie valores de hasta 23 ppm. (comparar en cambio estos valores con los correspondientes de la zona de Sariñena-Grañén en la que prácticamente existe solo a nivel de trazas).

Los niveles de Li, tóxicos para algunas especies, se asocian a altos valores del resto de las sales que condicionan unos niveles de toxicidad más extremos que los correspondientes al Li, con lo cual en estas situaciones los valores altos de Li pierden su importancia.

SUELOS SODICOS ALCALINOS

De la clasificación de los suelos con sales atendiendo a la naturaleza de los iones, los que contienen CO_3 se separan, con un conjunto de propiedades específicas, de los restantes suelos salinos.

Sin embargo ninguno de los sistemas de clasificación recurre estrictamente a este criterio.

Los europeos partiendo de los criterios rusos, dan mucha importancia a la presencia y desarrollo de la estructura columnar mientras que los americanos hacen partir la diferenciación en el valor del ESP porque han comprobado que este valor produce en las propiedades de los suelos un cambio brusco, cuando este parámetro supera el valor del 15 %.

No obstante, los criterios seguidos por ambas escuelas se han intercambiado y entremezclado y en la bibliografía estos suelos quedan definidos o como los de un alto nivel de ESP y bajo contenido en sales, o como los que tienen la morfología típica con horizonte columnar o como los que simultáneamente tienen ambos criterios reunidos.

De todos los criterios el fundamental es el estado desfloculado de las arcillas que comunica a los suelos unas propiedades específicas.

Las condiciones generales de formación de estos suelos son por tanto: I.- un sustrato relativamente pobre en cationes divalentes y rico en monovalentes; II.- condiciones de aridez no extremas o de semiaridez, con tendencia al lavado y III.- una cierta permeabilidad del sustrato.

Los pasos para la formación de estos suelos son los siguientes:

- a) Lavado de sales solubles hacia los horizontes profundos con lo que los superiores alcanzan C.E. bajas y altos ESP.
- b) Se forma carbonato sódico con lo que el pH aumenta por encima de 9, lo que favorecerá los procesos siguientes.
- c) Las arcillas dispersan.
- d) Al continuar el lavado se eluvian las arcillas hacia capas profundas.
- e) Las arcillas dispersadas floculan en los horizontes profundos en los que no se han lavado las sales, produciendo un horizonte argílico.
- f) Este horizonte argílico desarrolla una estructura columnar.

También en condiciones de lavado por riego se pueden producir los mismos pasos que tienden a dar un suelo Solonetz con los condicionantes morfológicos y físico-químicos que hemos visto más arriba.

Las condiciones citadas de formación de suelos sódicos alcalinos se dan en la zona de areniscas que bordea el centro de la depresión, en la que precipitaron yesos y sales más solubles. Estas areniscas miocénicas no presentan capas interestratificadas de yesos.

Las areniscas, así como las margas que se encuentran interestratificadas con aquellas, contienen un cierto porcentaje de sales, posiblemente en forma de carbonato y bicarbonato sódicos.

Los primeros resultados obtenidos para un conjunto de estas areniscas y de las eflorescencias salinas que a veces manifiestan, quedan resumidas en la gráfica 38. Estos resultados requieren una comprobación posterior. Sin embargo, por su bajo contenido en sales y alto pH parecen demostrar que en estas rocas se encuentran aniones diferentes a cloruro y sulfato.

Las condiciones climáticas de la zona de areniscas es menos árida que la del centro de la depresión. Se alcanzan pluviometrías de 450-500 mm. con lo que tiene lugar un cierto lavado de sales favorecido en situaciones especiales por la textura más grosera de dichas areniscas.

En estas condiciones, veremos suelos que han desarrollado la típica estructura columnar de los Solonetz hasta perfecciones "de libro"; suelos en estado desfloculado con todos los problemas acompañantes y suelos intermedios en los que la estructura columnar es incipiente y los niveles de sales rebasan en algunos horizontes los patrones exigidos, pero entre ellos se reconoce un parentesco próximo.

Para alguno de ellos puede plantear algún interrogante el que sea natural o producido por lavado artificial.

Nos parece interesante resaltar la variabilidad entre los suelos de este grupo:

En primer lugar en lo referente a pH; en el centro de la Depresión siempre bien provista de carbonato cálcico, son los únicos que ofrecen una cierta variabilidad. Un muestreo de 70 perfiles en una parcela de secano de unas 7 has nos da el siguiente histograma de valor medio de pH en agua 1:2.5 en los perfiles. Fig. 39.b.

Estos mismos valores representados por capa muestreada dan en función de la profundidad, los histogramas de la fig. 39.a. en la que se puede reconocer aún mejor la variabilidad de pH de estos suelos dentro de cada perfil. También se observa claramente como, en profundidad, al estar más próxima la roca madre los valores de pH van siendo más altos.

Esta variabilidad de pH se asocia a variabilidad en C.E. del extracto tal como se ve para una parte de estas muestras en la fig. 40.

Esta variabilidad aquí demostrada explica la dificultad de localización de perfiles que reúnan las características químicas exigidas para los suelos sódicos no salinos de la clasificación del US Salinity Labora-

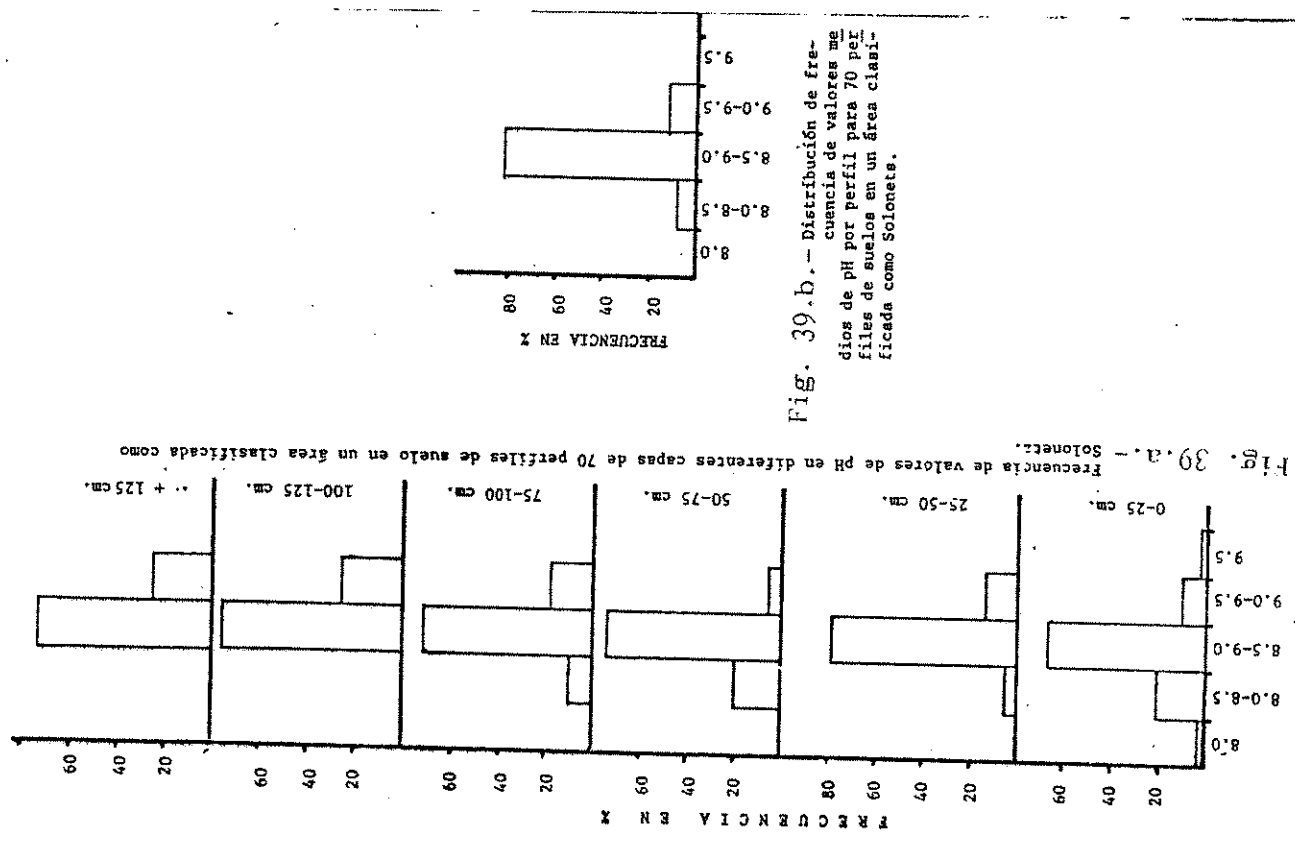


Fig. 39.b. - Distribución de frecuencia de valores medios de pH por perfil para 70 perfiles de suelos en un área clasificada como Solonetz.

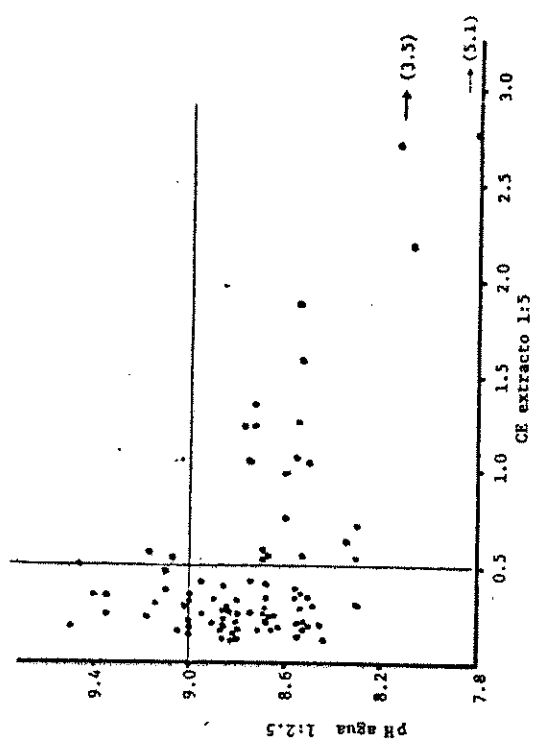
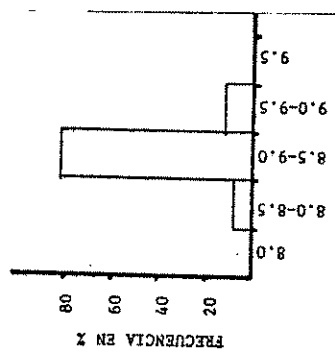


Fig. 40. - Relación entre CE y pH para los horizontes de perfiles de suelos en área de Solonetz.

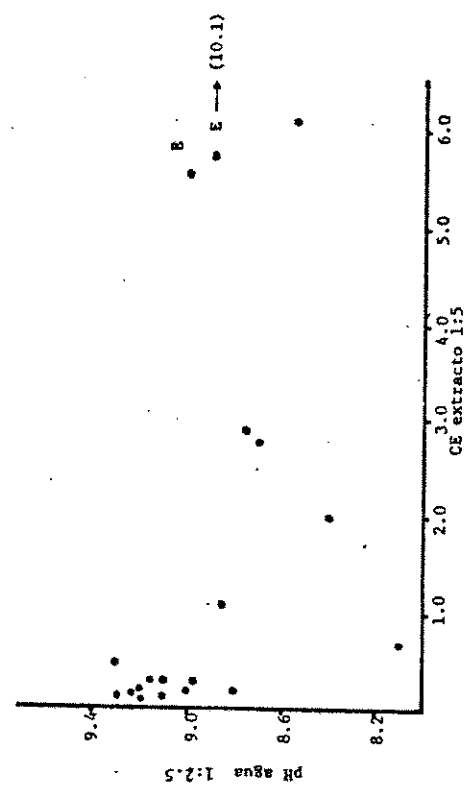


Fig. 38. - Relación entre CE y pH para muestras de areniscas miocenas y eflorescencias salinas de las mismas.

tory. Más realistas, los criterios con que la Soil Taxonomy define el Natric horizon (que exige para clasificar los suelos en términos equivalentes al Solonetz) se basan en propiedades más estables que la existencia de un nivel dado de sales la presencia de horizonte argílico; omite la referencia a nivel de salinidad y exige un SAR mayor de 15.

El término final de los suelos salinos es el Solod, con acidificación en los horizontes superiores, etc. Por ahora han aparecido indicios, de que sea posible su presencia en la Depresión Media del Ebro. La casi general existencia de carbonato cálcico impide la evolución de los Solonetz más desarrollados hacia este otro tipo de suelo.

RELACIONES ENTRE RENDIMIENTO DE COSECHAS Y SALINIDAD DEL SUELO

Con el fin de evaluar esta importante relación y de contrastar datos regionales con los que la bibliografía presenta para otras áreas del mundo, se realizó un estudio sobre comportamiento de dos variedades de trigo y otras dos de cebada sobre un suelo salino en regadío. En este estudio se determinaron varios parámetros de planta (rendimiento en grano y paja; ahijamiento) y otros de suelo (C.E. del E.S., S.A.R., P.S., etc.) a diferentes profundidades. Las fig. 41 y 42 dan la relación obtenida para cebada de 2 carreras WISA y trigo ESTRELLA frente a la C.E. del E.S. de la ca pa superior muestreada.

CONSIDERACIONES FINALES

La problemática específica de los suelos salinos hasta aquí analizada se engloba en un contexto regional mucho más amplio en el que hay que incluir conjuntamente al suelo y al agua.

En las últimas décadas, el número de hectáreas puestas en riego en nuestra región ha sufrido un avance espectacular. Además, si el plan de -aprovechamiento integral del Ebro se lleva a cabo en su totalidad, en el año 2.000 más de 1.5 millones de hectáreas estarán en riego; de ellas, aproximadamente 0.9 están aún por realizar (CESIE, 1.971).

No hay que indicar los importantes beneficios económicos y sociales que se derivan del regadío y consiguiente aumento del rendimiento de los cultivos por unidad de suelo utilizado. Sin embargo, debe resaltarse el impacto del riego sobre el medio ambiente, y las posibles consecuencias agronómicas negativas derivadas de él. Una de las más importantes es la salinización de la aguas y de los suelos.

tory. Más realistas, los criterios con que la Soil Taxonomy define el Natric horizon (que exige para clasificar los suelos en términos equivalentes al Solonetz) se basan en propiedades más estables que la existencia de un nivel dado de sales la presencia de horizonte argílico; omite la referencia a nivel de salinidad y exige un SAR mayor de 15.

El término final de los suelos salinos es el Solod, con acidificación en los horizontes superiores, etc. Por ahora han aparecido indicios, de que sea posible su presencia en la Depresión Media del Ebro. La casi general existencia de carbonato cálcico impide la evolución de los Solonetz más desarrollados hacia este otro tipo de suelo.

RELACIONES ENTRE RENDIMIENTO DE COSECHAS Y SALINIDAD DEL SUELO

Con el fin de evaluar esta importante relación y de contrastar datos regionales con los que la bibliografía presenta para otras áreas del mundo, se realizó un estudio sobre comportamiento de dos variedades de trigo y otras dos de cebada sobre un suelo salino en regadío. En este estudio se determinaron varios parámetros de planta (rendimiento en grano y paja; ahijamiento) y otros de suelo (C.E. del E.S., S.A.R., P.S., etc.) a diferentes profundidades. Las fig. 41 y 42 dan la relación obtenida para cebada de 2 carreras WISA y trigo ESTRELLA frente a la C.E. del E.S. de la capa superior muestreada.

CONSIDERACIONES FINALES

La problemática específica de los suelos salinos hasta aquí analizada se engloba en un contexto regional mucho más amplio en el que hay que incluir conjuntamente al suelo y al agua.

En las últimas décadas, el número de hectáreas puestas en riego en nuestra región ha sufrido un avance espectacular. Además, si el plan de aprovechamiento integral del Ebro se lleva a cabo en su totalidad, en el año 2.000 más de 1.5 millones de hectáreas estarán en riego; de ellas, aproximadamente 0.9 están aún por realizar (CESIE, 1.971).

No hay que indicar los importantes beneficios económicos y sociales que se derivan del regadío y consiguiente aumento del rendimiento de los cultivos por unidad de suelo utilizado. Sin embargo, debe resaltarse el impacto del riego sobre el medio ambiente, y las posibles consecuencias agronómicas negativas derivadas de él. Una de las más importantes es la salinización de la aguas y de los suelos.

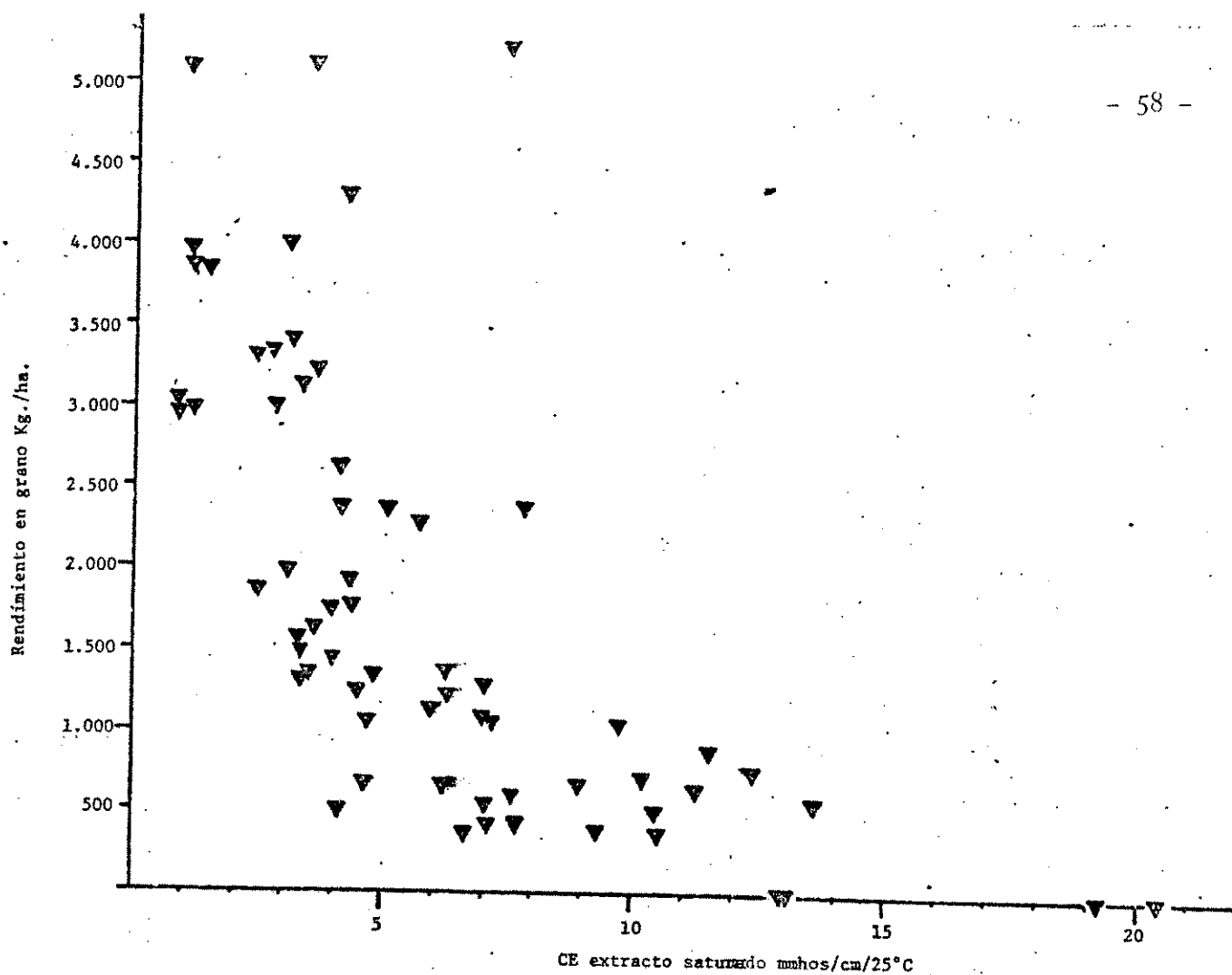


Fig. 41.- Relación entre rendimiento de trigo Estrella y la CE de Extracto Saturado de suelo. Regadío

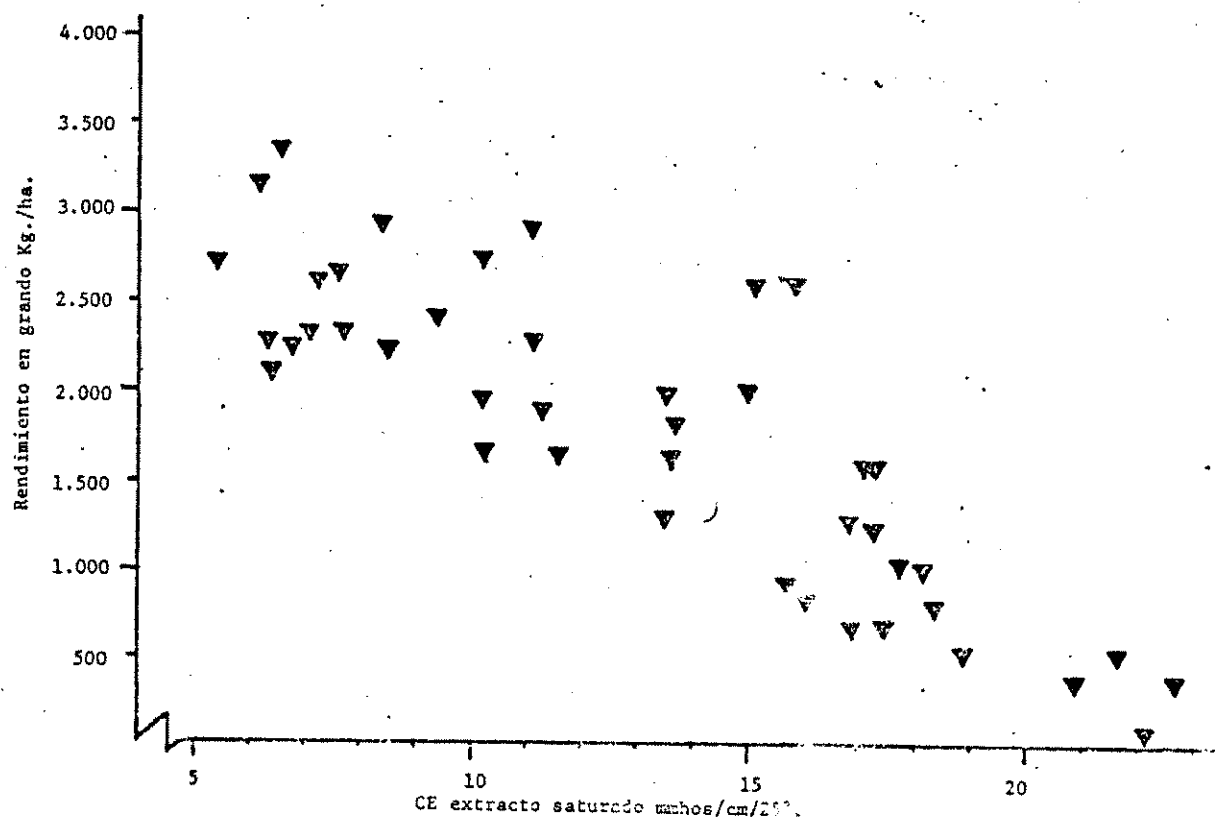


Fig. 42.- Relación entre rendimiento en grano de la cebada de dos carreras Wisa y la CE del Extracto Saturado de suelo. Regadío

Como ya hemos visto, la naturaleza de los materiales finiterciarios que forman el sustrato geológico de la Cuenca y las condiciones climáticas que han regido durante el Terciario y Cuaternario, han dado lugar a la presencia, cuantitativamente importante, de sales más o menos solubles en el centro de misma. Las condiciones climáticas actuales han hecho coincidir la necesidad de riego con la presencia -en superficie o en profundidad- de estas sales.

Tanto en el riego, generalmente excesivo en nuestra región, como la recuperación por lavado de estas áreas salinas, han conducido al desplazamiento de las sales con las aguas de drenaje, emigrando hacia capas más profundas, y salinizando los acuíferos y a través de ellos las áreas más o menos próximas situadas a cotas inferiores, así como las aguas superficiales con el consiguiente riesgo de salinización de áreas alejadas geográficamente de la fuente primitiva.

Ejemplos típicos de lo antedicho son el incremento de la conductividad eléctrica (CE) media anual del río Cinca de 0.57 a 0.90 mmhos/cm. entre Monzón y Fraga, o la del río Gállego de 0.25 a 2.26 mmhos/cm. entre Anzánigo y Zaragoza, presumiblemente debidos, al menos en parte, a la aportación a ambos ríos de las aguas de retorno del riego provenientes de áreas salinas (Datos del MOP, año 1.976).

Asimismo, la CE de las aguas del río Ebro en Zaragoza durante los meses Junio-Octubre (1.52 mmhos/cm., según datos del MOP para el año 1.976) sobrepasan ya las normas de calidad de agua para el consumo humano dictadas por el EPA de EE.UU.

Es evidente el impacto negativo que el aumento de la salinidad de las aguas del río Ebro tendría sobre las tierras de su Delta y otras áreas regadas por sus aguas (unas 200.000 has en el año 2.000). Razones como las aguas de retorno de riego de actuales y futuras áreas afectadas por sales, y la diversión o trasvase hacia otras Cuencas de aguas de baja CE que diluyen y compensan las de peor calidad, tenderían al incremento de la salinidad antes indicado. De hecho, la CE de las aguas del río Ebro en Tortosa (0.91 mmhos/cm., según datos del MOP para el año 1.976) alcanza ya niveles clasificados como con riesgo potencial de salinidad según la FAO (Ayers and Westcott, 1.976).

Por consiguiente, debido al transporte de las sales con el agua, y a la presencia abundante de estratos geológicos salinos, el volumen de sales movilizado, así como su distanciamiento de la fuente primitiva, es cuantitativa y cualitativamente muy importante. Por ello, superando el enfoque puntual de los proyectos de riego y recuperación realizados hasta la fecha, el problema de la salinidad en la CME debe ser abordado de forma globalizada, con el fin de evaluar de forma racional las relaciones suelo-agua-salinidad, y el impacto de la modificación de una de estas variables sobre las restantes.

Por todo ello, conjuntamente con nuestros vecinos del INIA, hemos presentado un proyecto de investigación que aborda de manera global estos problemas para el Centro de la Depresión que titulamos "Situación actual y perspectivas de evolución de la salinidad de los suelos y de las aguas de la Cuenca Media del Ebro" y que se centra en el balance hídrico-salino de la misma, del cual pueden salir las tendencias actuales de la salinización de las aguas y suelos, la detección de áreas que aporten grandes cantidades de sales y las perspectivas si nuevas zonas se ponen en regadío, y cuyo fin último es la obtención de la información necesaria para optimizar la utilización de nuestros recursos de agua y suelo.

EXCURSIONES SOBRE SUELOS SALINOS Y ALCALINOS

DESCRIPTIVA DE PERFILES Y RESULTADOS ANALITICOS

EXCURSION I (día 19)

Perfiles: I, II, III y IV (Bujaraloz-Sástago)

EXCURSION II (día 20)

Perfiles: V, VI, VII y VIII (Grañén-Sariñena)

PERFIL I

LOCALIZACION

Localidad.- Sástago (Zaragoza). Laguna de los Mases del Pez.

Situación.- Depresión al N de los Mases del Pez.

Hoja 1:50.000 nº 413. 3º26'10" - 41º21'50".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Depresión oval en la plataforma estructural.

Posición.- Centro de la laguna a unos 50 m. del pozo.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 335 m. Pendiente-exposición.- 0%.

Erosión.- Prácticamente nula, en el centro posible ligera acumulativa.

Drenado de la zona.- Totalmente impedido.

Condiciones de agua.- Como indica el pozo, presencia de capa freática salina a unos 3.50 m. de profundidad. Hay datos de varias tomas a lo largo del año.

DEDICACION

Actual.- Vegetación natural; otra porción preparada para siembra.

Anterior.- Alguna otra vez pudo estar labrado todo el fondo.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Toxicidad por sales. Los altos valores de C.E. en E.S. no permiten ningún tipo de cultivo.

EVALUACION

Indice de Storie.- $90 \times 70 \times 100 \times 10 = 6$.

VEGETACION NATURAL

Recubrimiento total: 80%. Altura de la vegetación: 25 cm.

50% Suaeda pruinosa; 15% Aeluropus littoralis; 12 % Sphenopus divaricatus; 3% Polygoon maritimus; 1% Spergularia maritima; 1% Atriplex roseus; 1% Koe_{leria} phleoides.

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap (0-25) Distribución homogénea de raíces medias, abundantes. Buena penetrabilidad. No hay lombrices en ninguna parte del perfil. Mull de yeso. Arcillo limoso. 0 % de fracción gruesa. Color homogéneo 2.5 Y 7/2 en seco, (2.5 Y 4.5/2) en húmedo.
- Estructura subpoliédrica a grumosa con agregados de tamaño medio y consistencia moderada. Grietas y canalículos finos. Fresco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad lenta. Presencia de carbonatos, yesos y sales solubles. Transición rectilínea tajante.
- B₂₁ (25-40) Distribución homogénea de raíces finas y pocas. Penetrabilidad media. Franco arcilloso. 0 % de fracción gruesa. Color homogéneo 10 YR 7.5/2.5 en seco y (2.5 Y 6/2) en húmedo. Manchas muy grandes de materia orgánica con limite neto respecto, de la masa general.
- Estructura masiva plástica. Pocos canalículos finos y muy finos. Fresco. Ligeramente plástico y pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad lenta. Calizas, yeso y sales solubles. Transición ondulada a linguiforme, difusa.
- B₂₂ (40-70) Distribución homogénea de raíces. Raras y finas. Mala penetrabilidad. Presencia de crotovinas de unos 12 a 15 cm. de diámetro rellenas de material de los horizontes superiores, de un color homogéneo o en el que se reconocen bandas de distintos tonos más o menos ricos en materia orgánica. Manchas muy grandes de materia orgánica, limite neto. Franco arcillo-limoso. 0 % de fracción gruesa. Color homogéneo (excluidas las crotovinas) 10 YR 8/2 en seco y (2.5 Y 6/2) en húmedo.
- Estructura masiva plástica. Abundantes canalículos finos y muy finos. Fresco. Plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II y permeabilidad lenta. Presencia de carbonatos, yesos y sales más solubles. Transición ondulada-clara.
- C_{lg} (70-95) Sin raíces. Horizonte de oxidación. Franco arcilloso-limoso 2 % de gravilla y grava subangular, procedente de las calizas del estrato Q. Muy alteradas, se cortan con la navaja. Distribución homogénea en todo el horizonte. Color 2.5 Y 8/2 en seco y (2.5 Y 6.5/2) en húmedo, con manchas medias de limite neto y colores rojizos de oxihidróxidos de Fe y algo de Mn.
- Estructura masiva. Pocos canalículos finos. Fresco. Plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad bastante lenta. Presencia de carbonatos, yesos y sales solubles. Transición irregular-difusa.

- II C_{2g}
(+ 95) Capas superpuestas de arcillas margosas, ura con cristales de yeso y de color 10 YR 8/3 en seco y (10 YR 7/3) en húmedo, con limite - irregular neto respecto del estrato inferior que tiene color 5 Y 7.5/2 en seco y 5 Y 7/4 en húmedo que engloban yeso en "bolos" de aspecto sacaroideo, bastante blando y que se trabaja fácilmente - con la navaja.

PERFIL II

LOCALIZACION

Localidad.- Sástago (Zaragoza).

Situación.- Km. 17 de la carretera local de Sástago a Bujaraloz.

Hoja 1:50.000 nº 413. 3º27'20" - 41º23'20".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Plataforma estructural.

Posición.- Reborde del abrupto entre la plataforma y la laguna.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 347 m. Pendiente-exposición.- 0 %.

Erosión.- Ligera erosión en la plataforma.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.- Capa freática salina probable a unos 10 m.

DEDICACION

Actual.- Campo de cereales.

Anterior.-

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Ligeros problemas de salinidad en plantas muy sensibles.

Nivel de fertilidad.- Bajo.

EVALUACION

Indice de Storie.- $50 \times 100 \times 100 \times 50 = 25$.

VEGETACION NATURAL

Recubrimiento total: 50%. Altura de la vegetación: 35 cm.

35% Stipa; 3% Thymus zygis; 3% Dianthus; 2% Brachypodium retusum; 2% Lithospermum fruticosum; 1% Genista scorpius; 1% Rosmarinus officinalis; 1% Fumana; 1% Herniaria suffruticosa; 1% Eryngium campestre; 1% Teucrium aragonense; 1% Carlina corymbosa; 1% Avena bromoides; 1% Koeleria vallesiana; 1% Bromus rubens; 1% Linum strictum; 1% Koeleria phleoides; 1% Mathiola fruticulosa.

DESCRIPCION DEL PERFIL

Ap₁
(0-25) Distribución homogénea de raíces finas. Abundantes. Las raíces se concentran en la capa de lajas de caliza que forma el límite con el horizontes inferior. Muy buena penetrabilidad, Lombrices. Mull calizo.

Franco. 20% de piedras y guijarros de calizas tabulares margosas con corteza de alteración y pequeños depósitos de carbonato en la parte inferior de los cantos (pendents iniciales). Fundamentalmente ocupan la base del horizonte. Despedregado artificial de bloques.

Color homogéneo 10 YR 6/2 en seco y (10 YR 4/3) en húmedo. Estructura subpoliédrica de agregados pequeños y blandos. Muchas grietas muy finas y abundantes poros muy finos. Seco. Ligeramente plástico y no pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad bastante rápida. Presencia de carbonatos y yesos. Transición ondulada gradual.

Ap₂
(25-40) Distribución homogénea de raíces finas frecuentes en todo el horin-zonte aunque se concentran algo más entre las lajas de caliza. Buena penetrabilidad.

Franco limoso. 15 % de grava y guijarros tabulares de caliza margosa Agrupados en la parte inferior del horizonte.

Color homogéneo 2.5 Y 6.5/2 en seco y (2.5 Y 5/2) en húmedo. Estructura subpoliédrica con agregados medianos y duros. Muchas grietas muy finas y pocos poros muy finos. Seco. Ligeramente plástico y no pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad bastante rápida. Caliza, yesos y sales más solubles. Transición ondulada y gradual.

IIC
(40-65) Distribución homogénea de raíces finas y raras. Penetrabilidad buena.

Arcillo-limoso. 0 % de fracción gruesa.

Color homogéneo 2.5 Y 7/2 en seco (2.5 Y 5.5/2) en húmedo.

Estructura subpoliédrica de agregados medianos y duros. Abundantes grietas muy finas y muy pocos poros muy finos. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad media. Carbonatos y yesos y sales solubles. Transición ondulada tajante.

R (+ 65) Capas alternantes de yesos y calizas.

CUADRO II.- Resultados analíticos del Perfil II (plataforma Laguna Km. 17)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-25	Ap1	39	3.0	0.186	9	52	20	2.6	7.7	7.3	0.95	2.65	64
25-40	Ap2	13	1.4	0.087	9	59	10	3.8	7.8	7.3	1.00	2.87	65
40-65	II C	2	-	-	-	62	11	3.5	8.0	7.3	0.98	2.68	63
+ 65	R												

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Porcent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ cat	SAR	ESP		
0-25	60	3.7	0	2	34.	37	74.	50	13	12	74	2	2	0.1	
25-40	64	13.8	0	2	39	120	162	85	51	65	201	8	9	0.5	
40-65	58	9.4	0	3	57	61	120	54	44	55	153	8	9	0.4	

PERFIL III

LOCALIZACION

Localidad.- Sástago (Zaragoza).

Situación.- Km. 17 carretera local Sástago - Bujaraloz.

Hoja 1:50.000 nº 413. 3°27'20" - 41°23'20".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Depresión cerrada oval en la plataforma estructural.

Posición.- Centro de la depresión.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 340 m. Pendiente-exposición.- 0 %.

Erosición.- Quizá ligera acumulativa.

Drenado de la zona.- Nulo.

Condiciones de agua.- Nivel de capa freática salina en la toma de muestras a 175 cm. Oscila a lo largo del año.

DEDICACION

Actual.- Vegetación espontánea.

Anterior.-

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Nivel de salinidad tóxico para todas las plantas - cultivadas.

Nivel de fertilidad.-

EVALUACION

Indice de Storie.- $90 \times 70 \times 100 \times 80 \times 10 = 5$.

VEGETACION NATURAL

Ver Laguna Km. 17

DESCRIPCION DEL PERFIL

- A₁
(0-40) Distribución homogénea de raíces. Pocas, finas y medias.. Buena penetrabilidad. No hay lombrices. Mull de yeso.
Limo arcilloso. Sin fracción mayor de 2 mm.
Color homogéneo 2.5 Y 6/2 y (5 Y 4.5/2) en húmedo.
Estructura subpoliédrica a grumosa con agregados muy pequeños y blandos. Abundantes poros muy finos, grietas muy finas y canalículos medios. Fresco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad media. Carbonatos, yesos y sales solubles. Transición rectilínea clara.
- B₂₁
(40-60) Distribución de raíces en grietas, raras y finas. Mala penetrabilidad.
Franco arcilloso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 2.5 Y 8/2 en seco y (2.5 Y 6.5/2) en húmedo.
Estructura masiva plástica. Pocos poros muy finos y pocos canalículos muy finos. Fresco. Plástico y no pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad muy lenta. Carbonatos, yesos y sales solubles. Transición rectilínea gradual.
- B₂₂
(60-90) Distribución irregular en grietas, raras y finas. Mala penetrabilidad.
Arcillo limosa. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 2.5 Y 7.5/2 en seco y (5 Y 7/2) en húmedo.
Estructura masiva plástica. Pocos poros muy finos, pocos canalículos finos. Fresco. Muy plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad muy lenta. Carbonatos, yesos y sales. Transición ondulada suave y tajante.
- C_{1cs}
(90-120) Distribución irregular en grietas raras y finas. Mala penetrabilidad. Arcillo limoso. 0 % de fracción gruesa. Color homogéneo 2.5 Y 7.5/2 en seco y (5 Y 7/2) en húmedo. Masivo plástico. Pocos poros muy finos. Claras señales de estratificación en capas más claras anchas y gris-oscuro finas, como de materia orgánica quizá sedimentado en medio acuoso. Pudiera ser que las capas orgánicas contuvieran granos de polen abundantes.
Arcillo-limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color en bandas horizontales, 2.5 Y 8/1 en seco y (5 Y 7/1) en húmedo.
Estructura masiva quebradiza (plástico en húmedo). Muy pocos poros muy finos. Muy pocos canalículos. Fresco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad V₁. Permeabilidad muy lenta. Carbonatos, yesos y sales solubles. Transición rectilínea tajante.

- C_{2g} Sin raíces. Mala penetrabilidad.
(120-160) Arcillo limoso. 0 % de cantos.
Color general 5 Y 7/1 en seco y (5 Y 6/2) en húmedo con depósitos de oxihidróxidos de Fe y Mn en algunos canalículos.
Estructura masiva. Fresco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad III. Permeabilidad muy lenta. Transición horizontal difusa.
- C_{3g} Sin raíces. Mala penetrabilidad.
(+ 160) Marga arcillosa que engloba bolos de yeso.
Color 5 Y 7/1 en seco y (5 Y 7/2) en húmedo.

CUADRO III.- Resultados analíticos del Perfil III (Laguna Km. 17)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-40	A1	0	1.4	0.072	12	32	71	8.8	8.7	8.2	1.11	2.73	59
40-60	B21	0	0.3	0.020	8	10	81	7.9	8.5	8.3	1.27	2.75	54
60-90	B22	0	0.2	0.015	8	5	76	7.1	8.1	8.2	1.46	2.73	47
90-120	C1cs	0	0.2	0.016	6	4	93	5.8	8.1	8.1	1.41	2.82	50
120-160	C2g	0	-	-	--	13	95	7.5	8.0	7.9	1.50	2.84	47
+ 160	C3g	0	-	-	--	57	44	9.2	8.2	7.9	1.53	2.86	47
Yeso						0	95	6.0	8.4	8.0	--	2.75	--

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Porcent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ++	Mg ++	Na +	Σ cat	SAR	ESP		
0-40	50	48.0	0	3	350	416	769	37	476	380	893	24	25	4.8	
40-60	34	56.8	0	3	434	573	1.010	39	693	510	1.242	27	28	4.6	
60-90	30	49.0	0	3	361	462	825	30	522	360	921	22	23	5.1	
90-120	32	43.1	0	2	324	416	742	41	488	350	879	22	23	3.2	
120-160	52	43.1	0	2	316	421	740	42	476	320	838	20	22	3.2	
+ 160	70	45.9	0	2	302	405	709	39	506	290	835	10	20	3.2	
Yeso	28	55.1	0	2	385	540	927	36	607	400	1.043	22	24	3.2	
c. fr.	-	78.0										14		10.	

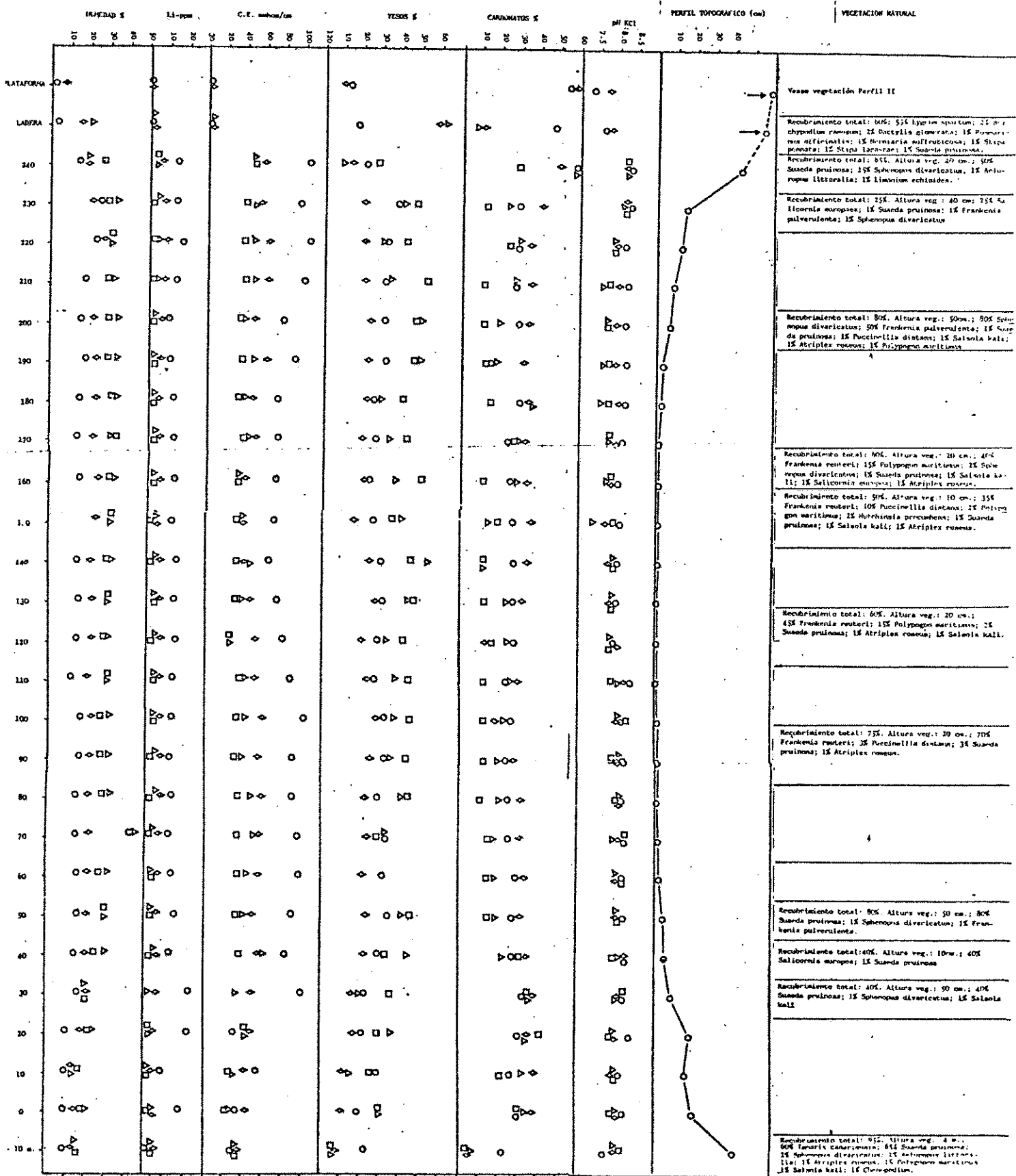
LAGUNA Km. 17

Con el fin de ofrecer un ejemplo de la variación en las propiedades de los suelos dentro de la unidad que representa una de estas depresiones y simultáneamente poder explicar la variabilidad de la vegetación y quizá también la permanente presencia de algunas especies a lo largo de todo el transverso ofrecemos el esquema adjunto.

La determinaciones analíticas realizadas comprenden: pH en KCl, Carbonatos (%), Yesos (%), C.E. del Extracto Saturado (mmhos/cm/25°), Li en Extracto Saturado mg./l. y humedad (%).

Las capas muestreadas corresponden a las siguientes: --
0 - 5 cm. (O); 5 - 30 (◊); 30 - 60 (Δ) y de 60 - 90 (□).

Considerada la laguna en su totalidad puede hablarse de una asociación predominante, Suaedetum brevifoliae, con las lógicas modificaciones de la misma a lo largo del transversal en el que se han realizado las listas de vegetación.



PERFIL IV

LOCALIZACION

Localidad.- Sástago (Zaragoza).

Situación.- Laguna de la Playa

Hoja 1:50.000 nº 413. 3°29'20" - 41°25'50".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Depresión laguna con agua casi permanente.

Posición.- Borde de la laguna.

Microrrelieve.- Ondulado por pequeñas dunas que sujeta la vegetación de
Arthrocnemum.

Altitud.- 320 m. Pendiente-orientación.- 0 %.

Erosión.- Posibilidad de ligera erosión eólica acumulativa.

Drenado de la zona.- Malo.

Condiciones de agua.- Presencia de capa freática salina a 55 cm. de profundidad.

DEDICACION

Actual.- Vegetación espontánea.

Anterior.-

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Toxicidad de sales solubles.

Nivel de fertilidad.-

EVALUACION

Indice de Storie.- $50 \times 100 \times 100 \times 10 \times 20 \times 95 = 1$.

VEGETACION NATURAL

Recubrimiento total: 80%. Altura de la vegetación: 15 cm.
80% *Arthrocnemum glaucum*; 1% *Limonium catalaunicum*.

DESCRIPCION DEL PERFIL

A Eflorescencias salinas en superficie.

(0-15) Distribución de raíces irregular. Pocas y de tamaño medio. Colonizado por coleópteros de la especie *Bledius taurus* que colonizan este horizonte al ir retirándose el agua. Se alimentan de algas y restos viejos de algas enterradas. Forman pequeños montoncitos de tierra que pueden ser arrastrados por el viento.

Materia orgánica, humus de suelo bruto subacuático.

Franco. 5 % de fracción gruesa. Cantos angulosos de caliza y silex.

Color 2.5 Y 6/2 en seco y (2.5 Y 5/2) en húmedo.

Estructura individual a masiva. Pocos poros muy finos y abundantes canalículos gruesos, verticales del *Bledius*. Fresco. Ligeramente plástico y pegajoso. Permeabilidad lenta. Compacidad I con carbonatos, yesos y sales. Transición ondulada gradual.

C_{1g} No hay raíces. Textura franco-arcillosa. 50 % de fracción gruesa
(15-25) de calizas de tamaño de piedras y bloques.

Color general 2.5 Y 6.5/2 en seco y (2.5 Y 5/2) en húmedo con manchas de oxihidróxidos de Fe en los pequeños canalículos.

Estructura subpoliédrica de tamaño medio. Muchos poros y muy finos. Pocos canalículos finos y pocas grietas muy finas. Fresco a rezumante. Ligeramente plástico y pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad bastante rápida. Con carbonatos, yesos y sales. Transición ondulada clara.

C_{2g} No hay raíces. Sapropel. Olor a SH_2 con H_2SO_4 .

(25-35) Textura franco arcillosa. 5 % de yesos cristalinos.
Color homogéneo 5 Y 5.5/1 en seco (5 Y 4/1) en húmedo.

Estructura masiva. Poros muy abundantes y muy finos. Rezumante. Ligeramente plástico y pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad media. Con carbonatos, yesos y sales solubles. Transición con capa de yeso en masas globosas grandes.

CUADRO IV.- Resultados analíticos del Perfil IV (Laguna de La Playa)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-15	A	7	0.8	0.045	10	29	58	10.9	8.4	8.4	1.42	2.82	50
15-25	C _{1g}	4	0.6	0.029	13	73	10	5.0	8.8	8.8	1.55	2.71	43
25-25	C _{2g}	4	0.6	0.034	10	50	29	4.3	8.6	8.2	1.43	2.71	47

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Porcent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ cat		SAR	ESP	
0-15	36	73.4	0	4	415	813	1.232	41	666	800	1.507		43	38	5.5
15-25	46	26.0	0	2	155	222	379	46	173	200	418		19	21	0.7
25-35	54	14.5	0	2	112	92	206	43	95	110	249		13	15	0.6
c. fr.	-	16.											14	-	0.7

PERFIL V

LOCALIZACION

Localidad.- Callén (Huesca)

Situación.- Km. 18.5 de la carretera de Grañén a Callén.

Mapa 1:50.000 nº 324. 3º19'20" - 41º58'30".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Depresión de Callén. En zonas se notan sedimentos estratificados.

Posición.- En la parte baja de la Depresión.

Microrrelieve.- Liso, fuertemente nivelado.

Altitud.- 340 m. Pendiente-exposición.- 0 %.

Drenado de la zona.- Problemas de drenaje. Salida de aguas hacia Almuniente.

Condiciones de agua.- Agua artesiana. En una zanja a la derecha de la carretera en dirección a Grañén aparecen "arenas movedizas" y surgencias de agua con material fino en forma de pequeños conos muy frecuentes.

DEDICACION

Actual.- Nuevo intento de recuperación de estos suelos.

Anterior.- Abandonado tras la puesta en riego.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Problemas de salinidad y fuerte alcalinidad con implicaciones en la asimilabilidad de ciertos microelementos.

EVALUACION

Indice de Storie.- $100 \times 70 \times 100 \times 20 \times 5 = 1$.

VEGETACION NATURAL

CUADRO V.- Resultados analíticos del Perfil V (Callén)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-20	AP	0	0.3	0.052	-	24		3.2	9.8	9.2	1.50	2.87	48
20-55	C ₁	0	0.3	0.053	-	24		1.4	10.0	9.1	1.67	3.09	46
55-85	C ₂	0	0.3	0.068	-	24		1.1	9.7	8.7	1.57	2.85	45
+ 85	C ₃	0	0.2	0.050	-	26		0.7	9.6	8.6	1.58	2.86	45

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Porcent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ cat	SAR	ESP		
0-20	56	24.5	21	2	94	174	291	2	1	338	341	272	80	0.1	
20-55	48	11.5	16	6	24	72	118	2	1	160	162	140	67	0.1	
55-85	48	5.8	6	8	16	28	58	1	1	73	75	68	50	0.1	
+ 85	41	3.0	2	7	13	13	35	1	1	35	37	34	33	n.d	
c. fr.	-	1.9										15		0.1	

PERFIL VI

LOCALIZACION

Localidad.- Grañén (Huesca)

Situación.- Km. 71.7 del ferrocarril Zaragoza-Barcelona.

Hoja 1:50.000 nº 324. 3º20'25" - 41º55'30".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Terraza baja del barranco de la Rambla.

Posición.- Borde del barranco; elevado respecto del cauce actual 5 m. (mogote aislado como residuo de una erosión encajante).

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 310 m. Pendiente-exposición 0 %.

Erosión.- Muy fuerte en cárcavas y barrancos.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.- Nivel de agua del barranco a 6 m. de profundidad respecto de la superficie del suelo.

DEDICACION

Actual.- Espartos

Anterior.-

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Problemas de salinidad y alcalinidad.

EVALUACION

Indice de Storie.- $95 \times 100 \times 100 \times 10 = 9.5$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- A₁
(0-25) Distribución homogénea de raíces. Medias, pocas a frecuentes. Buena penetrabilidad. Mull Calizo.
Franco-limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 6.5/4 en seco y (10 YR 4.5/4) en húmedo.
Estructura masiva a subpoliédrica. Abundantes poros finos y gruesos. Pocos canalículos finos y pocas grietas finas. Seco. Muy plástico y ligeramente pegajoso. Permeabilidad media. Compacidad I. Presencia de carbonatos. Transición rectilínea clara.
- Bt
(25-60) Sin raíces. Mala penetrabilidad.
Limo-arcilloso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 7/4 en seco y (10 YR 5/4) en húmedo.
Estructura masiva a columnar. Pocos poros finos. Seco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad III. Permeabilidad lenta. Con carbonatos y sales. Transición rectilínea y tajante.
- II C₁
(60-85) No hay raíces.
Limo-arcilloso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 7.5/ en seco y (10 YR 5.5/4) en húmedo.
Estructura laminar posiblemente heredada de la sedimentación. Pocos poros medios y grietas horizontales. Seco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad III. Permeabilidad lenta. Con carbonatos. Transición rectilínea tajante.
- III C₂
(85-150) No hay raíces.
Arcillo-limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 6.5/4 en seco y (8.7 YR 5/4) en húmedo.
Estructura masiva a columnar. Abundantes poros finos. Seco. Muy plástico y muy pegajoso. Compacidad III. Permeabilidad lenta. Con carbonatos y sales solubles. Transición rectilínea gradual.
- IV C₃
(150-185) No hay raíces.
Arcillo limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 7/4 en seco y 8.7 YR 5/4 en húmedo.
Estructura laminar heredada. Abundantes poros finos, pocos canalículos medios y grietas horizontales. Seco. Muy plástico y muy pegajoso. Compacidad III. Permeabilidad lenta. Con carbonatos y sales. Transición rectilínea tajante.
- V C₄
(185-240) No hay raíces.
Arcillo-limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 7/4 en seco y (8.7 YR 5/4) en húmedo.
Estructura masivo-columnar. Abundantes poros finos. Canalículos medios. Seco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad III. Permeabilidad lenta. Con carbonatos y sales. Transición rectilínea gradual.

VI C₅ No hay raíces.
(+ 240 cm) Arena franca. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 5.5/4 en seco y (8.7 YR 5/4) en húmedo.
Estructura masiva a individual. Abundantes poros finos. Seco. No
plástico y no pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad media. Con
carbonatos y sales.

CUADRO VI.- Resultados analíticos del Perfil VI (Grañén)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-25	A1	0	1.1	0.109	-	25		0.2	8.4	7.8	1.23	2.75	55
25-60	Bt	0	0.3	0.078	-	27		3.3	9.4	8.9	1.35	2.73	51
60-85	II C1	0	0.2	0.042	-	29		0.4	9.5	8.8	1.37	2.76	50
85-150	III C2	0	0.3	0.126	-	30		3.2	9.3	8.8	1.69	2.72	38
150-185	IV C3	0	0.3	0.122	-	27		2.5	9.4	8.5	1.95	2.78	30
185-240	V C4	0	0.2	0.120	-	31		1.3	9.7	8.8	1.67	2.86	42
+ 240	VI C5	0	0.1	0.023	-	28		0.7	9.6	8.5	1.40	2.69	48

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Percent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ cat	SAR	ESP		
0-25	72	1.1	0	4	7	3	14	8	2	6	16	3	3	0.1	
25-60	70	19.8	0	5	108	118	232	2	3	218	225	136	67	0.1	
60-85	54	2.1	0	5	10	8	23	0	3	22	25	18	20	0.1	
85-150	59	25.0	0	4	146	153	303	4	4	310	317	155	70	0.1	
150-185	70	16.5	0	3	68	116	188	1	5	180	185	104	62	0.1	
185-240	54	10.5	0	5	38	66	109	1	2	118	121	93	58	0.1	
+ 240	51	6.5	0	4	30	30	63	1	3	66	70	49	42	0.1	

PERFIL VII

LOCALIZACION

Localidad.- Lalueza (Huesca).

Situación.- Desviación a la derecha del Km. 3.300 de la carretera de Lalueza a la estación de Poleñino.

Hoja 1:50.000 nº 324. 3°25'0" - 41°52'10",

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Vaguada por el fondo de la cual circulaba una "clamor".

Posición.- Nivel inferior de terraza.

Microrrelieve.- Nivelado y abancalado.

Altitud.- 290 m. Pendiente-exposición.- 0 %.

Erosión.- Fuerte erosión por cárcavas.

Drenado de la zona.- Bueno. Se ha construido una red de drenaje aprovechando el cauce de la clamor.

Condiciones de agua.-

DEDICACION

Actual.- Grandes superficies abandonadas tras la puesta en riego.

Anterior.- Secano.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Toxicidad por sales.

Nivel de fertilidad.- Bajo.

EVALUACION

Indice de Storie.- $95 \times 95 \times 100 \times 20 = 18$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap (0-35) Distribución homogénea de raíces abundantes finas y medias. Buena penetrabilidad.
Franco arenosa. 0 % de fracción gruesa.
Color 10 YR 6.5/4 en seco y (10 YR 5/3) en húmedo.
Estructura laminar hacia masiva de agredados pequeños fuertemente diferenciados y medianamente duros. Abundantes poros muy finos. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad bastante rápida. Carbonatos y sales solubles. Transición rectilínea tajante.
- B_{21t} (35-65) Distribución de raíces en grietas pocas y medias. Mala penetrabilidad.
Limo arcilloso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 7/4 en seco y (10 YR 5/4) en húmedo.
Estructura columnar típica, muy grande. Con agregados fuertemente diferenciados y muy duros. Pocos canalículos muy finos. Seco. Muy plástico y muy pegajoso. Compacidad III-IV. Permeabilidad bastante lenta. Con carbonatos y sales. Transición rectilínea clara.
- B_{22t} (65-105) Distribución homogénea de raíces medias y finas y raras. Mala penetrabilidad.
Arcillo-limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 7/4 en seco (10 YR 5/3.5) en húmedo.
Estructura masiva y ligeramente laminar. Agregados medianamente duros. Pocos canalículos muy finos. Seco. Muy plástico y muy pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad bastante lenta. Con carbonatos. Transición rectilínea gradual.
- II C₁ (105-135) No hay raíces. Penetrabilidad media.
Franco arenoso. Cantos rodados pequeños en algún lentejón. menos del 1 %.
Estructura laminar con agregados medianamente duros. Pocos canalículos medios y finos. Seco. No plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II y permeabilidad bastante lenta. Con carbonatos. Transición rectilínea clara.
- III C₂ (+ 135) No hay raíces. Penetrabilidad media.
Textura franco arenosa. No hay fracción gruesa. Color homogéneo 10 YR 6/3 en seco y (10 YR 5/3) en húmedo.
Estructura individual a masiva. Agregados medianamente duros. Pocos canalículos medios y finos. Fresco. No plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II y permeabilidad media. Con carbonatos.

CUADRO VII.- Resultados analíticos del Perfil VII (Lalueza)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-35	Ap	0	0.3	0.038		26		3.1	9.5	8.7	1.49	2.70	45
25-65	B2lt	0	0.3	0.061		25		3.1	9.4	8.7	1.70	2.81	40
65-105	B22t	0	0.2	0.053		29		2.7	9.5	8.6	1.54	2.75	44
105-135	II C ₁	0	0.1	0.026		26		1.5	9.4	8.6	1.65	2.76	40
+ 135	III C ₂	0	0.1	0.028		27		2.5	9.2	8.4	--	2.75	--

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Porcent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ cat	SAR	ESP		
0-35	28	33.0	0	10	106	277	393	3	3	372	378	210	76	n.d	
35-65	45	19.8	0	6	38	183	227	1	5	220	226	130	66	0.2	
65-105	36	5.7	0	5	15	43	63	1	3	63	67	46	40	n.d	
105-135	37	4.3	0	4	13	30	47	3	2	45	50	28	28	0.1	
+ 135	36	9.4	0	2	25	74	101	5	4	101	110	48	41	0.1	

PERFIL VIII

LOCALIZACION

Localidad.- San Lorenzo del Flumen (Huesca)

Situación.- Km. 68.500 de la carretera de Huesca a Sariñena. Desvío a la derecha.

Hoja 1:50.000 nº 325. 3°33'20" - 41°53'10".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Ladera concava-concava a espaldas de la terraza IV del Alcanadre.

Posición.- A 1/3 de la base de la ladera.

Microrrelieve.- Nivelado y abancalado con fuertes movimientos de suelo.

Altitud.- 340 m. Pendiente-exposición.- 8 % - SE.

Erosión.- Aparición de cárcavas muy fuertes en cualquier lugar que haya escorrentía de agua sea esta de lluvia o de riego.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.- Presencia de capa freática que ha sido drenada hasta unos 2 m. de profundidad.

DEDICACION

Actual.- En recuperación. Cebada. Distinto grado de recuperación a ambos lados del dren colector principal.

Anterior.- Secanos; puestos en regadío hace unos 25 años.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Problemas de salinidad y alcalinidad.

Nivel de fertilidad.- Medio.

EVALUACIÓN

Indice de Storie.- $95 \times 85 \times 95 \times 80 \times 60 = 37$.

VEGETACIÓN NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- A
(0-30) Distribución homogénea de raíces finas y medias, frecuentes. No se ven lombrices. Mull.
Arcillo-limoso. 1 % de gravilla de caliza y cuarcita.
Color homogéneo 10 YR 6/4 en seco y (8.7 YR 5/4) en húmedo.
Estructura masiva a subpoliédrica, de agregados muy duros.
Abundantes poros medios y raros canalículos. Seco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad muy lenta. Con carbonatos y sales. Transición rectilínea neta.
- A₂
(30-50) Distribución homogénea de raíces finas y medias. Frecuentes.
Arcillo-limoso. 1 % de gravilla.
Color homogéneo 10 YR 6/4 en seco y (8.7 YR 5/4) en húmedo.
Estructura masiva a subpoliédrica con agregados muy duros.
Muchos poros finos y pocos canalículos. Seco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad muy lenta. Con carbonatos. Transición rectilínea gradual.
- B_{21t}
(50-80) Distribución homogénea de raíces finas y medias. Frecuentes.
Arcillo limoso. 1 % de gravilla.
Color homogéneo 10 YR 6/4 en seco y (8.7 YR 5/4) en húmedo.
Estructura columnar típica muy dura. Abundantes poros finos y pocos gruesos. Pocos canalículos finos. Seco. Muy plástico y muy pegajoso. Compacidad III-IV. Permeabilidad muy lenta. Con carbonatos. Transición rectilínea gradual.
- B_{22t}
(80-130) Distribución homogénea de raíces finas y medias. Pocas.
Arcillo limoso. 5 % de piedras como Dreikanter's algunos perfectamente formados de cuarcitas y calizas. Las calizas con señales de alteración por erosión. No tienen nada de cemento calizo procedente de la costra de la terraza de donde deben provenir. Dispuestos en línea de piedras en la base de este horizonte.
Color homogéneo 10 YR 6/4 en seco y (10 YR 5/3) en húmedo.
Estructura columnar muy dura. Abundantes poros finos, abundantes canalículos medios. Pocas grietas. Seco. Muy plástico y pegajoso. Compacidad III-IV. Permeabilidad muy lenta. Carbonatos. Transición rectilínea gradual.
- II C
(+ 130) No hay raíces.
Arcillo limoso. 0 % de fracción gruesa.
Color homogéneo 10 YR 6.5/4 en seco y (10 YR 5.5/3) en húmedo.
Estructura laminar fina y horizontal. Sin poros ni canalículos ni grietas. Seco, algo húmedo en la base. Muy plástico y muy pegajoso. Compacidad IV. Permeabilidad muy lenta. Con carbonatos.

CUADRO VIII.- Resultados analíticos del Perfil VIII (S. Lorenzo del Flumen)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₃ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-30	A	1	0.8	0.078		26		4.1	8.8	7.9	1.41	2.73	48
30-50	A2	6	0.6	0.045		26		4.3	8.7	8.0	1.57	2.79	44
50-80	B21t	1	0.3	0.037		28		1.3	8.5	8.2	1.53	2.78	45
80-130	B22t	2	0.2	0.042		27		2.8	9.7	8.5	1.59	2.75	42
+ 130	II C	0	-	-		24		4.1	9.8	9.0	1.81	2.66	32

EXTRACTO ACUOSO DE PASTA SATURADA

Profund. cm.	Porcent sat.	CE 25° mmhos/cm	Miliequivalentes por litro de extracto										Parámet. deriv.		Li ppm.
			CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	Σ an	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ cat		SAR	ESP	
0-30	35	10.9	0	4	44	75	122	9	6	114	129		42	38	0.1
30-50	38	8.1	0	2	22	60	84	6	4	78	87		35	34	0.1
50-80	33	4.0	0	2	16	23	41	15	4	28	47		15	18	n.d
80-130	32	5.2	0	5	19	28	52	0	6	63	69		34	33	n.d
+ 130	55	9.6	5	7	42	51	105	0	3	103	105		88	56	0.0

EXCURSIONES SOBRE SUELOS DE TERRAZAS Y GLACIS

DESCRIPTIVA DE PERFILES Y RESULTADOS ANALITICOS

EXCURSION II (tarde día 20)

Perfil: IX (Almudevar)

EXCURSION III (día 21)

Perfiles: X, XI, XII, XIII y XIV en Gurrea.

PERFIL IX

LOCALIZACION

Localidad.- Almudevar (Huesca).

Situación.- Km. 10.5 carretera de Riegos del Alto Aragón de Almudevar a Tormos al borde del canal de Monegros.

Hoja 1:50.000 n°285. 3°5'40" - 42°2'20".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Glacis, nivel intermedio.

Posición.- Borde del glacis.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 409 m. Pendiente-exposición.- 1 % S.

Erosión.- No, a ligera.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.-

DEDICACION

Actual.- Cebada, almendros, olivo y viñedo típico para estos suelos en régimen de secano.

Anterior.-

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.-

Nivel de fertilidad.- Bajo.

EVALUACION

Indice de Storie.- $30 \times 70 \times 100 = 21$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap₁
(0-25) Distribución homogénea de raíces gruesas, medias y finas. Abundantes. Buena penetrabilidad. Pocas lombrices. Mull calizo. Franco. 50 % de fracción gruesa. Gravilla, grava y guijarros subangulares a redondeados de calizas, areniscas y cuarcitas. Color homogéneo 10 YR 6/4 en seco y (10 YR 4.5/4) en húmedo. Estructura subpoliédrica con agregados pequeños y dureza media. Muchas grietas finas y pocos poros. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad bastante rápida. Carbonatos. Transición rectilínea difusa.
- Ap₂
(25-50) Distribución homogénea de raíces gruesas medias y finas. Frecuentes. Buena penetrabilidad. Lombrices frecuentes. Mull calizo. Franco. 50 % de fracción gruesa. Id. al superior. Color homogéneo 10 YR 7/4 en seco y (10 4.5/4) en húmedo. Estructura subpoliédrica de agregados pequeños y dureza media. Muchas grietas finas y bastantes canalículos. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad bastante rápida. Carbonatos. Transición ondulada suave, tajante.
- II C_{cam}
(+ 50) Raíces en las grietas, gruesas, medias y finas, raras. Muy mala penetrabilidad. 80 % de guijarros y piedras. Estructura masiva quebradiza. Alguna grieta. Seco. Compacidad V₂. Acumulación de carbonatos. Desarrollo de corteza fina, de unos 5 a 10 mm. de espesor encima de la capa en que los cantos aparecen cementados. Grado de desarrollo de la costra semejante al de la terraza III.

CUADRO IX.- Resultados analíticos del Perfil IX (Almudevar)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₃ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-25	Ap1	50	2.8	0.177	9	51		0.2	7.9	7.4		2.52	
25-50	Ap2	55	1.6	0.127	7	51		0.1	8.2	7.6		2.58	
+ 50	II C _{cam}	79	-	-	-	73		0.2	8.3	7.9		2.72	

Profund. cm	Fracciones granulométricas %							Parámet.deriv.			Agua retenida		Oxidos de Fe				Solub. HCl 1:1		
	2.000 - 600μ	600 - 200μ	200 - 60μ	60 - 20μ	20 - 6μ	6 - 2μ	< 2μ	M	so	sk	Cap. C 1/3 at. 15 at. ml/100g ml/100g	P. mar. 15 at.	Oxal %	Dith %	Oxal Dith %	HCl 1:1 %	Ca %	Mg %	Ca/Mg
0-25	13.3	14.2	14.2	15.2	12.5	11.1	19.5	33	7.9	1.0	25.6	9.6	.056	.507	.111	1.20	33	0.5	66
25-50	10.1	13.8	14.9	16.7	12.0	10.7	21.8	29	8.1	0.6	21.2	8.2	.053	.587	.090	1.30	28	0.5	56
+ 50	13.7	17.8	15.1	10.7	12.5	12.2	18.0	43	7.9	0.5	11.9	4.4				1.14	36	0.3	120

PERFIL X

LOCALIZACION

Localidad.- Gurrea de Gállego (Huesca).

Situación.- Km. 4.300 de la carretera de Gurrea de Gállego a la general de Zaragoza a Huesca. Asociación La Sarda.

Hoja 1:50.000 n° 323. 3°0'12" - 42°0'0".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Terraza V del Gállego.

Posición.- Próximo al borde de la terraza con la Depresión de la Violada.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 420 m. Pendiente-exposición.- 1-2 % SSE.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.-

DEDICACION

Actual.- Erial a pastos. Cereal año y vez.

Anterior.- Debió estar ocupada hasta fechas recientes por una asociación de encinas y monte bajo que en la zona recibe el nombre de Sarda.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Posibilidad de clorosis férrica. No sales.

Nivel de fertilidad.- Medio.

EVALUACION

Índice de Storie.- $20 \times 100 \times 100 \times 100 = 20$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap
(0-20) Distribución homogénea de raíces finas, frecuentes. Buena penetrabilidad. Pocas lombrices. Mull calizo. Franco. 5 % de piedras tabulares y subangulares dispuestas paralelas a la superficie del suelo. Distribución homogénea en el horizonte. Color 7.5 YR 5.5/2 en seco y (5 YR 4/2) en húmedo. Estructura subpoliédrica de agregados muy pequeños, consistencia de los agregados fuerte a media. Muchas grietas muy finas. Muy pocos poros y canalículos. Seco. Plástico y pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición rectilínea y difusa.
- B
(20-40) Distribución homogénea de raíces pocas y finas. Buena penetrabilidad de raíces. Pocas lombrices. Franco arcilloso. 20 % de piedras tabulares y subangulares paralelas a la superficie del suelo. Distribución homogénea. Color 7.5 YR 6.5/4 en seco y (5 YR 4/2) en húmedo. Estructura subpoliédrica muy pequeña. Agregados de consistencia fuerte a media. Muchas grietas muy finas. Seco. Plástico y pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición ondulada a irregular, tajante.
- II C_{cam}
(+ 40) Las raíces penetran el horizonte a través de grietas finas. Horizonte de acumulación de CO₃Ca con más del 90 % de carbonato y un espesor superior a los 2 m. Está formada por una capa de carbonato cálcico muy pura que raramente engloba materiales extraños y en la que la porción superior se reconocen bandas horizontales de material claro y más grisáceo. Bajo esta capa aparece otra de aspecto nodular en algunos puntos, más blanda. A 65 cm. de profundidad aparece una nueva corteza microcristalina de aprox. 1 cm. de espesor cuya superficie aparece ondulada (ocupa el primer rellano del perfil). Debajo de ella el material continúa siendo terroso pero con un alto porcentaje de CO₃Ca y poroso.

PERFIL XI

LOCALIZACION

Localidad.- Gurrea de Gállego (Huesca).

Situación.- Km. 7.500 de la carretera de Gurrea de Gállego a la Nacional de Zaragoza a Huesca. Asociación La Sarda.

Hoja 1:50.000 n°323. 2°58'20" - 42°0'20".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Terraza IV del Gállego.

Posición.- Centro de la terraza.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 390 m. Pendiente-exposición.- 3 % SW.

Erosión.- Ligera erosión laminar.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.-

DEDICACION

Actual.- Cereal de año y vez. Almendros en plantación y en los márgenes de las fincas.

Anterior.- Por la denominación debió estar ocupada hasta fechas recientes por una asociación de encinas y monte bajo.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Posibilidad de clorosis férrica en plantas sensibles.
No sales.

Nivel de fertilidad.- Medio.

EVALUACION

Indice de Storie.- $30 \times 100 \times 100 \times 100 = 30$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap
(0-30) Distribución homogénea de raíces desde gruesas a finas. Abundantes. Buena penetrabilidad. Huellas de lombrices. Muñ calizo. Franco. 10 % de cantos rodados de tamaño de guijarros y piedras, cantos subangulares y pedazos de costra. Distribución homogénea. Color homogéneo 7.5 YR 6/4 en seco y (7.5 YR 4/3) en húmedo. Estructura subpoliédrica pequeña. Grietas abundantes y muy finas y pocos poros muy finos. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición rectilínea difusa.
- B
(30-60) Distribución homogénea de raíces de gruesas a finas. Pocas. Buena penetrabilidad. Huellas de lombrices. Franco. 15 % de cantos rodados de tamaño de guijarros y piedras, cantos subangulares y pedazos de costra y nódulos calizos más frecuentes que en el horizonte superior. Color homogéneo 7.5 YR 5/4 en seco y (5 YR 4/3) en húmedo. Estructura subpoliédrica pequeña. Grietas muy finas y abundantes y muy pocos poros muy finos. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II y permeabilidad media. Transición rectilínea a irregular tajante.
- II C_{cam}
(+ 60) Costra caliza cementando el paquete de cantos de la terraza. Corteza de carbonato cálcico casi puro con bandas horizontales grises y cremas. Debajo el paquete de cantos, los calizos disueltos hasta en un 50 % en la parte superior, y la inferior protegida por los pendents de carbonato secundario. El conjunto queda fuertemente cementado.

CUADRO XI.- Resultados analíticos del Perfil XI (Terraza XI)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₂ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-30	Ap	39	2.0	0.130	9	41		0.1	8.1	7.5		2.56	
30-60	B	38	-	-		33		0.1	8.3	7.6		2.65	
+ 60	II C _{cam}	94	-	-		88		0.5	8.1	7.9		2.63	

Profund. cm	Fracciones granulométricas %							Parámet.deriv.			Agua retenida		Oxidos de Fe				Solub. HCl 1:1		
	2.000 - 600μ	600 - 200 μ	200 - 60 μ	60 - 20 μ	20 - 6 μ	6 - 2 μ	< 2μ	M	so	sk	Cap. C 1/3 at. ml/100g	P. mar. 15 at. ml/100g	Oxal %	Dith %	Oxal Dith %	HCl 1:1 %	Ca %	Mg %	Ca/Mg
0-30	6.3	15.7	24.4	14.2	12.8	7.7	19.0	46	5.4	0.3	21.5	7.9	.034	.627	.054	1.36	18	0.3	60
30-60	5.1	12.6	22.9	21.2	11.4	6.2	20.7	37	6.6	0.6	13.3	5.2	.033	.680	.049	1.52	14	0.4	35
+ 60	14.0	15.5	10.6	14.2	16.4	10.8	18.6	28	10.0	1.8	12.5	4.9	.014	.203	.066	0.56	38	0.3	126

PERFIL XII

LOCALIZACION

Localidad.- Gurrea de Gállego (Huesca).

Situación.- Km. 10.5 de la carretera local Zaragoza-Huesca por Gurrea de Gállego y El Temple. Asociación La Sarda.

Hoja 1:50.000 n°285. 2°56'30" - 42°0'15".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Terraza III del Gállego.

Posición.- Próximo al borde del escarpe de este nivel con el subnivel inferior de la misma terraza.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 355 m. Pendiente-exposición.- 0 %.

Erosión.- No a ligera erosión eólica.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.-

DEDICACION

Actual.- Cultivos de secano. Cebada de 6 carreras. Los suelos circundantes están nivelados y en regadío.

Anterior.- Por la denominación La Sarda, debió estar ocupado por una asociación de encinas y monte bajo.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Clorosis férrica en especies sensibles.

Nivel de fertilidad.- Medio.

EVALUACION

Indice de Storie.- $35 \times 100 \times 100 \times 100 = 35$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap
(0-30) Distribución homogénea de raíces medias a finas. Muy abundantes. Buena penetrabilidad y presencia de lombrices. Mull calizo. Franco. 6.5 % de cantos rodados de tamaño de guijarros y grava y muchos restos de costra. Material típico de los aluviones del Gállego, con distribución homogénea en todo el horizonte. Color homogéneo 7.5 YR 6.5/4 en seco y (7.5 YR 5.5/4) en húmedo. Estructura subpoliédrica pequeña, diferenciación moderada y de agregados blandos. Muchos poros y canalículos muy finos. Seco. No plástico y no pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición rectilínea clara.
- B
(30-55) Distribución homogénea de raíces, tamaño de medias a finas, frecuentes. Presencia de lombrices. Buena penetrabilidad. Franco. 50 % de guijarros y piedras como cantos rodados con señales claras de fuerte disolución en las calizas. Color homogéneo 7.5 YR 5.5/4 en seco y (7.5 YR 4/3) en húmedo. Estructura subpoliédrica muy pequeña y con fuerte diferenciación y agregados duros. Grietas muy finas y abundantes. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad media. No se aprecian clay skins en las caras de los agregados. Presencia de carbonatos y no salino. Transición irregular difusa.
- B C_{cam}
(55-80) Distribución de raíces medias a finas agrupadas en las grietas. Frecuentes. Presencia de lombrices. Franco. 65 % de piedras y guijarros de cantos rodados de material aluvial del Gállego con las calizas grises disueltas en más de un 40 % y diferentes grados de alteración en las areniscas y granitos. Distribución homogénea de todos los cantos. Color del material fino 7.5 YR 7/4 en seco y (7.5 YR 4/3) en húmedo. Homogéneo. Estructura subpoliédrica en la fracción de tierra fina alternando con estructura masiva quebradiza. Agregados bien diferenciados y duros. Grietas muy finas y abundantes. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad V₂ y permeabilidad lenta. Acumulación de carbonatos. No salino. Transición irregular gradual.
- II C_{cam}
(+ 80) Distribución de raíces agrupadas en grietas de la costra. Pocas y finas. No lombrices. Costra caliza con un depósito de hasta el 30 % de carbonato cálcico secundario cementando los cantos rodados de la terraza. Los cantos de carbonato cálcico presentan fuertes señales de disolución - hasta 1/3 del total del canto. Los cantos de arenisca han perdido parte del cemento calizo en la porción superior del canto y la arena se desprende fácilmente con la uña. Los pendants que tienen en su parte inferior de hasta 2 cm. de espesor. Estos pendants parecen que se adhieren más firmemente sobre los cantos calizos que sobre los silíceos. Sobre la capa de cantos así cementada aparece ocasionalmente una corteza dura de carbonato cálcico muy puro pero que no ocupa todo el perfil. También aparecen grietas entre el paquete de cantos con depósito de carbonatos microcristalinos y puro.

CUADRO XII.- Resultados analíticos del Perfil XII (Terraza III)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₃ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-30	Ap	66	1.8	0.123	8	49		0.2	8.1	7.6		2.60	
30-55	B	62	-			27		0.1	8.2	7.5		2.62	
55-80	B C _{cam}	70	-			64		0.3	8.2	7.6		2.63	
+ 80	II C _{cam}	70	-			72		0.1	8.6	8.2		2.67	

Profund. cm	Fracciones granulométricas %						Parámet.deriv.			Agua retenida		Oxidos de Fe				Solub. HCl 1:1		
	2.000 - 600μ	600 - 200μ	200 - 60μ	60 - 20μ	20 - 6μ	6 - 2μ	M	so	sk	Cap. C 1/3 at. mL/100g	P. mar. 15 at. mL/100g	Oxal %	Dith %	Oxal Dith	HCl 1:1 %	Ca %	Mg %	Ca/Mg
0-30	7.3	19.4	21.4	15.2	12.0	8.5	55	5.8	0.5	19.3	7.0	.028	.500	.056	1.12	29	0.3	97
30-55	4.5	12.2	13.0	22.7	10.5	8.5	34	5.2	0.5	12.5	5.0	.057	.706	.080	1.55	20	0.4	50
55-80	5.5	19.3	19.3	13.6	10.5	10.8	34	8.1	5.3	13.3	5.3	.026	.493	.052	1.05	32	0.3	107
+ 80	7.4	18.9	18.7	11.9	13.5	11.9	38	7.2	0.6	11.9	4.5				0.76	39	0.3	130

PERFIL XIII

LOCALIZACION

Localidad.- El Temple (Huesca)

Situación.- Portillo de entrada al vivero del IRYDA.

Hoja 1:50.000 n°323. 2°55'0" - 41°58'0".

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Terraza II del Gállego, terraza a unos 20 m. del cauce actual.

Posición.- Borde abrupto de la terraza II con la I.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 320 m. Pendiente-exposición.- 0 - 1 %.

Erosión.-

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.- No hay capa freática hasta 20 m. de profundidad.

DEDICACION

Actual.- Repoblación de pinos.

Anterior.- Cultivos de secano con cereal, viñedo, almendros.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- Síntomas de deficiencia en hierro en frutales muy sensibles como el melocotonero.

Nivel de fertilidad.- Medio.

EVALUACION

Indice de Storie.- $40 \times 100 \times 100 \times 100 = 40$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- Ap
(0-30) Distribución homogénea de raíces, de gruesas a finas. Abundantes. Buena penetrabilidad. Muchas lombrices. Mull calizo. Franco arenoso. 5 % de cantos rodados de tamaño de grava a bloques con superficie sin señales de meteorización. Distribución homogénea. Color 10 YR 6/3 seco y (10 YR 4.5/3.5) en húmedo. Homogéneo. Estructura subpoliédrica pequeña. Dureza media. Grietas muy finas. Canaliculos finos y abundantes. Seco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición gradual, rectilínea.
- B
(30-65) Distribución homogénea de raíces medias y finas. Frecuentes. Presencia de lombrices. Buena penetrabilidad. Franco. 2 % de grava, en el límite con el inferior cantos rodados de tamaño de piedras y guijarros que en superficie no presentan señales de meteorización. El material grueso se agrupa en una no muy clara línea de piedras. Color homogéneo 10 YR 6.5/3 en seco y (7.5 YR 4.5/4) en húmedo. Estructura subpoliédrica mediana de dureza media. Grietas y canaliculos finos y abundantes. Fresco. Ligeramente plástico y ligeramente pegajoso. Compacidad II. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición rectilínea difusa.
- B₂
(65-80) Distribución homogénea de raíces medias y finas. Frecuentes. Buena permeabilidad. Franco. 5 % de cantos rodados de tamaño piedras, guijarros y gravas, de granitos, calizas, areniscas y alguna cuarcita no alteradas. Color homogéneo 10 YR 7.5/3.5 en seco y (7.5 YR 4.5/4) en húmedo. Estructura subpoliédrica mediana, dureza media grietas y canaliculos finos y abundantes. Fresco. Plástico y pegajoso. Compacidad II y permeabilidad media. Presencia de carbonatos y no salino. Transición rectilínea tajante.
- II C_{ca}
(+ 80) El paquete de cantos rodados aparece con depósitos de carbonato cálcico entre ellos. Estos presentan depósitos finos de hasta unos 2 mm. de espesor en la parte inferior. Algunos cantos presentan un modelado de disolución típico; unos recubiertos con cemento calizo casi vítreo presentan señales de disolución en forma de pequeñas cavas y otros pequeños agujeros con un mamelón en el centro. Ambos tipos parecen concentrarse en las zonas de circulación preferente del agua.

CUADRO XIII.- Resultados analíticos del Perfil XIII (Terrazá II)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₃ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-30	Ap	12	1.0	0.075	7	42		0.1	8.0	7.3	1.34	2.70	50
30-65	B	7	-			37		0.1	8.2	7.7	1.31	2.72	52
65-80	B ₂	10	-			39		0.1	8.3	7.7	1.25	2.71	54
+ 80	II C _{ca}	73	-			49		0.2	8.3	7.7	--	--	--

Profund. cm	Fracciones granulométricas %						Parámet.deriv.			Agua retenida		Oxidos de Fe				Solub. HCl 1:1			
	2.000 - 600 μ	600 - 200 μ	200 - 60 μ	60 - 20 μ	20 - 6 μ	6 - 2 μ	M	so	sk	Cap. C 1/3 at. ml/100g	P. par. 15 at. ml/100g	Oxal %	Dith %	Oxal Dith %	HCl 1:1 %	Ca %	Mg %	Ca/Mg	
0-30	4.5	22.4	32.0	9.9	8.3	6.3	16.7	86	5.2	0.2	15.4	5.0	.034	.667	.051	1.56	17	0.5	34
30-65	1.9	12.7	26.0	20.3	9.4	9.8	19.8	36	5.8	0.4	13.0	5.1	.033	.813	.040	1.68	16	0.5	32
65-80	3.3	13.6	23.4	18.3	9.9	12.0	19.6	36	6.5	0.4	12.9	5.1	.033	.773	.042	1.46	19.	0.5	38

PERFIL XIV

LOCALIZACION

Localidad.- El Temple (Huesca).

Situación.- Vivero del IRYDA.

Hoja 1:50.000 n°232. 2°54'30" - 41°58'40"

GEOMORFOLOGIA

Unidad.- Terraza I del Gállego.

Posición.- A unos 10 m. de distancia del cauce actual del río. En junio de 1.979 el nivel del río subió por encima del nivel del suelo.

Microrrelieve.- Liso.

Altitud.- 300 m. Pendiente-exposición.- 0 %.

Erosión.- En las condiciones de vegetación actuales acumulativa de limos de - inundación.

Drenado de la zona.- Bueno.

Condiciones de agua.- El 13 de Junio el nivel de agua freática estaba a 1.40 m. de profundidad. Los movimientos de la capa freática siguen las oscilaciones del nivel del río, con un cierto retardo en el tiempo y una amortiguación de la altura alcanzada. Ambos parámetros vienen influenciados por las características del perfil y la distancia al río.

DEDICACION

Actual.- Soto con chopos.

FERTILIDAD

Deficiencias-toxicidad.- No observadas. Tampoco se observan problemas de cloros férrica en las plantas del vivero.

Nivel de fertilidad.- Medio.

EVALUACION

Indice de Storie.- $95 \times 95 \times 100 \times 100 = 90$.

VEGETACION NATURAL

DESCRIPCION DEL PERFIL

- A₁
(0-20) Distribución homogénea de raíces de muy gruesas a muy finas. Abundantes. Muy buena penetrabilidad. Lombrices frecuentes. Mull calizo. Franco arenoso. 0 % de fracción gruesa. Color homogéneo. 10 YR 6.5/3 seco y (10 YR 4/3) en húmedo. Estructura individual a subpoliédrica de agregados muy pequeños y blandos. Abundantes poros finos y medios algunos canalículos y algunas grietas. Fresco. No plástico y no pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad rápida. Presencia de carbonatos. No salino. Transición gradual ondulada suave.
- C₁
(20-50) Distribución homogénea de raíces desde muy gruesas a muy finas. Abundantes. Muy buena penetrabilidad. Lombrices frecuentes. Franco arenoso. 0 % de fracción gruesa. Color homogéneo 10 YR 6.5/3 en seco y (10 YR 4.5/2) en húmedo. Estructura individual. Poros abundantes finos y medios. Fresco. No plástico y no pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad rápida. Presencia de carbonatos. No salino. Transición gradual ondulada suave.
- C_{2g1}
(50-90) Distribución de raíces homogéneas desde muy gruesas a muy finas. - Abundantes. Muy buena penetrabilidad. Franco limoso. 0 % de fracción gruesa. Color general 10 YR 6.5/3 en seco y (10 YR 4.5/3) en húmedo. Con bandas enriquecidas con oxihidróxidos de hierro siguiendo los planos de estratificación y en parte también algunos canalículos de raíces. En total ocupan menos del 5 % del horizonte. Abundantes poros medios y pocos canalículos medios. Fresco. Ligeramente plástico y no pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad media. Presencia de carbonatos. No salino. Transición gradual ondulada suave.
- C_{3g}
(90-110) Distribución homogénea de raíces desde muy gruesas a muy finas. Muy buena penetrabilidad. Franco limoso. 10 % de cantos rodados de tamaño gravilla a piedras. Los cantos con superficie fresca, sin fenómenos de alteración. Color homogéneo 10 YR 6.5/3 en seco y (10 YR 4/3) en húmedo. Disposición estratificada de los sedimentos. Abundantes poros y pocos canalículos. Fresco. Ligeramente plástico y no pegajoso. Compacidad I. Permeabilidad rápida. Presencia de carbonatos y no salino. Transición gradual ondulada suave.
- C_{4g}
(+ 110) 70-80 % de cantos rodados frescos. El material fino de color general 10 YR 7/3 en seco y (10 YR 5.5/3) en húmedo, y textura franco-limosa.

CUADRO XIV.- Resultados analíticos del Perfil XIV (Terraza I)

Profund. cm.	Horizonte	Fracción > 2 mm	Materia orgánica %	N %	C/N	CO ₃ Ca %	Yeso %	CE 1/5 mmh/cm.	pH		Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	Volumen poros %
									Agua	KCl			
0-20	A ₁	0	0.4	0.015	17	41		0.1	8.3	7.8	1.17	2.68*	56
20-50	C ₁	0	0.3	0.035	5	42		0.1	8.3	7.9	1.28	2.69	52
50-90	C ₂ gl	1	0.6	0.048	7	40		0.1	8.4	7.9	1.20	2.68	55
90-110	C ₃ g	4	0.8	0.060	8	40		0.2	8.0	7.4	1.39	2.65	48
+ 110	C ₄ g	8	0.6	0.059	6	41		0.3	-	-	-	2.67	--

Profund. cm	Fracciones granulométricas %							Parámet.deriv.			Agua retenida		Oxidos de Fe				Solub. HCl 1:1		
	2.000 - 600 μ	600 μ - 200 μ	200 μ - 60 μ	60 μ - 20 μ	20 μ - 6 μ	6 μ - 2 μ	< 2 μ	M	so	sk	Cap. 1/3 at. ml/100g	P. mar. 15 at. ml/100g	Oxal %	Dith %	Oxal Dith %	HCl 1:1 %	Ca %	Mg %	Ca/Mg
	0.0	2.5	51.4	28.7	9.1	3.0	5.4	67	2.1	0.7	8.2	2.6							
0-20	0.0	2.5	51.4	28.7	9.1	3.0	5.4	67	2.1	0.7	8.2	2.6	.101	.613	.164				
20-50	0.0	1.9	51.7	26.8	10.3	3.4	6.1	67	2.2	0.7	8.1	2.6	.093	.617	.150				
50-90	0.1	2.5	20.5	41.3	20.7	6.3	8.6	30	2.0	1.0	11.8	5.5	.133	.673	.198				
90-110	0.0	0.9	11.1	40.3	27.8	9.0	10.8	21	2.4	0.7	14.2	6.9	.151	.753	.200				
+ 110	1.7	6.5	16.7	17.9	24.9	18.2	14.2	13	4.1	1.4	14.1	6.3	.118	.823	.143				

